



**INSTITUTO
FEDERAL**
Brasília

Instituto Federal de Brasília
Campus Gama
Licenciatura em química

MARCELA CRISTINA PEREIRA LIMA SIQUEIRA MARAVILHA

A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE LIGAÇÃO QUÍMICA:
reflexões sobre as estratégias adotadas por professores atuantes e em formação

Brasília
2025

A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE LIGAÇÃO QUÍMICA:
reflexões sobre as estratégias adotadas por professores atuantes e em formação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em química do Instituto Federal de Brasília, Campus Gama, como parte da exigência para obtenção do título de licenciado.

Orientador: Dr. Cláudio Nei Nascimento da Silva.
Coorientador: Me. Lincoln Bernardo de Souza.

Brasília
2025

Maravilha, Marcela Cristina Pereira Lima Siqueira .

A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE LIGAÇÃO QUÍMICA: reflexões sobre as estratégias adotadas por professores atuantes e em formação / Marcela Cristina Pereira Lima Siqueira Maravilha ; orientação Cláudio Nei Nascimento da Silva. — Brasília: 2025. 72 f. : il. color. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) — Campus Gama, Instituto Federal de Brasília, Brasília, 2025.

Orientador(a): Dr. Cláudio Nei Nascimento da Silva.

Coorientador(a): Me. Lincoln Bernardo de Souza.

1. Contextualização. 2. Ligação Química . 3. Ensino de química.
I. Silva, Cláudio Nei Nascimento da , orient. II. Instituto Federal de Brasília. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

LICENCIATURA EM QUÍMICA

1. DADOS DO(S) ESTUDANTE(S)

- Estudante: Marcela Cristina Pereira Lima Siqueira Maravilha.

2. FORMATO DO TCC

Monografia

3. TÍTULO DO TCC

- A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE LIGAÇÃO QUÍMICA: reflexões sobre as estratégias adotadas por professores atuantes e em formação

4. BANCA EXAMINADORA

Orientador(a): Dr. Cláudio Nei Nascimento da Silva - Instituto Federal de Brasília (IFB)

Coorientador(a): Me. Lincoln Bernardo de Souza - Instituto Federal de Brasília (IFB)

Avaliador(a) 1: Dra. Adriana Linhares Drummond - Instituto Federal de Brasília (IFB)

Avaliador(a) 2: Éder Alonso Castro - Instituto Federal de Brasília (IFB)

5. RESULTADOS

Após avaliação do TCC na presente data, os membros da Banca Examinadora consideram o(s) estudante(s) acima identificado como:

APROVADO

APROVADO(S) COM RESSALVAS (as correções deverão ser feitas pelo(s)/pela(s) estudante(s) e, após serem validadas pelo(a) Orientador(a), a versão final do TCC deverá ser entregue à biblioteca do IFB em até 15 dias).

REPROVADO(S)

6. NOTA ATRIBUÍDA PELA BANCA EXAMINADORA DE TCC

10,0

Documento assinado eletronicamente por:

- **Claudio Nei Nascimento da Silva, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO**, em 12/12/2025 14:46:09.
- **Eder Alonso Castro, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO**, em 12/12/2025 14:54:15.
- **Adriana Linhares Drummond, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em 17/12/2025 10:29:57.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 664695

Código de Autenticação: 9cdf2ff3f3



Campus Gama
Lote 01, DF 480, None, Setor de Múltiplas
Atividades, GAMA / DF, CEP 72.429-005

Dedico este trabalho a todos os professores com os quais tive contato ao longo da minha formação, pela dedicação, pela inspiração e por contribuírem de maneira significativa para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de maneira especial, à minha família, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de maior exigência acadêmica e pelo incentivo que sustentou minha trajetória ao longo desta formação. Dirijo um agradecimento destacado ao Haru Futino, cuja presença, apoio emocional e encorajamento foram fundamentais para que eu concluísse este trabalho com determinação e equilíbrio.

Expresso também minha sincera gratidão a todos os professores com os quais tive a oportunidade de entrar em contato durante a graduação. Suas orientações e seus modos de ser contribuíram de forma significativa para meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional.

Registro, igualmente, meu profundo agradecimento ao Instituto Federal de Brasília (IFB), cuja formação de qualidade, ambiente acadêmico acolhedor e compromisso com a educação pública foram essenciais para minha trajetória. Reconheço, ainda, a importância das políticas públicas de incentivo ao acesso e à permanência no ensino superior, sem as quais a realização deste curso não teria sido possível.

Por fim, registro meus agradecimentos aos participantes da pesquisa, que gentilmente disponibilizaram seu tempo e compartilharam suas experiências, tornando possível a realização deste estudo.

RESUMO

O presente trabalho analisa como professores em formação e professores atuantes mobilizam a contextualização no ensino de ligações químicas, examinando os conceitos considerados mais relevantes, as estratégias de contextualização empregadas, os recursos didáticos utilizados, as dificuldades enfrentadas e a forma como essas práticas se articulam aos níveis do tetraedro de Sjöström e Talanquer (2014). A pesquisa, de abordagem qualitativa, fundamentou-se nos pressupostos da Análise Textual Discursiva e utilizou como instrumento de coleta de dados um questionário elaborado na plataforma Google Forms, aplicado a 32 participantes, dos quais 72% eram licenciandos em Química e 28% docentes da educação básica. A análise dos dados evidenciou que ambos os grupos mobilizam predominantemente estratégias situadas no nível da química aplicada, nas quais fenômenos do cotidiano são utilizados, em sua maioria, como exemplos ilustrativos voltados à facilitação da compreensão conceitual. Essas contextualizações, contudo, não são exploradas de modo a promover articulações mais amplas com dimensões históricas, filosóficas, políticas, ambientais, econômicas e tecnológicas do conhecimento químico. Observou-se, entretanto, que alguns professores atuantes apresentam aproximações ao nível socioquímico, o que sugere que a experiência profissional tende a favorecer práticas contextualizadoras mais complexas e alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de Química. Como desdobramento da pesquisa, propõe-se uma sequência didática fundamentada na perspectiva crítico-reflexiva, com o objetivo de ampliar e aprofundar o ensino de ligações químicas. Conclui-se que a prática docente desempenha papel central na consolidação de metodologias contextualizadas e que sua efetividade depende de condições institucionais adequadas, da formação continuada dos professores, de tempo pedagógico suficiente e da disponibilidade de recursos que possibilitem o planejamento e a implementação de propostas integradas e coerentes com os referenciais curriculares vigentes.

Palavras-chave: contextualização; ensino de química; ligações químicas; formação de professores.

ABSTRACT

This study analyzes how pre-service teachers and in-service teachers mobilize contextualization in the teaching of chemical bonding, examining the concepts considered most relevant, the contextualization strategies employed, the didactic resources used, the difficulties encountered, and how these practices are articulated with the levels of the tetrahedron proposed by Sjöström and Talanquer (2014). The research adopts a qualitative approach, grounded in the assumptions of Discursive Textual Analysis, and uses a questionnaire developed on the Google Forms platform as a data collection instrument. The questionnaire was applied to 32 participants, of whom 72% were undergraduate students in Chemistry teacher education programs and 28% were basic education teachers. Data analysis revealed that both groups predominantly mobilize strategies situated at the level of applied chemistry, in which everyday phenomena are mainly used as illustrative examples to facilitate conceptual understanding. However, such contextualizations are not explored in ways that promote broader articulations with historical, philosophical, political, environmental, economic, and technological dimensions of chemical knowledge. Nevertheless, some in-service teachers showed approximations to the socio-chemical level, indicating that professional experience tends to foster more complex contextualizing practices aligned with contemporary demands in Chemistry education. As an outcome of the research, a teaching sequence grounded in a critical-reflective perspective is proposed in order to broaden and deepen the teaching of chemical bonding. It is concluded that teaching practice plays a central role in the consolidation of contextualized methodologies and that their effectiveness depends on adequate institutional conditions, continuing teacher education, sufficient pedagogical time, and the availability of resources that enable the planning and implementation of integrated proposals consistent with current curricular frameworks.

Keywords: contextualization; chemistry teaching; chemical bonding; teacher education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1 — Tetraedro adaptado de Sjöström e Talanquer (à direita) que complexifica a proposta de Johnstone e Mahaffy (à esquerda).22

Figura 2: Desenhos de Lewis do memorando de 1902, reproduzidos em seu livro “*Valence and the Structure of Atoms and Molecules*”, de 1923.....29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias iniciais dos conceitos fundamentais.....	37
Tabela 2: Categorias finais dos conceitos fundamentais.....	38
Tabela 3: Categorias iniciais da contextualização	40
Tabela 4: Categorias iniciais dos recursos didáticos	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CMDF	Currículo em Movimento do Distrito Federal
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IFB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PAS	Programa de Avaliação Seriada
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Contextualização e aprendizagem no ensino de química	15
2.2	Bases Legais e normativas na realidade do Distrito Federal	17
2.3	Tetraedro de Sjöström e Talanquer – níveis de contextualização no ensino de química	21
2.4	Contribuições de Lewis e Linus Pauling a ligação química:	25
2.5	A aula como unidade estrutural e articulada do processo de ensino	32
3	METODOLOGIA	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Análise das práticas dos professores em formação e atuantes	37
4.2	Proposta de Sequência Didática: Ligações Químicas sob uma Perspectiva crítico-reflexiva.	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

No cenário contemporâneo, marcado por avanços tecnológicos acelerados e por uma busca incessante por respostas rápidas e superficiais, observa-se um distanciamento progressivo entre o conhecimento escolar e a realidade vivida pelos estudantes. Essa dissociação compromete a função social da educação, que, como afirma Saviani, deve promover a assimilação de conhecimentos historicamente acumulados para a constituição plena do ser humano (Saviani, 2019).

A educação, enquanto trabalho não material, é responsável pela mediação entre a produção do conhecimento e sua apropriação pelos indivíduos, o que demanda estratégias pedagógicas que unam a teoria à prática, o conceito à vivência e a ciência ao cotidiano (Saviani, 2019).

A contextualização, nesse sentido, emerge como uma dimensão essencial no ensino de Química. Trata-se de uma prática que busca relacionar os conteúdos científicos a fenômenos presentes no dia a dia dos alunos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e crítica (Wartha; Silva; Bejarano, 2013). No entanto, como alertam Wartha, Silva e Bejarano (2013), essa prática não deve restringir-se à mera exemplificação motivacional ou à utilização do cotidiano como recurso ilustrativo. Pelo contrário, deve ser entendida como uma estratégia pedagógica que incorpora relações socialmente vivenciadas, possibilitando a construção de significados enraizados na realidade do estudante.

A própria legislação educacional brasileira reconhece a centralidade da contextualização. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996), ao definir as finalidades do ensino médio, prevê a articulação entre teoria e prática. Da mesma forma, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza que a escola deve garantir a contextualização dos conhecimentos, promovendo a articulação entre trabalho, ciência, tecnologia e cultura (Brasil, 2018). Especificamente nas Ciências da Natureza, a BNCC orienta que a contextualização histórica, social e cultural da ciência é imprescindível para a compreensão crítica do conhecimento científico como uma construção humana situada.

Nesse contexto, ganha relevância a reflexão sobre como professores de Química, tanto em formação quanto atuantes, realizam essa contextualização em

suas práticas pedagógicas. A proposta da presente investigação é, portanto, analisar o modo de contextualização desses docentes no ensino de ligações químicas, conceito estruturante na disciplina de Química (Rodrigues et al., 2022). A escolha desse tema deve-se à sua importância conceitual e à sua recorrência nos documentos curriculares oficiais do Distrito Federal, como o Currículo em Movimento, ementa do PAS-UnB e na matriz de referência do ENEM, que orientam o planejamento pedagógico na região.

A pesquisa tem como objetivo geral analisar as estratégias de contextualização utilizadas por professores de Química (em formação e atuantes) no ensino de ligações químicas. Como objetivos específicos, buscam-se: i) identificar a contextualização nas estratégias pedagógicas adotadas pelos participantes; ii) classificar os níveis de contextualização em química de acordo com o tetraedro de Sjöström e Talanquer; iii) comparar as respostas entre professores atuantes e em formação; e iv) propor estratégias para aprimorar o ensino de ligação química. Ao fazer isso, pretende-se contribuir para a construção de uma prática docente mais reflexiva, crítica e comprometida com a formação integral do estudante.

Para alcançar os objetivos propostos, foi aplicado um questionário junto a professores atuantes da educação básica e estudantes do curso de Licenciatura em Química. A coleta dos dados ocorreu predominantemente no Instituto Federal de Brasília, instituição de ensino de reconhecida relevância, cujos cursos possuem caráter técnico e superior que estão voltados à educação profissional e tecnológica. Nesse contexto, os estudantes de superior e médio têm a oportunidade de aprofundar os conceitos químicos de modo mais consistente e articulado, o que favorece uma compreensão mais ampla das relações entre teoria e prática no ensino dessa ciência.

A análise das estratégias adotadas por professores atuantes e em formação busca, portanto, compreender os aspectos significativos acerca do nível de contextualização alcançado e dos tipos de práticas pedagógicas que tendem a ser desenvolvidas no contexto da formação docente. O questionário foi escolhido como instrumento de coleta por sua abrangência, praticidade e facilidade na sistematização e análise dos dados (Santos et al., 2014). Dessa forma, ao problematizar a contextualização não apenas como uma exigência normativa, mas como um instrumento ético e pedagógico voltado à humanização e à transformação social, esta

investigação insere-se no debate contemporâneo sobre a qualidade do ensino de Química e o papel da escola na formação de sujeitos críticos, reflexivos e conscientes de sua realidade histórica, social e cultural.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Contextualização e aprendizagem no ensino de química

O avanço acelerado das tecnologias no século XXI provocou profundas transformações nas relações humanas, na forma de compreender o mundo e na produção de conhecimento. Essa nova configuração social, pautada pela rapidez da informação e pela crescente virtualização das relações, tem contribuído para um distanciamento do indivíduo em relação à natureza e à materialidade da vida cotidiana (Saviani, 2019). Nesse contexto, a escola, cuja finalidade, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996, art. 35-B), é formar cidadãos críticos, autônomos e éticos, enfrenta o desafio de tornar o processo de ensino-aprendizagem significativo e conectado à realidade dos estudantes.

No campo da Química, esse desafio assume dimensões ainda mais complexas, uma vez que os conceitos científicos, em grande parte, são abstratos e distantes das experiências sensoriais diretas dos alunos. Assim, a contextualização do ensino constitui um elemento essencial para religar os conteúdos escolares às experiências concretas dos estudantes, permitindo que compreendam a relevância social, histórica e tecnológica dos saberes químicos. Desse modo, parte-se da realidade vivida para, então, construir e aprofundar os conceitos científicos. Segundo Freire (1996), o papel do professor é o de mediar o conhecimento, promovendo aprendizagens que partam do contexto do educando, mas que a ultrapassem, conduzindo-o a refletir criticamente sobre o mundo.

De acordo com Lima (2019),

O ensino de conceitos científicos complexos, quando não relacionados às situações vivenciadas pelo aluno, implica em dificuldades de compreendê-los e, até mesmo, de aceitá-los. A forma como os conceitos estão postos nos livros didáticos não contempla de maneira satisfatória sua aplicação ou nexos com a realidade do aluno. Os exercícios propostos para fixação dos conteúdos químicos quase sempre exploram e valorizam as expressões matemáticas, em detrimento do significado e da interpretação que a Química propõe para a compreensão dos fenômenos. (Lima, 2019, p. 43)

Contextualizar, portanto, não se restringe a relacionar o conteúdo ao cotidiano imediato — por meio de exemplos domésticos ou situações triviais —, mas sim a inserir o conhecimento químico em contextos mais amplos, que envolvam dimensões históricas, sociais, políticas, ambientais e tecnológicas (Wartha, Silva e Bejarano, 2013). A verdadeira contextualização deve permitir que o estudante perceba a Química como uma ciência viva, presente nas transformações do mundo contemporâneo e fundamental para compreender e intervir na realidade material vivenciada.

Ao adotar tal postura, o professor permite ao estudante passar a interagir de modo substantivo e espontâneo com novos saberes, articulando-os aos conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva — os chamados “subsunoçores”, conforme a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (Lima, 2019). Nessa perspectiva, o professor assume o papel de facilitador e mediador do processo educativo, e a contextualização torna-se, como afirma Lima (2019), “o elo entre o que o aluno já sabe e o que se propõe que ele aprenda”. Contudo, não basta apenas aprender os conteúdos: é necessário que o discente seja capaz de transformar sua realidade a partir desses aprendizados, assumindo uma postura ativa e crítica-reflexiva.

Sob essa ótica, destacam-se a pedagogia histórico-crítica, de Dermeval Saviani, e o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). De acordo com Teixeira (2003), Saviani entende a escola como o epicentro da democratização dos conhecimentos, responsável por formar uma visão de mundo crítica e promover a transformação da realidade material vivida. Já o movimento CTS defende que a escola, articulada a uma formação docente sólida, cria condições para a transformação social, especialmente em países em desenvolvimento (Teixeira, 2003, p. 186).

Teixeira (2003) evidencia as semelhanças entre essas vertentes pedagógicas ao afirmar a “necessidade de superação das metodologias arcaicas” para “dinamizar o processo de ensino-aprendizagem, de modo a permitir a aprendizagem significativa vinculada aos acontecimentos do mundo” (p. 185). Quanto ao conteúdo, ambas convergem na ideia de que os conhecimentos científicos não devem ser tratados

como meras informações descontextualizadas, mas como instrumentos mediadores da formação integral dos indivíduos (Teixeira, 2003, p. 186).

Entretanto, a efetivação de práticas contextualizadas enfrenta diversos desafios. Muitos professores lidam com condições laborais precárias, como turmas numerosas, falta de tempo para o planejamento de atividades diversificadas, escassez de recursos didáticos e ausência de valorização da formação continuada. Somam-se a isso a pressão por resultados em avaliações externas e a carência de apoio institucional para o desenvolvimento de metodologias inovadoras, o que frequentemente leva o docente a recorrer a práticas tradicionais centradas na memorização (Pacheco, Camargo; 2023). Outro obstáculo recorrente é a tendência de restringir a contextualização apenas ao cotidiano imediato dos alunos, sem avançar para reflexões mais amplas sobre as implicações éticas, políticas e socioambientais da ciência (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Desse modo, o ensino contextualizado de Química exige mais do que a boa vontade individual do professor: requer políticas educacionais estruturadas, que assegurem tempo, recursos e formação adequada para o trabalho pedagógico crítico e interdisciplinar. Promover a contextualização é, portanto, um ato político e pedagógico, que busca fazer com que o ensino de Química ultrapasse os limites da sala de aula e contribua para a formação de sujeitos capazes de compreender e transformar o mundo em que vivem, reafirmando o papel emancipador da educação.

2.2 Bases Legais e normativas na realidade do Distrito Federal

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que orienta os currículos da Educação básica brasileira, destaca a importância da contextualização como um dos princípios centrais do processo educativo. O texto oficial afirma que

a escola que acolhe as juventudes precisa se estruturar de maneira a garantir a contextualização dos conhecimentos, articulando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura [...], relacionando teoria e prática – ou o conhecimento teórico à resolução de problemas da realidade social, cultural ou natural” (Brasil, 2018, p. 476).

Dessa forma, a contextualização não é apenas uma prática pedagógica desejável, mas uma exigência normativa e ética para a construção de uma educação significativa, capaz de integrar o conhecimento escolar à vida social. No campo específico das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC reforça que “a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais” (Brasil, 2018, p. 321). O documento também enfatiza a necessidade de superar práticas que se restrinjam à mera exemplificação de conceitos, incentivando abordagens que considerem o desenvolvimento histórico dos saberes científicos e tecnológicos (Brasil, 2018).

Entretanto, essa concepção de contextualização está inserida em uma lógica curricular estruturada por competências e habilidades, que orienta tanto os objetivos de aprendizagem quanto os processos de avaliação. Nesse sentido, embora a BNCC destaque a importância de relacionar o conhecimento à vida social, a organização prescritiva do documento pode limitar a autonomia docente, uma vez que o planejamento e a avaliação tendem a se concentrar no cumprimento das competências previstas. Surge, assim, uma tensão entre atender às metas curriculares estabelecidas e desenvolver práticas pedagógicas mais amplas, que valorizem outras dimensões formativas e potencializem metodologias diferenciadas.

Na rede pública de ensino, em especial, os professores dispõem de relativa autonomia pedagógica, assegurada pela LDB no art. 3º, inciso III, que promove o “pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas” (Brasil, 1996). Portanto, as diferentes abordagens adotadas pelos docentes resultam em distintos níveis de contextualização, cuja análise é pertinente para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem.

Observa-se, portanto, que, embora os docentes mantenham certa autonomia em suas práticas, essa autonomia é constantemente tensionada por pressões externas, como avaliações em larga escala, políticas de responsabilização e demandas institucionais. Tais pressões orientam e, em alguma medida, condicionam suas escolhas pedagógicas, impactando não apenas seu trabalho cotidiano, mas também sua saúde mental, conforme discutido nos estudos de Campos e Viegas (2021). Ainda assim, o texto da BNCC estabelece diretrizes que buscam promover a integração

entre conhecimento, prática e contexto, propondo um ensino de Ciências que favoreça a compreensão crítica da realidade e a formação de sujeitos reflexivos e socialmente engajados.

No Distrito Federal (DF), além da BNCC, o ensino médio é norteado, predominantemente, por três documentos legais e normativos: o Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio do DF (CMDf), o documento norteador do Programa de Avaliação Seriada (PAS) da Universidade de Brasília (UnB) e a Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Esses documentos são frequentemente utilizados pelos professores como justificativa para a seleção e abordagem dos conteúdos escolares.

No caso do Currículo em Movimento, observa-se, em uma breve leitura, que está baseado nas dez competências gerais estabelecidas pela BNCC, o que evidencia sua conformidade com as diretrizes legais da educação básica (Distrito Federal, 2021, p. 22). O documento reforça o compromisso da escola com uma educação democrática e inclusiva, voltada para os direitos humanos e à sustentabilidade, com vistas à formação de um cidadão crítico-reflexivo, protagonista e ético. Para tanto, fundamenta-se em diversos dispositivos legais nacionais e internacionais, reafirmando a educação como um direito social subjetivo (Distrito Federal, 2021).

Tanto o CMDf quanto a BNCC adotam uma perspectiva interdisciplinar, não delimitando de forma rígida os conteúdos de cada componente curricular das Ciências da Natureza (Distrito Federal, 2021). Essa abertura pode conferir maior liberdade aos professores para elaborar metodologias inovadoras, que contribuam para a aprendizagem significativa, como propõe Ausubel (Lima, 2019), porém, por outro lado, gera certa imprecisão na definição dos conteúdos específicos de cada disciplina.

O PAS, portanto, configura-se como um importante norteador na escolha dos conteúdos a serem abordados, juntamente com os livros didáticos, uma vez que delimita os conteúdos por etapa do ensino, em distinção aos documentos da BNCC e do CMDf. Além disso, o documento indica obras de referência que podem ser exploradas de forma interdisciplinar e utilizadas como estratégia para a contextualização dos conceitos científicos (UnB, 2023).

O PAS caracteriza-se por “ser um processo seletivo que valoriza a aprendizagem significativa, contextualizada e interdisciplinar e que visa contribuir para uma educação crítica e emancipadora, distante de uma formação meramente conteudista” (UnB, 2023, p. 15). Dessa forma, superar a contextualização superficial, limitada a meros exemplos do cotidiano, é essencial para atender às expectativas das diretrizes normativas de ingresso à Universidade de Brasília.

O documento também orienta o uso da Taxonomia de Bloom Revisada como referência para a construção das habilidades. Na análise de Ferraz e Belhot (2010), essa taxonomia organiza o desenvolvimento do conhecimento em uma hierarquia de seis níveis cognitivos: lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar. Embora contemple três domínios, cognitivo, afetivo e psicomotor, é o domínio cognitivo que recebe maior ênfase, tanto nas avaliações de ingresso ao ensino superior quanto nas práticas didáticas cotidianas (Ferraz; Belhot, 2010). Essa centralidade do domínio cognitivo indica a permanência de práticas que privilegiam a memorização, a reprodução e a resolução técnica de problemas, o que contrasta com a formação integral preconizada pelos documentos normativos, que pressupõe o desenvolvimento de dimensões sociais, culturais e afetivas do aprender.

Além do PAS, outro importante documento norteador é a Matriz de Referência do ENEM. Nas ciências da Natureza, apresentam-se oito competências centrais; para os fins desta pesquisa, destaca-se a competência 7, que propõe a articulação entre conteúdos de Química e intervenções sociais. Como descrito no documento: “Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas” (Inep, 2020, p. 9). Esse direcionamento reitera a importância da contextualização crítica dos conhecimentos científicos no processo formativo dos estudantes.

Inicialmente, a pesquisa seria desenvolvida exclusivamente com estudantes e professores do Instituto Federal de Brasília (IFB). Contudo, diante da baixa adesão dos docentes atuantes da instituição, o público-alvo foi ampliado para incluir professores da educação básica de outras redes. O IFB constitui uma instituição de ensino singular, na medida em que reúne, em um mesmo espaço, cursos técnicos integrados ao ensino médio e cursos de nível superior. Destaca-se entre as instituições públicas pela infraestrutura e pela qualidade de sua proposta pedagógica.

No campus Gama, são ofertados cursos técnicos integrados ao ensino médio nas áreas de Química e Alimentos. Os respectivos projetos político-pedagógicos incluem, além da formação técnica, o desenvolvimento de competências relacionadas à cidadania crítica e reflexiva, em consonância com as diretrizes da BNCC (IFB, 2020).

O curso de Licenciatura em Química da instituição, por sua vez, busca formar professores “capazes de acompanhar as mudanças sempre presentes na evolução da sociedade”. Entre as competências previstas, destacam-se: “ter uma visão abrangente, histórica e epistemológica das ciências” e “ter formação humanística, norteada pela ética em sua relação com o contexto cultural, socioeconômico e político” (IFB, 2020, p. 12).

Portanto, há não apenas uma recomendação, mas uma necessidade concreta de que todas as disciplinas e, de forma especial, a Química, promovam o ensino contextualizado dos conteúdos científicos. Tal exigência é determinada pelas bases legais, pelos exames de acesso à universidade e pelo próprio ritmo das transformações sociais e tecnológicas. Diante das limitações temporais desta investigação, buscou-se compreender de que maneira professores atuantes e em formação realizam a contextualização do conteúdo de ligações químicas.

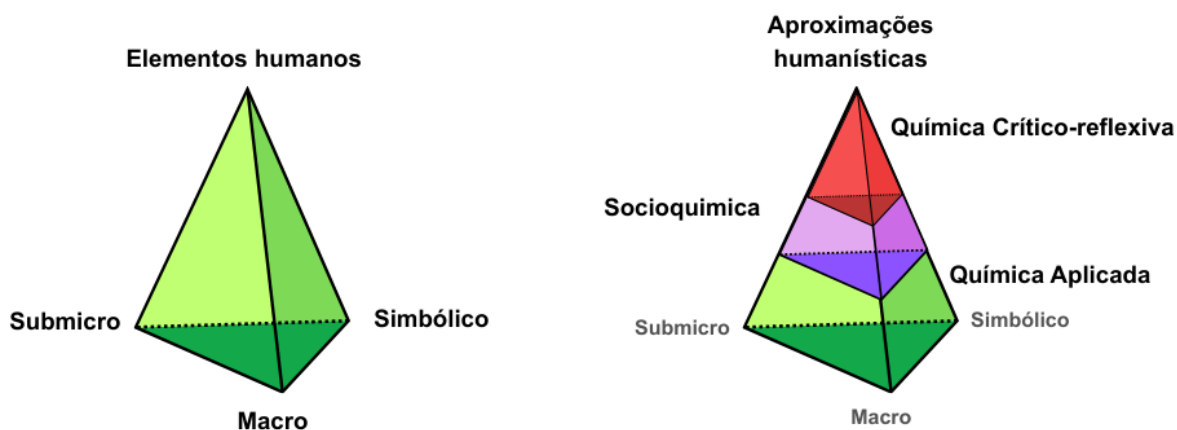
2.3 Tetraedro de Sjöström e Talanquer – níveis de contextualização no ensino de química

A fim de alcançar os objetivos deste trabalho, destaca-se a organização da contextualização da ciência química desenvolvida por Sjöström e Talanquer (2014), que complexificaram a proposta de Johnstone e Mahaffy. O modelo concebido por Johnstone apresenta, em sua base, três aspectos que perpassam a ciência química: o das propriedades e comportamentos macroscópicos das substâncias químicas, o dos modelos submicroscópicos usados para descrever, explicar e prever os fenômenos químicos, e o das representações simbólicas que expressam os conceitos e teorias químicas.

No vértice superior, encontra-se a dimensão humanística, primeiramente pensada por Mahaffy, que propõe a integração crítica entre os conceitos científicos da química e as questões sociais, históricas e filosóficas contemporâneas. O tetraedro,

seccionado por planos paralelos à base, organiza-se em três patamares: Química Aplicada, Socioquímica e Química Crítico-Reflexiva (Rodrigues et al., 2022).

Figura 1. Tetraedro adaptado de Sjöström e Talanquer (à direita) que complexifica a proposta de Johnstone e Mahaffy (à esquerda).



Fonte: elaboração própria, 2025.

Sjöström e Talanquer (2014) complexificaram esse modelo ao proporem quatro níveis de articulação entre os conceitos científicos da química e as aproximações humanísticas.

No Nível 0 – Química Pura, representado pela base do tetraedro, as estratégias pedagógicas focam no aprendizado dos conceitos químicos e nas técnicas experimentais básicas, sem adentrar em dimensões humanísticas, contextuais ou filosóficas. Esse nível é transversal a todas as etapas de contextualização, porém, na prática, fica evidente que muitos professores não avançam para níveis superiores devido à falta de recursos, tempo e infraestrutura, o que limita a adoção de estratégias pedagógicas mais complexas (Sjöström e Talanquer, 2014).

No Nível 1 – Química Aplicada, os professores utilizam exemplos do cotidiano ou aspectos sociais para ilustrar os conceitos químicos, porém sem problematizar as ideias, práticas e produtos da química. O papel da ciência, nesse tipo de abordagem, restringe-se à manipulação da matéria e às conexões com contextos triviais do cotidiano. Nesse nível, não há considerações filosóficas, e as referências históricas são tratadas como anedotas ou fatos pontuais, sem espaço para análises mais

profundas sobre o desenvolvimento das práticas e teorias químicas ao longo da história da humanidade (Sjöström e Talanquer, 2014).

No Nível 2 – Socioquímica, há duas formas principais de integrar as aproximações humanísticas: (i) a perspectiva **sócio-histórica**, que orienta uma análise epistemológica e sociológica do desenvolvimento dos conceitos químicos, e (ii) a perspectiva sociocientífica, que enfatiza a tomada de decisão baseada na ciência.

Na perspectiva sócio-histórica, os conceitos químicos são abordados como um produto cultural desenvolvido por cientistas inseridos em contextos particulares e passíveis de revisão frente a novas evidências. Essa visão evidencia que os fatos e teorias químicas possuem uma origem histórica e social. Além disso, Sjöström e Talanquer (2014) destacam que estudos recentes sobre o ensino da natureza da ciência com aproximações históricas sugerem que as abordagens pedagógicas devem focar em aspectos específicos dos problemas científicos, em vez de tratar de múltiplas questões excessivamente gerais.

Já na perspectiva sociocientífica, são enfatizados os benefícios, custos e riscos das práticas e produtos da química na sociedade. Segundo Sjöström e Talanquer (2014), esse tipo de abordagem constitui um exemplo de educação voltada para o desenvolvimento sustentável, orientada pelos desafios ambientais contemporâneos e pela promoção da democracia. Essa perspectiva implica uma postura docente mais crítica e politicamente engajada diante dos problemas atuais, além de favorecer o protagonismo estudantil no uso dos conceitos formais da química para prevenir e solucionar problemas reais (Sjöström e Talanquer, 2014).

As abordagens situadas no Nível 2 aproximam-se dos princípios expressos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) e, conseqüentemente, dos demais documentos educacionais derivados do currículo nacional, por enfatizarem a contextualização e a formação de cidadãos críticos e participativos.

Por fim, o Nível 3 – Química Crítico-Reflexiva inclui uma reflexão sociocrítica sobre o papel da química na sociedade, bem como uma análise crítico-filosófica acerca da produção e aplicação do conhecimento químico. O ensino de química crítico enfatiza as incertezas inerentes à geração e aplicação do conhecimento e busca

engajar os estudantes na reflexão sobre a própria natureza da química. A postura docente nesse nível é a de criar condições para que os alunos possam se expressar livremente, de modo respeitoso e autônomo (Sjöström e Talanquer, 2014).

Nesse nível, existem dois modos operantes: (i) o **sociocultural-filosófico**, que busca compreender e problematizar as ideias científicas e suas práticas, a partir do contexto e das concepções filosóficas imperantes na época e (ii) o **sociopolítico-ético**, que enfatiza a tomada de decisão e a ação frente aos problemas envolvendo ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Sjöström e Talanquer, 2014).

A Química crítico-reflexiva busca compreender os fatores políticos, sociais e econômicos que influenciam a construção do saber químico, bem como os critérios utilizados para aceitar ou rejeitar as ideias de determinados intelectuais (Sjöström e Talanquer, 2014). Além disso, segundo Sjöström e Talanquer (2014), nesse nível torna-se necessário problematizar ideias, modelos e práticas químicas em uma perspectiva filosófica, analisando por que alguns conceitos prevalecem em detrimento de outros, como o uso de modelos químicos se modifica conforme o contexto de aplicação e quais práticas são consideradas centrais na Química.

Para facilitar a compreensão, os autores organizaram uma tabela com todos os aspectos de forma a sintetizar e comparar cada nível. Nela haviam os seguintes exemplos de perguntas norteadoras:

- **Nível 0** – “Que tipos de matéria existem no universo?”
- **Nível 1** – “Como podemos desenvolver novos fármacos?”
- **Nível 2 (i)** – “Como as ideias da estrutura atômica evoluíram?”
- **Nível 2 (ii)** – “Que tipos de gordura devemos comer?”
- **Nível 3 (i)** – “Que fatores influenciaram a preferência pelo uso de combustíveis fósseis em detrimento de outras fontes de energia?”
- **Nível 3 (ii)** – “Compostos químicos perfluorados deveriam ser permitidos no planeta Terra?”

O último nível está em consonância com os princípios previstos nos documentos legais da educação brasileira, como a BNCC (2018), que defende a formação integral, crítica e ética dos estudantes. Por essa razão, o Nível 3 – Química Crítico-Reflexiva deveria ser o mais explorado pelos professores de Química, por promover a articulação entre o conhecimento científico e os aspectos sociais, éticos e políticos da realidade contemporânea.

Assim, esta investigação, a partir das respostas dos participantes, buscará integrar os dados obtidos ao tetraedro de Sjöström e Talanquer (2014), como forma de compreender o alcance e os limites da contextualização no ensino de ligações químicas.

2.4 Contribuições de Lewis e Linus Pauling a ligação química:

Usualmente, ao se tratar dos conceitos estruturantes da ciência química, diversos autores destacam a ligação química como um dos mais relevantes, conforme apontado nas investigações de Rodrigues et al. (2022). Linus Pauling, notável cientista que contribuiu de forma significativa para a teoria das ligações químicas, afirmou que “ligação química é o conceito mais valioso da Química”. De fato, esse conceito é fundamental para a compreensão de uma série de outros temas da disciplina, como propriedades físicas e químicas das substâncias, reações químicas, mecanismos de reação, equilíbrio químico, entre outros (Rodrigues et al., 2022). Portanto, evidencia-se a importância de compreender seus alicerces históricos.

O conceito de átomo e de coesão da matéria remonta à protoquímica. Nesse período, contudo, não havia a preocupação em construir um arcabouço teórico baseado no empirismo, mas sim propor explicações filosóficas ou mítico-religiosas para os fenômenos químicos (Neves; Farias, 2008). Entre os gregos, destacam-se as ideias atomísticas de Leucipo e Demócrito, que concebiam a matéria como constituída pelo “Ser” (pleno) e pelo “Não-ser” (vazio), cuja coexistência possibilitava a formação dos corpos. Demócrito introduziu ainda a noção de “juntura”, segundo a qual os átomos se mantinham próximos mesmo habitando o vazio. Embora especulativas, essas concepções antecipam aspectos hoje associados ao entendimento moderno de ligação química (Téllez, 1992).

A formulação contemporânea das teorias de ligação química está vinculada à consolidação da concepção atomística na era moderna, especialmente com os estudos de John Dalton. Conforme destaca Silva et al. (2025), a teoria de Dalton foi fortemente influenciada por Isaac Newton (1643-1727), Lavoisier (1743-1794) e pelos filósofos atomistas. A física newtoniana concebia a matéria como formada por corpúsculos sujeitos a forças de atração e repulsão, mas não se aprofundava em sua composição. Lavoisier, por sua vez, estabeleceu fundamentos da química moderna ao propor a conservação das massas, a lei das proporções definidas e a sistematização da nomenclatura, além de discutir a afinidade química como tendência natural de combinação (Silva et al., 2025).

Ainda no século XVIII, Coulomb demonstrou que as interações atrativas e repulsivas entre partículas estavam relacionadas a cargas elétricas, contribuindo para as reflexões posteriores de Dalton. Apesar de seu valor histórico e pedagógico, o modelo daltoniano apresentava limitações para explicar as propriedades da matéria, motivando o desenvolvimento de novas teorias.

O avanço decisivo ocorreu com a descoberta da eletricidade no início do século XIX. A construção da pilha por Alessandro Volta (1745-1827) permitiu que William Nicholson e Anthony Carlisle realizassem a eletrólise da água, processo que fundamentou os trabalhos de Humphry Davy e Jöns Jacob Berzelius no isolamento de diversos metais (Bezerra; Silva, 2018). Em 1818, Berzelius formulou a teoria dualística, que atribuía aos átomos naturezas eletropositivas ou eletronegativas, aproximando a explicação da combinação química das interações elétricas. Contudo, essa teoria não explicava a ligação entre átomos idênticos nem descrevia adequadamente os compostos orgânicos, cujo estudo se expandia com o crescimento da indústria química (Bezerra; Silva, 2018).

A concepção eletroquímica retomou força no final do século XIX com os experimentos de Svante Arrhenius (1859-1927), que evidenciaram o papel das cargas elétricas na coesão dos compostos. Com base nessas descobertas e em estudos sobre atividade óptica, Alfred Werner (1866-1919) desenvolveu a teoria da coordenação, introduzindo os conceitos de valência primária e secundária e número de coordenação (Bezerra; Silva, 2018). No mesmo período, Joseph John Thomson

(1856-1940) demonstrou a existência do elétron, contribuindo de forma decisiva para a compreensão moderna da estrutura da matéria.

Diante do exposto, e considerando a recorrência das abordagens de Gilbert N. Lewis e Linus Pauling no ensino de ligações químicas, um conceito estruturante para a compreensão da constituição da matéria e de suas transformações, torna-se pertinente aprofundar a análise das contribuições desses dois importantes intelectuais para a formulação e o desenvolvimento dos modelos de ligação química.

- **Gilbert Newton Lewis (1875 – 1946):**

A vida e a obra de Gilbert Newton Lewis (1875–1946) constituíram um marco decisivo para a química contemporânea, sobretudo a partir da formulação da teoria da ligação por par de elétrons, cujo centenário foi celebrado em 2016. Filgueiras (2016) destaca que esse marco assinala a primeira abordagem unificada capaz de descrever todos os tipos de ligações químicas por meio da noção de pares eletrônicos, conceito originalmente proposto por Lewis. Segundo o autor, Lewis tornou-se possivelmente “o químico mais conhecido do século XX”, já que noções como ácidos e bases de Lewis foram incorporadas de modo permanente ao ensino de química em diferentes níveis de formação (Filgueiras, 2016, p. 1262).

Nascido em Weymouth, Massachusetts, concluiu sua formação superior em Harvard, onde obteve o doutorado sob orientação de Theodore W. Richards. Após atuar como docente em Harvard e no Massachusetts Institute of Technology (MIT), Lewis assumiu, em 1912, o comando do Departamento de Química da Universidade da Califórnia, Berkeley, onde consolidou sua reputação internacional e formou alguns dos principais nomes da físico-química do século XX. Apesar de seu enorme impacto científico, Lewis nunca recebeu o Prêmio Nobel, embora tenha sido indicado mais de trinta e cinco vezes, principalmente por suas contribuições para a termodinâmica e para o entendimento moderno da ligação química (Filgueiras, 2016).

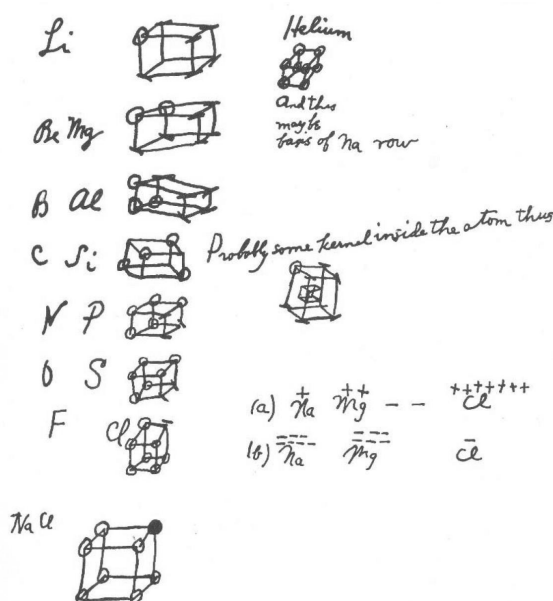
No artigo seminal “O átomo e a molécula”, publicado em 1916, Lewis propôs que os átomos alcançam configurações eletrônicas mais estáveis ao compartilhar ou transferir elétrons, aproximando-se assim da estrutura eletrônica dos gases nobres (Filgueiras, 2016). Em seu *livro Valência e a estrutura de átomos e moléculas*, o próprio autor descreve os princípios gerais de sua proposição:

Os aspectos principais desta teoria de estrutura atômica são os seguintes:

- (1) Os elétrons num átomo estão arranados em cubos concêntricos.
- (2) Um átomo neutro de cada elemento contém um elétron a mais que um átomo neutro do elemento imediatamente precedente.
- (3) O cubo de 8 elétrons é alcançado nos átomos dos gases raros, e este cubo se torna de certa maneira o caroço (kernel) em torno do qual se constrói o cubo maior de elétrons do período seguinte.
- (4) Os elétrons de um cubo externo incompleto podem ser cedidos a outro átomo, como no Mg^{++} , ou suficientes elétrons podem ser retirados de outros átomos para completar o cubo, como no Cl^- , dando conta da 'valência positiva ou negativa.'

De acordo com a ideia de Mendeleev de que o hidrogênio é o primeiro membro de um período completo, supus erroneamente que o hélio tivesse uma camada de oito elétrons. Com relação à disposição da carga positiva que balanceava os elétrons no átomo neutro, minhas ideias eram muito vagas; acredito que me inclinei naquela época em direção à ideia de que a carga positiva era também formada por partículas discretas, cuja localização determinava a localização dos elétrons. (Lewis, 1923 apud Filgueiras, 2016, p. 1263)

Figura 2: Desenhos de Lewis do memorando de 1902, reproduzidos em seu livro "Valence and the Structure of Atoms and Molecules", de 1923



Fonte: FILGUEIRAS, C. A. L. Assuntos Gerais: (celebração do centenário). *Química Nova*, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 1263, 2016. doi:10.21577/0100-4042.20160171.

Essa formulação deu origem ao que se consagrou mais tarde como a regra do octeto. Irving Langmuir aprofundou as ideias de Lewis e propôs um modelo de ligação segundo o qual a estabilidade química decorre da presença de oito elétrons na camada de valência. Além disso, sua interpretação incorporou elementos relativos à organização dos elétrons em camadas concêntricas ao redor do núcleo que se aproximava mais do conceito de átomo proposto por Bohr, estendendo o modelo a elementos mais pesados (Gugliotti, 2001). Filgueiras (2016) observa que, embora as ideias iniciais de Lewis tenham sido posteriormente aprimoradas, elas “permanecem fonte de inspiração” para grande parte das teorias modernas de ligação (p. 1263).

A regra do octeto, mais amplamente aceita entre os cientistas da época, acabou gerando tensões e rivalidades entre Lewis e Langmuir (Gugliotti, 2001). Contudo, apesar da regra não ter sido diretamente atribuída a Lewis, seu nome permanece amplamente reconhecido graças às representações gráficas inovadoras — as estruturas de pontos de Lewis — que possibilitam visualizar os pares de elétrons compartilhados. Essas representações simplificaram de maneira significativa a descrição das moléculas e se tornaram fundamentais no ensino de conceitos de estrutura e ligação. Conforme Filgueiras (2016), tal modelo visual permanece no currículo químico devido à sua “capacidade de explicar com elegância tanto moléculas simples quanto complexas” (p. 1265).

Além de unificar a representação de ligações iônicas e covalentes, o modelo proposto por Lewis introduziu uma mudança conceitual profunda na química, configurando-se como uma ruptura epistemológica frente às descrições anteriores, ainda ancoradas em noções macroscópicas ou essencialmente estequiométricas (Silva et al., 2025). Pela primeira vez, a ligação química passou a ser concebida como uma interação fundamentada na distribuição eletrônica, deslocando o foco da química para a estrutura interna dos átomos e para os processos de formação e ruptura de ligações — mudança que alguns autores caracterizam como uma verdadeira “revolução estrutural”, segundo a pesquisa de Silva et al. (2025).

Não obstante sua grande influência, o modelo de Lewis apresentava limitações significativas. O átomo cúbico, embora útil como imagem geométrica, mostrou-se

incompatível com os avanços da física quântica que se consolidaram a partir da década de 1920 (Pacheco; Freitas-Reis, 2020). Além disso, a caracterização da ligação como um simples par de elétrons compartilhado não explicava propriedades como magnetismo, geometrias moleculares específicas e o comportamento de moléculas com elétrons desemparelhados. Essas lacunas abriram espaço para o desenvolvimento de modelos mais robustos, como a Teoria da Ligação de Valência e, posteriormente, a Teoria dos Orbitais Moleculares, muitos deles formulados por um grande admirador de Lewis, Linus Pauling, que acabou superando os modelos iniciais propostos.

- **Linus Carl Pauling (1901 – 1994)**

As contribuições de Linus Pauling para a teoria da ligação química constituem parte central da consolidação desse campo no início do século XX, sendo tão marcantes para a história da ciência química que lhe renderam o Prêmio Nobel em 1954 (Pauling, 1992).

Segundo Pacheco e Freitas-Reis (2023), a infância de Linus Pauling foi profundamente marcada pela influência intelectual e afetiva do pai, Herman, cuja atuação como farmacêutico e dedicação à educação dos filhos inseriram Pauling precocemente em um ambiente permeado por conhecimentos científicos. Embora o cientista só tenha reconhecido seu interesse específico pela química na adolescência, é inegável que as experiências vividas ao lado do pai — observando manipulações farmacêuticas, lidando com vidrarias e sendo incentivado à leitura — contribuíram de modo significativo para sua formação intelectual.

Após a morte prematura de seu pai, Pauling enfrentou dificuldades financeiras e pouco incentivo da mãe, mas manteve o desejo de estudar. O marco decisivo para sua escolha pela química ocorreu aos 13 anos, quando um amigo lhe apresentou experimentos caseiros que despertaram entusiasmo imediato, levando-o a afirmar que, naquele momento, “se tornou um químico” (Pauling, 1964 apud Pacheco; Freitas-Reis, 2023). Assim, a combinação da influência paterna precoce e dessa experiência experimental na adolescência consolidou sua trajetória rumo às ciências.

Aos 16 anos, Pauling ingressou no curso de engenharia química na Oregon Agricultural College. Durante a graduação, atuando como instrutor de química

analítica, teve contato direto com os artigos de Gilbert Lewis (1916, 1923) e com os trabalhos subsequentes de Irving Langmuir, que reinterpretavam e expandiam a teoria do par eletrônico. Esse contato ocorreu em um momento crucial, quando o jovem estudante buscava compreender “como os átomos são unidos” e de que modo propriedades como distâncias e ângulos atômicos emergiam nas substâncias. As leituras desses autores forneceram a Pauling o arcabouço conceitual que orientou seu interesse pela estrutura da matéria e lhe permitiram, posteriormente, integrar conhecimentos químicos clássicos com técnicas de cristalografia por raios X, fundamentais para sua compreensão da disposição espacial das ligações químicas (Pacheco; Freitas-Reis, 2023).

Segundo Souza e Aires (2022), após concluir a graduação, Pauling teve contato direto com os desenvolvimentos da mecânica quântica ao estudar, entre 1926 e 1927, no Instituto de Física Teórica da Universidade de Munique. Esse período permitiu que acompanhasse de perto os debates publicados em periódicos alemães especializados, como o *Zeitschrift für Physik*, possibilitando-lhe articular de modo pioneiro as contribuições dos físicos europeus à teoria da ligação química formulada originalmente por Gilbert N. Lewis.

Sua principal contribuição inicial foi demonstrar que os resultados da mecânica quântica corroboravam aspectos centrais da teoria de Lewis. Como destacam Pacheco e Freitas-Reis (2023),

O problema levava em consideração a ligação de dois átomos neutros de hidrogênio, ou seja, um sistema com dois núcleos e dois elétrons e buscavam soluções que evidenciavam o par compartilhado, descartando em seus cálculos as condições de ionização. Os autores chegaram à conclusão que há uma “probabilidade finita de o elétron de a [de um dos átomos de hidrogênio] pertencer ao átomo de b [o segundo átomo de hidrogênio da molécula H₂]” (Heitler; London, 1927, p. 461). (Pacheco; Freitas-Reis, 2023, p. 13).

Esses desenvolvimentos permitiram que Pauling justificasse matematicamente a proposta de compartilhamento eletrônico de Lewis, originalmente formulada a partir das ideias intuitivas dos átomos cúbicos (Pacheco; Freitas-Reis, 2023).

Souza e Aires (2022) destacam ainda a relação de respeito intelectual e colaboração entre Pauling e Lewis, evidenciada nas correspondências trocadas entre ambos. Em uma das cartas, Pauling demonstra deferência ao solicitar a aprovação de Lewis antes da publicação de um artigo, afirmando: “Se isso não atender à sua aprovação, farei as alterações que desejar” (Pauling apud Souza; Aires, 2022, p. 531). O documento também mostra que Pauling reconhecia o valor dos conselhos de seu mentor, incluindo o incentivo para estudar na Europa.

Essas trocas configuraram uma circulação intercoletiva de ideias, na medida em que Pauling atuou como mediador entre o estilo de pensamento dos físicos europeus e o coletivo dos químicos norte-americanos. Como concluem Souza e Aires (2022, p. 535), essa interação permitiu “a construção coletiva da ligação química”, combinando contribuições químicas, espectroscópicas e quânticas para a consolidação de um novo fato científico.

Fica evidente, portanto, que a história da ligação química é marcada tanto por disputas de capital científico, como a rivalidade entre Lewis e Langmuir, quanto por intensa colaboração e esforços coletivos. A construção desse conhecimento envolveu a incorporação de novas evidências epistemológicas frente aos modelos previamente consolidados, demonstrando que o avanço da ciência depende simultaneamente de conflito, diálogo e cooperação entre diferentes comunidades científicas.

2.5 A aula como unidade estrutural e articulada do processo de ensino

Visando à formulação de uma proposta de ensino de ligações químicas coerente com os pressupostos da Química Crítico-Reflexiva descrita por Sjöström e Talanquer (2014), destaca-se o livro *Didática de Ciências Naturais na Perspectiva Histórico-Crítica*, de Antonio Carlos Hidalgo Geraldo (2014). No capítulo IV, intitulado “A aula como unidade estrutural do processo de ensino”, o autor discute a relevância da construção de uma aula bem planejada, coerente e logicamente estruturada, apresentando um modelo de plano de aula que contempla quatro etapas fundamentais: introdução, desenvolvimento, conclusão e avaliação.

Na introdução, são destacados dois aspectos fundamentais: a problematização inicial e a contextualização. A problematização inicial tem como objetivo organizar “questões que problematizem o tema central da aula, utilizando uma linguagem

acessível aos alunos” (Geraldo, 2014, p. 157). Já a contextualização busca relacionar o tema da aula ao cotidiano e à sua relevância social, apresentando, de forma sintética e crítica, as dimensões históricas dos conceitos trabalhados, além de mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema (Geraldo, 2014). É importante ressaltar, entretanto, que esse processo deve ocorrer de maneira dialógica, garantindo que o aluno participe ativamente das discussões e não seja apenas um receptor de informações.

O autor destaca ainda que a introdução não possui uma forma rígida, sendo possível que suas etapas se sobreponham ao longo do desenvolvimento da aula. Ele afirma tratar-se de um processo essencial para a preparação mediata e imediata dos estudantes. A preparação mediata envolve “leituras preliminares, e/ou observação de fenômenos, e/ou entrevistas com profissionais ou pessoas experientes na área, e/ou visitas a locais relacionados ao tema da aula, e/ou coleta de materiais a serem utilizados na aula” (Geraldo, 2014). Já a preparação imediata refere-se à

reativação dos conhecimentos e capacidades que são necessários para compreender a matéria nova, (...) uma vez que a aprendizagem significativa depende da concatenação das ideias, dos conceitos, das habilidades, com os conhecimentos e habilidades já assimilados-apropriados pelos alunos (Kingberg, 1978, p. 231).

O desenvolvimento da aula é compreendido como o momento em que o estudante assume o papel de protagonista na construção do conhecimento, enquanto o professor atua como mediador do processo de ensino e aprendizagem. Geraldo (2014) enfatiza que o docente deve adotar uma postura flexível diante das eventualidades da realidade escolar, equilibrando essa flexibilidade com autoridade, responsabilidade, empatia e amizade. Nesse sentido, é fundamental que o professor demonstre respeito às diferenças, curiosidade e entusiasmo em relação ao conteúdo abordado.

Para alcançar tais objetivos, o professor deve estar devidamente instrumentalizado com recursos teóricos e materiais que favoreçam o aprofundamento do tema da aula. Nessa etapa, o aluno deve participar ativamente das atividades propostas, analisando criticamente os conteúdos e, ao final, sendo capaz de elaborar

conclusões que respondam às problematizações iniciais, sintetizando o novo conhecimento a partir de suas próprias experiências (Geraldo, 2014).

Na conclusão da aula, o autor argumenta que não deve haver rigidez metodológica, pois as práticas precisam ser adaptadas conforme o contexto e as necessidades do grupo. Contudo, é importante retomar a totalidade do conteúdo estudado, revisitando as questões apresentadas no início da aula. Além disso, recomenda-se anunciar o tema da próxima aula e propor atividades de continuidade, que auxiliem na consolidação do aprendizado (Geraldo, 2014).

Por fim, na avaliação, Geraldo (2014) ressalta a importância de o professor utilizar uma variedade de instrumentos avaliativos de caráter diagnóstico e formativo, como observações de comportamento, questões discursivas, debates, participação nas discussões e nas atividades extraclasse. Assim, a avaliação deve envolver não apenas o posicionamento ativo do professor, mas também o engajamento efetivo do estudante, configurando-se como um processo essencial para a consolidação de uma aprendizagem crítica e significativa.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como de abordagem qualitativa, de natureza descritiva e interpretativa, uma vez que busca compreender as percepções, concepções e práticas de professores atuantes e licenciandos em Química acerca da contextualização no ensino de ligações químicas. Segundo Rodrigues, Oliveira e Santos (2021), a pesquisa qualitativa tem como propósito descrever, interpretar e compreender os significados atribuídos pelos sujeitos às suas práticas e experiências.

O grupo participante foi composto por professores de química em formação e atuantes na educação básica, porém a maioria dos participantes eram do Instituto Federal de Brasília.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário estruturado, elaborado na plataforma Google Forms, composto exclusivamente por perguntas abertas, as quais investigaram como os participantes contextualizam o ensino de ligações químicas e demonstram sua relevância pedagógica. As questões foram formuladas de modo a favorecer a expressão espontânea dos participantes e a obtenção de informações sobre suas concepções, experiências e desafios relacionados ao ensino contextualizado (Rodrigues, Oliveira e Santos; 2021). As perguntas apresentadas no questionário foram:

- **Questão 1:** Quando você pensa em ensinar ligações químicas, o que considera mais importante que os estudantes aprendam?
- **Questão 2:** Como você contextualizaria o tema ligações químicas em uma aula de Ensino Médio? Descreva um exemplo.
- **Questão 3:** Para você, qual é a relevância de aprender ligações químicas para a formação dos estudantes?
- **Questão 4:** Quais recursos didáticos você utilizaria para essa contextualização? Por quê?
- **Questão 5:** Quais dificuldades você enfrenta (ou acredita que enfrentaria) para contextualizar o ensino de ligações químicas?

A utilização do questionário como instrumento de coleta de dados justifica-se pela praticidade de aplicação, pelo baixo custo e pela facilidade de organização e análise das informações obtidas (Santos et al., 2014). Dessa forma, espera-se reunir subsídios que possibilitem refletir criticamente sobre as práticas de contextualização no ensino de Química, especialmente no que se refere à abordagem do conteúdo de ligações químicas, contribuindo para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem.

Para a análise dos dados obtidos, utilizou-se a Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposta por Moraes (2003). Essa metodologia pressupõe a reconstrução dos significados a partir de três etapas: (1) desmontagem dos textos e unitarização do corpus, com identificação das unidades de significado (US); (2) estabelecimento de relações, com categorização das US; e (3) produção do metatexto, que sintetiza os novos sentidos emergentes a partir da interpretação dos dados (Sousa, 2020). A leitura foi realizada com uma postura fenomenológica, respeitando a complexidade dos discursos dos participantes e buscando compreender seus pontos de vista a partir da realidade vivida.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Participaram da pesquisa 32 pessoas, das quais 23 (72%) eram estudantes em processo de formação em Licenciatura em Química e 9 (28%) eram professores atuantes na educação básica. Durante a fase de coleta, o delineamento da pesquisa foi ajustado com o objetivo de ampliar o número de respondentes, em razão da baixa adesão inicial dos docentes do Instituto Federal de Brasília, que constituíam o público-alvo previsto. Assim, apresentam-se a seguir os resultados e as análises de cada questão, organizados em tópicos.

4.1 Análise das práticas dos professores em formação e atuantes

- **Conteúdos relevantes na aprendizagem de ligações químicas**

Na questão 1, buscou-se compreender qual conteúdo formal foi mais enfatizado nas aulas de cada participante, isto é, identificar as dimensões às quais os docentes atribuem maior relevância nos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, conforme a base do tetraedro proposto por Sjöström e Talanquer. As respostas foram organizadas em unidades de significado, identificadas pela letra “L” para os licenciandos e “A” para os professores atuantes. Entre os conceitos fundamentais mais recorrentes nas respostas, destacaram-se: “tipos de ligação”, “propriedades da matéria”, “estabilidade”, “teorias de ligação química” e “cotidiano”, que constituíram as categorias iniciais de análise. A Tabela 1 apresenta algumas unidades de significado extraídas dos relatos, bem como suas respectivas categorias.

Tabela 1: Categorias iniciais dos conceitos fundamentais

Categorias iniciais	Professores em Formação	Professores Atuantes
Tipos de ligação	US-L8.1: “A diferença dos 3 tipos de ligação”	US-A8.2: “quais tipos de ligações são estabelecidas”
	US-20.1: “Os tipos de ligação química existentes”	US-A6.2: “a partir do tipo de ligação química”
	US-L16.2: “ligações iônicas, metálicas e covalente”	US-A2.1: “Diferenciar os tipos de ligações químicas”
Propriedades da matéria	US-L19.3: “como isso influencia as propriedades das substâncias.”	US-A2.1: “relacionar as propriedades específicas da matéria (...) com o tipo de ligação envolvida”

	US-L14.2: "os tipos de ligações influenciam nas propriedades dos materiais."	US-A6.1: "prever as propriedades dos compostos a partir do tipo de ligação química"
Estabilidade	US-L2.2: "estabilidade dos gases nobres"	US-A5.1: "Percepção de estabilidade"
	US-L18.1: "Estabilidade eletrônica"	
Teorias de ligação química	US-L16.1: "a regra do octeto"	US-A1.1: "Teoria do orbital molecular e teoria da camada de valência"
Cotidiano	US-L22.2: " a Química é vasta e esta em todos os lugares"	US-A7.1: "visualizar aplicações no cotidiano e como elas fazem parte das nossas atividades diárias"
	US-L11.1: "Que os estudantes entendam o conceito de ligações , e consiga associar as coisas do dia a da dia"	US-A4.1: "presentes em nosso cotidiano"

A partir dessas categorias iniciais, foram definidas duas categorias finais: ênfase no nível macroscópico, submicroscópico e simbólico, caracterizada pela articulação entre os diferentes tipos de ligação e as propriedades químicas da matéria; e ênfase nos níveis submicroscópico e simbólico, na qual os sujeitos atribuem maior importância à compreensão dos mecanismos de formação das ligações químicas.

Tabela 2: Categorias finais dos conceitos fundamentais

Categorias finais	Categorias iniciais	Contribuições
Nível macroscópico, submicroscópico e simbólico	Propriedades da matéria	L19. "mais compreensão de como a ligação define o comportamento da matéria."
	cotidiano	A6. "prever as propriedades dos compostos a partir do tipo de ligação química"
Nível submicroscópico e simbólico	tipos de ligação	L5. "Como os elementos podem interagir entre si e quais os tipos de ligações que eles podem fazer"

	Estabilidade	A5. "Percepção de estabilidade, quebra e formação de ligações, o porquê das ligações ocorrerem."
	Teorias de ligação química	

Com base na categorização, tornou-se possível quantificar as respostas e, mediante o tratamento dos dados com medidas estatísticas simples, identificar os aspectos considerados centrais pelos participantes no ensino da teoria da ligação química. De modo geral, tanto os professores em formação (52%) quanto os professores atuantes (67%) reconhecem que, para o ensino de ligações químicas, é essencial que os estudantes consigam articular características submicroscópicas com propriedades macroscópicas da matéria.

Segundo Sjöström e Talanquer (2014), aqueles que enfatizam predominantemente os aspectos submicroscópicos e simbólicos enquadram-se na abordagem da "química pura", marcada por práticas mais tradicionais e por uma tendência à valorização da manipulação de símbolos, fórmulas e representações estruturais. Essa orientação metodológica, centrada em aspectos composicionais e estruturais dos sistemas químicos, tende a favorecer a memorização e a abstração dos conceitos

Entretanto, considerando a centralidade do conteúdo de ligações químicas e sua função estruturante para outros tópicos da química escolar, emerge um questionamento sobre a pertinência de priorizar os níveis submicroscópico e simbólico. Estudos sobre o ENEM, como o de Romão, Pinheiro, Cristino e Rocha (2021), indicam que a contextualização dos itens de Química nas provas varia bastante. Eles analisaram questões do ENEM de 2016 a 2019 e encontraram uma oscilação significativa entre enunciados contextualizados no cotidiano e outros que apelam para conceitos abstratos ou simbólicos, o que sugere a presença de altos níveis de abstração teórica (Romão, Pinheiro, Cristino e Rocha; 2021). Por outro lado, ao direcionar esforços para a articulação entre os aspectos macroscópicos e submicroscópicos, amplia-se a possibilidade de situar a química no cotidiano dos estudantes que levariam a discussão de questões mais críticas desses conceitos em questões sociais, ambientais e políticas.

- **Contextualização de ligações químicas no ensino médio e seus exemplos**

Inicialmente, buscou-se, na questão 2, compreender os níveis de contextualização presentes nas respostas dos participantes, de modo que posteriormente essas respostas fossem enquadradas nas categorias finais de análise: química aplicada, socioquímica e crítico-reflexiva. Contudo, o instrumento utilizado apresentou limitações para a análise, pois muitas respostas eram breves e pouco detalhadas quanto ao modo como as aulas seriam conduzidas. Essa característica ampliou o risco de influência da interpretação da autora durante a categorização.

Com o intuito de minimizar esse efeito, optou-se por articular as respostas a partir de três eixos: conceitos fundamentais mobilizados, tipos de contextualização e recursos utilizados. Essa estratégia possibilitou identificar, com maior precisão, a dimensão predominante nas aulas descritas por cada participante. A discussão resultante dessa articulação será apresentada após a descrição e a breve análise dos dados obtidos nas questões 2 e 4

A Tabela 3 apresenta as categorias iniciais referentes aos tipos de contextualização mencionados pelos professores atuantes e pelos professores em formação.

Tabela 3: Categorias iniciais da contextualização

Categorias iniciais	Professores em formação	Professores atuantes
Cotidiano	US-L9.1: "ligações químicas no cotidiano"	US-A9.1: "os diferentes materiais que manipulamos no cotidiano"
	US-L21.1: "Depende do perfil de cada turma"	US-A3.2: "Explicar sobre as propriedades desses compostos e a influência deles na realidade."
	US-L2.3: "Por que a madeira é dura e os metais brilhantes? Por que os materiais são como são?"	US -A6.2: "Pergunto se eles fossem fabricantes de uma capinha de celular, que tipo de material seria ideal?"

Exemplos expositivos gerais	US-L20.1: “imagens do cotidiano dos alunos sal, açúcar, correntes e anéis”	US-A4.1: Ligação Metálica através da corrosão dos metais nos centros urbanos e pontes
	US-L17.1: “trazer o máximo de exemplos”	US-A9.2: “Ligações iônica, sal de cozinha; ligação covalente, água, gás oxigênio; ligação metálica, ferro, etc”
	US-L4.1: “o uso de baterias e pilhas para ligações iônicas. O uso do aço e do alumínio para as ligações metálicas. Já para as ligações covalentes, provavelmente o uso de alguns conceitos bioquímicos”	US-A3.3: “Gosto de familiarizar o assunto, instigando o mesmo a procurar respostas microscópicas sobre as propriedades - eletrólitos, condução de corrente elétrica, íons e a presença deles no nosso corpo, soluções e exames que os médicos fazem.”
Experimentos práticos	US-L1.1: “Experimento que correlaciona as propriedades as ligações químicas, como a condução de corrente elétrica”	US-A2.1: “Início com um experimento em sala de aula sobre condutividade elétrica.”
	US-L8.2: “Analisando os cristais de sal de cozinha e cristais de açúcar.”	US-A7.1: “atividade prática sobre condutividade elétrica”
Modelos virtuais	US-L22.1: “usando um programa que permita mostrar as ligações “ex: Phet”	US-A8.2: “a tecnologia disponível
Analogias	US-L10.1: “analogia com lego”	US-A1.1: “Comparo ligação química a sistemas de molas”
	US-L13.2: “a relação que os ímãs possuem entre si, no qual os polos positivos se unem a polos negativos, para criar um paralelo as ligações iônicas”	

A análise das respostas evidencia que tanto os professores em formação quanto os atuantes mobilizam o cotidiano como porta de entrada para o ensino de ligações químicas, mas o fazem de modos qualitativamente distintos. Entre os licenciandos, as referências ao cotidiano tendem a assumir um caráter motivacional e genérico, funcionando mais como justificativa para “aproximar” o conteúdo da realidade dos estudantes do que como elemento estruturante da explicação conceitual. Expressões

como “é interessante trazer para o cotidiano”, “vida real” ou “ligações químicas no cotidiano” sugerem uma concepção de contextualização próxima ao nível de química aplicada, na qual a ciência é apresentada como útil e próxima da vida diária, porém ainda desproblematizada e pouco articulada a questões sociais amplas (Sjöström e Talanquer, 2014).

Em contraste, os professores atuantes fazem referências ao cotidiano atreladas ao funcionamento real dos materiais e aos processos químicos que estruturam fenômenos observáveis, como condutividade, degradação, propriedades e usos de compostos. Essa relação entre fenômenos concretos e explicações estruturais indica maior domínio do conteúdo e pode aproximar-se de uma contextualização socioquímica, pois conecta a química a práticas sociais, tecnológicas e materiais do mundo vivido.

Esse padrão também aparece na análise dos exemplos expositivos. Ambos os grupos utilizam referências clássicas, como sal de cozinha, água, metais, açúcar, combustão, corrosão, mas a função pedagógica desses exemplos é distinta. Os licenciandos tendem a citá-los como ilustrações pontuais, muitas vezes listadas sem relação explícita com propriedades, modelos explicativos ou implicações sociais. Já os atuantes conectam esses exemplos a propriedades macroscópicas e submicroscópicas, enfatizando condutividade, eletrólitos, transformações químicas e fenômenos ambientais e urbanos. Essa articulação revela não apenas maior maturidade conceitual, mas também uma relação mais integrada entre os diferentes níveis representacionais da química. Ainda assim, mesmo entre os atuantes, são raras as problematizações de natureza ambiental, política ou ética, o que evidencia baixa presença de uma abordagem crítico-reflexiva, em que a química é analisada como ciência situada em disputas econômicas, sociopolíticas e tecnológicas (Sjöström, 2013; Santos e Mortimer, 2009).

As práticas experimentais aparecem de forma relativamente equilibrada entre os dois grupos, mas com conotações distintas. Os experimentos dos licenciandos variam bastante; algumas respostas aparentam ser uma prática já vivenciada durante o curso que possibilitou uma experiência mais diversificada do ensino de ligação química. Nos atuantes, os experimentos aparecem como ações consolidadas, sobretudo aqueles que enfatizam propriedades relacionadas às ligações químicas, como condutividade

elétrica. Ainda assim, a experimentação é mobilizada principalmente como estratégia de visualização ou verificação, e não como meio para discutir implicações sociais, ambientais ou tecnológicas — o que reforça a predominância de níveis aplicados da contextualização.

O uso de modelos virtuais ilustra um movimento geracional. Professores em formação mencionam explicitamente ferramentas como o PhET, indicando familiaridade com tecnologias digitais e com recursos visuais de modelagem molecular, alinhados às discussões contemporâneas de Química Baseada em Modelos (Talanquer, 2019). Entre os atuantes, as menções são mais genéricas, sugerindo limitações da incorporação de recursos digitais na prática cotidiana.

As analogias, embora menos frequentes, reforçam o padrão geral. Licenciandos utilizam analogias mais concretas e acessíveis, como peças de Lego ou ímãs, que possuem forte apelo didático, mas nem sempre favorecem a compreensão mais profunda das interações químicas envolvidas. Atuantes, por outro lado, recorrem a analogias estruturais mais sofisticadas, como sistemas de molas, que permitem acessar aspectos energéticos e relacionais das ligações e dialogam com modelos explicativos mais formais, porém o conteúdo proposto por esse professor atuante em específico talvez seja destinado ao ensino superior e não a educação básica o que justificaria a analogia mais sofisticada, porém ainda apresenta uma contextualização que se classificaria na química aplicada por apenas ilustrar o conhecimento científico com algo do cotidiano.

Nesta análise inicial, é perceptível a predominância em ambos os grupos de uma contextualização de nível química aplicada, com alguns elementos esparsos de uma abordagem socioquímica, sobretudo quando há tentativas de relacionar propriedades dos materiais ao cotidiano. Entretanto, torna-se evidente a dificuldade de avançar para níveis crítico-reflexivos, que demandariam análise de impactos ambientais, tecnológicos, econômicos ou políticos. Assim, os dados revelam tendências que apontam para um desafio persistente: transitar de abordagens contextualizadas predominantemente descritivas para abordagens críticas e sociopoliticamente orientadas, mesmo entre docentes experientes.

- **Recursos didáticos para contextualização de ligações químicas**

A questão 4 buscou identificar os materiais físicos que os participantes consideravam necessários para suas práticas pedagógicas no ensino de ligações químicas. No entanto, a interpretação de alguns deles aproximou-se do fenômeno apontado por Wartha, Silva e Bejarano (2014), segundo os quais a contextualização é frequentemente compreendida como um recurso destinado a aproximar os conhecimentos escolares de situações vivenciadas no cotidiano dos alunos. Nessa perspectiva, a contextualização passa a ser tratada como uma metodologia de ensino, em que o professor deve relacionar o conteúdo aos elementos da realidade dos estudantes. Além disso, a utilização da palavra didático pode ter interferido na compreensão dos recursos.

Diante disso, esta questão exigiu uma análise mais cuidadosa, sendo necessário retomar as respostas anteriores de alguns participantes. Muitas delas davam continuidade ao que havia sido iniciado na questão 2 (“Como você contextualizaria o tema ligações químicas em uma aula de Ensino Médio? Descreva um exemplo.”). Assim, tornou-se indispensável comparar todas as respostas para compreender adequadamente o sentido atribuído pelos participantes ao uso de recursos pedagógicos.

Tabela 4: Categorias iniciais dos recursos didáticos

Categorias iniciais	Professores em formação	Professores atuantes
Recursos laboratoriais	US-L20.2: “Teste de ponto de ebulição para mostrar a influência das ligações nas propriedades das substâncias.”	US-A6.1: “Eu geralmente levo ao laboratório e faço alguns experimentos que trabalhem propriedades desses materiais.”
	US-L21.1: “Utilizaria vidrarias laboratoriais básica (béqueres, espátulas, placas de Petri, etc.) e microscópios.”	US-A7.1: “Utilizo o laboratório para aula prática de condutividade.”
	US-L23.2: “Prática laboratorial em conjunto”	US-A1.2: “Atividades Experimentais e Aulas Práticas”

Recursos digitais e multimídia	US-L19.1: “PhET colorado, YouTube”	US-A4.1: “Através de Objetos digitais de aprendizagem”
	US-L8.3: “ChemTube”	US-A9.2: “Gostaria muito que houvesse uma simulação computadorizada”
	US-L17.1: “Vídeos ilustrativos, imagens, conceitos e desenhos”	US-A5.1: “projedor, quadro, vídeos e listas de exercícios”
	US-L4.1: “Utilizaria de slides, onde faria o uso de imagens e animações para representar as ligações, buscando um maior apelo visual.”	US-A8.1: “Acredito que temos alguns materiais disponíveis no REA Univesp, pois traz dinamicidade”
Recursos de sala de aula convencional	US-L7.1: “Normalmente se usa pincel e quadro”	US-A5.1: “projedor, quadro, vídeos e listas de exercícios”
	US-L21.2: “caso a escola não tenha esses recursos, tentaria reproduzir com copos de vidro e utensílios domésticos.”	
Jogos, atividades lúdicas e brinquedos	US-L19.2: “jogos em geral para simular as ligações”	
	US-L15.1: “Atividades lúdicas, pois assim o aluno consegue acompanhar o conteúdo sem ser uma aula maçante”	
	US-L10.1: “Utilizando jogos, brinquedos e materiais de papelaria para ensinar”	
Recursos físicos/manipuláveis	US-L6.3: “materiais simples do dia a dia como sal de cozinha, óleo e etc, afim de demonstrar aos alunos que as ligações químicas estão presentes no nosso dia a dia.”	US-A1.1: “Kit de Bolinhas e Bastões”

US-L7.2: “mas objetos e estruturas 3D, principalmente os “analógicos” podem facilitar e melhorar o aprendizado.”

US-A3.1: “Exames médicos, rótulos de embalagens - ex: água mineral.”

A análise dos dados evidencia que ambos os grupos de professores recorrem a recursos que extrapolam a sala de aula tradicional, caracterizada pelo uso exclusivo de quadro branco e carteiras alinhadas. Os participantes indicam a necessidade de incorporar recursos audiovisuais e tecnológicos, bem como experimentos laboratoriais quando possíveis, de modo a superar a lógica de mera transmissão de conteúdo e promover práticas mais dinâmicas, capazes de engajar os estudantes na construção do conhecimento.

No que se refere aos recursos laboratoriais, alguns participantes mencionaram práticas de forma genérica, sem apresentar exemplos concretos de experimentos, o que sugere desconhecimento ou pouca familiaridade com atividades experimentais relacionadas ao tema. Outros apresentaram práticas mais consolidadas, como a análise de cristais de sal e açúcar e a investigação da condutividade elétrica de diferentes materiais. Tais exemplos demonstram uma compreensão mais aplicada do uso de atividades experimentais, articulando fenômenos observáveis às propriedades das substâncias e aos modelos teóricos.

Diante do exposto por Wartha, Silva e Bejarano (2013), o caso do participante L20 ilustra bem a ideia, muitas vezes confusa, de correlacionar recurso com contextualização. Na pergunta 2, ele apresentou propostas como “apresentar imagens do cotidiano dos alunos (sal, açúcar, correntes e anéis)”, mas em outra questão mencionou experimentos mais complexos, como “circuito elétrico com lâmpada para demonstrar a condutividade das substâncias; teste de ponto de ebulição para mostrar a influência das ligações nas propriedades das substâncias”. Esses experimentos, embora relevantes, permanecem no campo da visualização dos conceitos, mas podem ser utilizados para promover discussões mais profundas, centradas na problematização dos conceitos e dos fatos científicos.

Quanto aos recursos digitais e multimídia, observa-se que ambos os grupos reconhecem seu potencial para a visualização de fenômenos microscópicos e para dinamizar as aulas. Entre os licenciandos, as menções concentram-se em slides, vídeos, simulações (como o PhET), plataformas como o ChemTube e o uso geral de mídias on-line. A ênfase recai principalmente na facilidade de acesso e na utilidade desses materiais para reforçar ou ilustrar conteúdos, embora sua efetivação dependa de infraestrutura tecnológica adequada.

Já os professores atuantes demonstram certo desconhecimento em relação às tecnologias digitais quando comparados aos licenciandos. Contudo, alguns atuantes fazem referência ao uso integrado de “projeto, quadro, vídeos e listas de exercícios”, o que indica uma compreensão mais sistêmica da multimodalidade no planejamento didático. Assim, enquanto os licenciandos tendem a focar na ferramenta em si, os professores enfatizam a função pedagógica atribuída aos recursos, o que se relaciona à sua maior vivência em contextos reais de ensino e ao acesso a estruturas institucionais que possibilitam a implementação de estratégias diversificadas.

A categoria de recursos tradicionais também revela distinções entre os grupos investigados. Os licenciandos mencionam o uso de quadro e pincel como instrumentos básicos, além da possibilidade de realizar experimentações diretamente na sala de aula quando o laboratório não está disponível, inclusive recorrendo a utensílios domésticos. Essa postura evidencia um movimento de adaptação frente à escassez de recursos e a tentativa de diversificar metodologias pedagógicas mesmo em contextos com infraestrutura limitada.

Entre os professores atuantes, embora também apareçam referências a recursos tradicionais, como projeto, quadro branco e listas de exercícios, esses elementos surgem articulados a um planejamento que combina diferentes linguagens e estratégias, indicando maior intencionalidade pedagógica. As respostas sugerem que os professores participantes da pesquisa atuam em condições relativamente favoráveis quanto à disponibilidade de materiais, embora ainda predomine um enfoque associado à química aplicada. Ressalta-se que algumas nuances observadas poderiam ter sido aprofundadas caso o instrumento metodológico incluísse entrevistas semiestruturadas, permitindo maior exploração das percepções docentes e dos sentidos atribuídos aos recursos utilizados.

No tocante aos jogos, atividades lúdicas e brinquedos, os professores em formação demonstram significativa valorização dessas abordagens, mencionando jogos pedagógicos, atividades lúdicas e materiais de papelaria como estratégias para facilitar a compreensão e tornar as aulas mais atrativas. Entre os licenciandos, observa-se a percepção do potencial motivacional dessas práticas, alinhada a uma concepção de aprendizagem que busca engajar os estudantes por meio de experiências divertidas. Entretanto, a ausência de menções semelhantes entre os professores atuantes sugere que tais estratégias não se consolidaram como parte da rotina escolar, possivelmente devido às limitações de tempo, carga de trabalho, condições estruturais das instituições ou à necessidade de alinhar as aulas a currículos e avaliações externas. Essa discrepância indica que, embora o caráter lúdico seja reconhecido na formação inicial como recurso promissor, sua aplicação efetiva na prática profissional enfrenta barreiras significativas.

Por fim, na categoria de recursos físicos e manipuláveis, identificam-se tanto aproximações quanto distanciamentos entre os grupos. Os licenciandos mencionam o uso de materiais do cotidiano, como sal e óleo, além de objetos tridimensionais, ímãs e kits moleculares, demonstrando valorização da manipulação concreta como estratégia para compreender conceitos abstratos, especialmente na transição entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico, aspecto central no ensino de Química. Os professores atuantes também citam o uso de kits de bolinhas e bastões, convergindo com a perspectiva dos licenciandos. Contudo, um deles menciona a utilização de exames médicos e rótulos de embalagens, revelando preocupação explícita com a contextualização por meio de situações reais e socialmente relevantes. A seleção desses materiais indica uma busca por estabelecer vínculos entre fenômenos químicos, práticas sociais de leitura e interpretação de informações e suas aplicações cotidianas, o que caracteriza um grau mais elevado de sofisticação pedagógica e alinhamento com propostas curriculares contemporâneas.

Em síntese, a comparação entre os dois grupos mostra que os licenciandos apresentam um repertório diversificado, porém predominantemente descritivo e baseado em experiências próprias ou observadas em outros contextos formativos. Os professores atuantes, por outro lado, demonstram maior articulação de diferentes recursos em suas práticas pedagógicas, associando os recursos aos objetivos de aprendizagem, às condições concretas da escola e às necessidades específicas dos

estudantes. Essa diferença reforça a importância de espaços formativos que permitam aos futuros professores desenvolver não apenas familiaridade com uma variedade de recursos, mas também competências didáticas necessárias para os empregar de forma significativa na contextualização do ensino de ligações químicas.

- **Classificação nos níveis do tetraedro de Sjöström e Talanquer (2014)**

A partir da análise integrada dos dados referentes à contextualização (questão 2), aos recursos didáticos mencionados (questão 4) e às tendências identificadas na mobilização de conceitos, tornou-se possível classificar as respostas dos participantes nos diferentes níveis do tetraedro de contextualização de Sjöström e Talanquer (2014). Os resultados apontam que tanto professores em formação quanto professores atuantes concentram-se predominantemente no nível de química aplicada, com incursões pontuais no nível socioquímico e ausência do nível crítico-reflexivo.

Entre os professores em formação, observa-se que a maior parte das respostas mantém uma relação funcional e direta entre o conteúdo de ligações químicas e exemplos cotidianos, como sal de cozinha, água, metais ou plásticos. Essa aproximação tende a assumir um caráter superficial, frequentemente justificado pela necessidade de “tornar a aula mais interessante” ou de “aproximar da vida real”, sem que haja uma articulação robusta entre fenômenos macroscópicos, modelos explicativos e implicações sociais da química. Nessa perspectiva, os licenciandos operam majoritariamente dentro da dimensão da química aplicada, na qual o cotidiano é utilizado para ilustrar a utilidade da ciência, mas não como instrumento para problematizações de ordem social ou ambiental. Essa tendência é reforçada pelo uso de recursos como jogos, vídeos, modelos simples e experimentos demonstrativos, que, embora relevantes para o engajamento e para a visualização dos conceitos, são mobilizados de maneira instrumental, com foco no fenômeno em si e não em suas consequências sociotécnicas.

Já entre os professores atuantes, embora também predomine o nível de química aplicada, identifica-se maior incidência de elementos que se aproximam da socioquímica. Os atuantes recorrem ao cotidiano não apenas como motivação, mas como via de explicação de propriedades, processos e materiais que compõem o

mundo vivido, corrosão, condutividade, transformações químicas, degradação de substâncias e usos tecnológicos. Suas respostas evidenciam maior domínio da articulação entre níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico, o que permite integrar fenômenos concretos a modelos explicativos e, em alguns casos, relacioná-los a práticas sociais, como consumo de materiais, análises laboratoriais no cotidiano (exames médicos, rótulos) e implicações de processos químicos na vida urbana. Esses elementos revelam um deslocamento parcial em direção à dimensão socioquímica, ainda que de forma embrionária e não sistematizada.

Apesar dessas diferenças, os dados mostram que, em ambos os grupos, não aparecem elementos característicos da dimensão crítico-reflexiva. São raras, ou inexistentes, referências a debates sobre impactos ambientais, desigualdades socioeconômicas, riscos tecnológicos, decisões políticas relacionadas à química ou controvérsias científicas. Tal ausência sugere que a contextualização praticada pelos participantes permanece restrita aos domínios da aplicabilidade e da funcionalidade da química, em consonância com o padrão identificado na literatura brasileira, que aponta dificuldades em promover abordagens críticas e sociopoliticamente orientadas no ensino de ciências (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

No conjunto, os resultados indicam que os professores em formação mobilizam predominantemente uma contextualização de caráter motivacional e ilustrativo, situada no nível da química aplicada, enquanto os professores atuantes demonstram maior capacidade de integrar propriedades e fenômenos às práticas sociais, aproximando-se parcialmente da socioquímica, mas ainda sem avançar para problematizações mais amplas. Essa tendência reforça a necessidade de ações formativas que promovam o desenvolvimento de um olhar crítico e sociotécnico, ampliando a compreensão da química como prática cultural, política e mediadora de questões contemporâneas.

- **Relevância do aprendizado de ligações químicas**

A análise das respostas da questão 3 evidencia que tanto os professores em formação quanto os professores atuantes reconhecem a centralidade das ligações químicas para o ensino de Química, ainda que com ênfases e níveis de aprofundamento distintos. De modo geral, ambos os grupos afirmam que

compreender as ligações químicas é essencial para interpretar a constituição da matéria, explicar propriedades de substâncias e articular relações entre fenômenos micro- e macroscópicos. Essa compreensão está alinhada aos documentos orientadores, como a BNCC (Brasil, 2018), o Currículo em Movimento do DF e as matrizes do ENEM e do PAS/UnB, que valorizam a mobilização de modelos explicativos na interpretação de situações concretas do cotidiano.

Entre os professores em formação, observa-se um discurso marcado por justificativas amplas e, em alguns casos, genéricas, que situam o estudo das ligações químicas como a “base de tudo na química” ou “essencial”. Além disso, parte desse grupo destaca elementos como curiosidade, motivação e relevância para a formação científica, como exemplificado na afirmação: “Provocar a curiosidade de que existe algo além do que é possível ver, que influencia diretamente nosso dia a dia”. Em diversas respostas, a importância atribuída às ligações químicas aparece associada à capacidade de articular aspectos submicroscópicos com propriedades e aplicações dos materiais, como expressa na fala: “O entendimento das ligações químicas é fundamental para entender as características dos materiais e substâncias que participam do nosso cotidiano”.

Contudo, emergem também respostas que evidenciam a influência de pressões externas sobre a prática docente, especialmente aquelas relacionadas a exames seletivos. Nesse sentido, afirmações como “Na prática, eu resumiria a ‘não ficar pra trás’ ou na desvantagem, já que química pode estar entre os pré-requisitos de um vestibular, curso ou concurso” revelam uma visão mais conteudista e fortemente orientada pela lógica dos exames. Tal perspectiva indica tensões presentes na profissão docente, frequentemente marcada pela sobrecarga e pela precarização, o que suscita a reflexão sobre os limites do engajamento individual diante das condições estruturais de trabalho.

Por outro lado, as respostas dos professores atuantes revelam maior maturidade profissional e um entendimento relativamente mais aplicado do conteúdo. Nesse grupo, são recorrentes menções à articulação entre fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, como expresso em: “O entendimento das ligações permite que o estudante correlacione as outras partes da vida aos fenômenos químicos e físicos, e associe os conceitos de forma a ser crítico”. Contudo, essa percepção não se confirma

integralmente nos dados da presente investigação, uma vez que a maioria dos participantes se encontra predominantemente no nível da química aplicada, demonstrando dificuldades em avançar para explicações que articulem modelos abstratos e interpretações de maior complexidade. Além disso, permanecem presentes entre os professores atuantes respostas genéricas, como “Altíssima” ou “É primordial e super importante para entender várias outras matérias de química”, o que indica que a transição para um ensino crítico-reflexivo ainda enfrenta obstáculos relevantes, seja por limitações estruturais, seja por rotinas pedagógicas já consolidadas.

Outro ponto de contraste importante refere-se à função atribuída ao conteúdo no desenvolvimento da visão de mundo dos estudantes. Entre os licenciandos, aparecem justificativas de caráter mais amplo, como “conhecimento nunca é demais” ou “Instigar a curiosidade, busca por respostas, aprendizado do método científico: esse é o papel do ensino das ciências”. Já os professores atuantes tendem a explicitar com maior clareza a relação entre o ensino de ligações químicas e o desenvolvimento de competências previstas nas políticas curriculares atuais, ao destacar a necessidade de levar o estudante a “relacionar modelos microscópicos às propriedades macroscópicas”, “compreender fenômenos do dia a dia”, “pensar de forma crítica” e “perceber a presença da química em diferentes materiais e processos”. Essa diferença sugere que a experiência docente amplia a percepção da função epistêmica do conteúdo e de sua potencialidade para desenvolver habilidades como análise crítica, resolução de problemas, argumentação e tomada de decisão fundamentada em evidências.

Em síntese, embora professores em formação e professores atuantes reconheçam a importância das ligações químicas, suas justificativas evidenciam níveis distintos de complexidade e aprofundamento. Os licenciandos apresentam uma visão mais geral, motivacional e frequentemente centrada no caráter introdutório do conteúdo, enquanto os professores atuantes articulam, em maior medida, elementos conceituais, fenômenos concretos e competências previstas nos documentos curriculares. Essa diferença indica que a experiência profissional contribui para consolidar uma compreensão mais integrada, contextualizada e crítica do ensino das ligações químicas.

- **Dificuldades de contextualização de ligações químicas**

A análise das respostas evidencia que tanto os professores em formação quanto os professores atuantes reconhecem que o ensino de ligações químicas apresenta um conjunto de desafios didáticos, conceituais e estruturais. Entretanto, os dois grupos enfatizam dificuldades de naturezas distintas, o que revela contrastes importantes entre aqueles que ainda vivenciam a formação inicial e aqueles que já atuam de maneira contínua na prática docente.

Entre os professores em formação, observa-se que as dificuldades são atribuídas majoritariamente a fatores externos e estruturais, como a falta de tempo, a escassez de recursos didáticos e a ausência de apoio da gestão escolar. Esses elementos aparecem articulados à percepção de que a Química é uma disciplina de elevada complexidade, cujo entendimento demanda esforço teórico robusto, domínio de representações simbólicas e apropriação de regras e diagramas. Para esses licenciandos, o principal obstáculo reside na natureza abstrata do conteúdo e na dificuldade de promover a aprendizagem em contextos com acesso limitado a laboratórios. Essa percepção é exemplificada na resposta do participante L19: “A forma como o conceito é abstrato, os alunos não veem os átomos e aí não conseguem construir o conhecimento ou ligar a algum conhecimento prévio. Além disso, há a limitação de tempo e de infraestrutura em algumas escolas para fazer experimentos.”

Entre os professores atuantes, por sua vez, observa-se uma ênfase mais nítida na dificuldade de articular o nível submicroscópico ao nível macroscópico, perceptível no cotidiano, ainda que reconheçam que essa articulação seja essencial para a aprendizagem significativa. Esse desafio é frequentemente associado à fragilidade conceitual prévia dos estudantes e à dificuldade de abstração. Além disso, os professores atuantes reconhecem com maior clareza que as dificuldades não se restringem aos aspectos conceituais, abrangendo também fatores motivacionais, sobretudo no que se refere ao engajamento limitado dos estudantes nas atividades propostas. A resposta do participante A3 sintetiza essa percepção: “Os estudantes não entendem o abstrato. Para a maioria, não faz sentido entender o ‘por trás’ da substância gerada e não liga para as reações. FALTA ENGAJAMENTO DA PARTE DELES.” O uso de letras maiúsculas, nesse caso, evidencia de forma expressiva a insatisfação do docente em relação à falta de engajamento discente.

De forma geral, os dados mostram que os professores em formação tendem a interpretar as dificuldades predominantemente como barreiras externas e estruturais, enquanto os professores atuantes reconhecem uma complexidade mais profunda, que envolve limitações conceituais, epistemológicas e motivacionais dos estudantes. Essa diferença reforça a necessidade de que a formação inicial desenvolva estratégias de ensino capazes de favorecer a visualização, a experimentação e o uso de modelos computacionais para promover a contextualização, contribuindo para que futuros docentes ampliem sua autonomia pedagógica ao lidar com conteúdo abstrato, como o de ligações químicas.

Por fim, ressalta-se que nenhum dos participantes mencionou a formação continuada como dificuldade ou possível caminho para enfrentar os déficits relatados. Essa ausência de referência pode indicar que tais docentes não recorrem, ou não reconhecem plenamente, a formação continuada como uma estratégia para superar os desafios conceituais, didáticos e motivacionais identificados, apesar de sua relevância amplamente reconhecida na literatura e nas políticas educacionais.

4.2 Proposta de Sequência Didática: Ligações Químicas sob uma Perspectiva crítico-reflexiva.

Como evidenciado nas respostas dos participantes, as contextualizações apresentadas situaram-se majoritariamente no nível da Química aplicada, o que revela uma tendência a abordar o tema de ligações químicas em relação a sua utilidade na vida cotidiana, mas ainda distante de níveis mais críticos e reflexivos. Além disso, o ensino de ligações químicas apresenta dificuldades históricas e epistemológicas, marcadas pela elevada abstração dos conceitos e pela sua função estruturante para diversos outros conteúdos da Química. Diante disso, torna-se evidente a necessidade de propor abordagens capazes de relacionar as ligações químicas a questões sociais, históricas, econômicas, tecnológicas, políticas e ambientais. Nesse sentido, buscou-se integrar algumas das contextualizações apresentadas pelos participantes, de modo a tornar o ensino mais crítico e significativo.

Entretanto, atingir os níveis da Química crítico-reflexiva referentes ao conceito de ligação química em apenas uma aula mostra-se inviável. A construção gradual desses entendimentos, ao longo de uma sequência didática, constitui estratégia mais adequada para favorecer a aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento científico. Ressalta-se que o objetivo é contemplar os três níveis do tetraedro; para isso, algumas aulas devem concentrar-se na química aplicada, enquanto outras devem assumir um caráter mais crítico e orientado à problematização, como nos níveis da socioquímica e da química crítico-reflexiva.

Aula Prática 1 – Materiais e propriedades das ligações químicas

- **Conceitos prévios:** substâncias e materiais; constituição e propriedades da matéria; evolução dos modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr); organização da Tabela Periódica.
- **Conceitos formais abordados:** ligações químicas presentes em materiais do cotidiano.
- **Problematização:** *Quais propriedades podem ser identificadas nos diferentes tipos de materiais?*

De que maneira essas propriedades determinam suas funções e usos sociais, tecnológicos e industriais?

- **Contextualização:** O professor deve iniciar a aula com a apresentação de diferentes materiais, tais como água deionizada, água mineral, açúcar, sal de cozinha, óleo, joias e bijuterias, cabos elétricos revestidos com borracha, distintos tipos de plásticos, uma panela. Recomenda-se, ainda, utilizar como exemplos os materiais dos próprios estudantes, como suas vestimentas e seus itens escolares. Inicialmente, é importante evidenciar que esses materiais se encontram em estados físicos distintos e questionar os alunos sobre as possíveis razões para essa diferenciação. A partir dos objetos apresentados, o professor pode indagar sobre a utilidade de cada material no cotidiano e sobre o que ocorre com eles quando submetidos às suas funções específicas, por exemplo, o aquecimento de uma panela.

No caso da panela, sua composição inclui um metal para possibilitar o cozimento dos alimentos e outro material, como madeira ou um plástico, utilizado no cabo para permitir sua manipulação mesmo quando aquecida. Nesse ponto, o docente pode questionar se um polímero como o PET seria adequado para a confecção do cabo da panela e, em seguida, evidenciar que muitos materiais não apresentam resistência ao calor necessária para tal função, sendo mais apropriados para outras aplicações, como garrafas destinadas ao armazenamento de líquidos. Também é possível realizar misturas simples, como água e sal ou água e óleo, para que os estudantes observem seus comportamentos. Recomenda-se registrar na lousa palavras-chave provenientes das respostas dos alunos, com o intuito de sintetizar as propriedades macroscópicas identificadas nos materiais apresentados.

O objetivo é construir, a partir da realidade observada pelos estudantes, a compreensão de que os materiais possuem composições distintas e que suas propriedades químicas influenciam diretamente suas aplicações na sociedade. Para concluir essa primeira etapa da contextualização, o docente deve questionar os alunos sobre a origem dos materiais apresentados, destacando que todos esses compostos são produtos refinados derivados de matérias-primas provenientes da natureza.

Para aprofundar as diferenças entre as propriedades dos materiais, recomenda-se a realização do experimento de condutividade elétrica proposto no capítulo 9 do livro *Química 1 – Manual do Professor*, de Montier e Machado (2013). Os estudantes devem ser organizados em grupos, recebendo pequenas amostras dos materiais apresentados no início da aula, um testador de condutividade elétrica e uma tabela periódica. Nesse momento, pode-se identificar superficialmente a composição de alguns materiais, com o propósito de estimular os alunos a formular hipóteses sobre a teoria que será posteriormente discutida.

- **Atividade:** Será entregue um questionário no qual o estudante deverá registrar as observações realizadas para cada material testado,

indicando a presença ou a ausência de condução de corrente elétrica, bem como elaborar hipóteses que expliquem o comportamento observado. Além disso, o instrumento incluirá questões sobre a origem dos materiais analisados e sobre os conceitos formais que fundamentam o fenômeno, a serem respondidas posteriormente.

- **Conclusão:** Ao final da aula, o professor deve sintetizar os principais pontos discutidos e explicitar que as propriedades dos materiais são determinadas pelo tema a ser abordado na próxima aula: as ligações químicas.
- **Atividade extraclasse:** realização de um questionário reflexivo sobre a aula experimental.

Aula Expositiva 2 – Conceitos Estruturantes das Ligações Químicas

- **Conceitos prévios:** substâncias e misturas, constituição e propriedades da matéria, evolução dos modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr) e organização da Tabela Periódica.
- **Conceitos formais abordados:** regra do octeto, os tipos de ligação química (iônica, covalente e metálica) e as representações por meio de fórmulas moleculares e eletrônicas.
- **Problematização:** *Quais são os principais conceitos de ligação química que permitem compreender as propriedades da matéria?*

Como esses conceitos foram desenvolvidos e aprimorados ao longo da evolução das teorias e modelos químicos?

- **Contextualização:** Retomar os conteúdos da aula anterior, estabelecendo relações entre os materiais analisados, suas propriedades observadas e os resultados do experimento realizado. O professor deve questionar os estudantes sobre o que compreenderam a partir do experimento e de suas pesquisas extraclasse, sintetizando as

propriedades associadas às ligações químicas e evidenciando que, sem a condutividade elétrica, a compreensão desses conceitos seria limitada.

É fundamental destacar que a construção do conhecimento científico envolve esforços coletivos e multidisciplinares, ao mesmo tempo em que é permeada por disputas e debates no meio acadêmico. Para aprofundar essa discussão, o professor deve apresentar as contribuições de Gilbert N. Lewis, situando sua proposta do átomo cúbico como base para a formulação da regra do octeto por Irving Langmuir (1919) e para o desenvolvimento das representações eletrônicas das ligações químicas. Deve-se ressaltar que a regra do octeto, inspirada na estabilidade dos gases nobres, representou um marco para a compreensão das interações entre átomos.

- **Atividade:** Serão apresentadas, no quadro, diferentes fórmulas moleculares a partir das quais os estudantes deverão construir as estruturas de Lewis. A atividade favorece a síntese inicial e a aplicação dos conceitos trabalhados. Posteriormente, podem ser introduzidas moléculas que expandem ou não seguem a regra do octeto, a fim de demonstrar que esse modelo, embora útil, não é suficiente para explicar todos os comportamentos observados na matéria.
- **Conclusão:** Busca-se problematizar o ensino da regra do octeto, discutindo suas limitações na explicação das propriedades da matéria. Em seguida, realiza-se uma introdução às contribuições de Linus Pauling, destacando que suas propostas, fundamentadas na mecânica quântica, permitiram superar as limitações da regra do octeto e aprofundar a compreensão sobre a estrutura e o comportamento das substâncias químicas.
- **Atividade extraclasse:** Elaboração de um mapa mental correlacionando os conceitos simbólicos das ligações químicas às suas propriedades macroscópicas.

Aula Expositiva 3 – Contribuições de Linus Pauling e a Mecânica Quântica

- **Conceitos prévios:** Regra do octeto; ligações iônicas, covalentes e metálicas; fórmulas estruturais; diagramas de distribuição eletrônica.
- **Conceitos formais abordados:** contribuições de Linus Pauling para a geometria molecular.
- **Problematização:** *Quais são os conceitos atuais de ligação química e de que forma eles se diferenciam das concepções clássicas?*

Como os átomos se organizam no espaço para formar as diferentes estruturas moleculares?

- **Contextualização:** A aula será conduzida de forma expositiva dialogada, com o apoio de slides que evidenciem as rupturas epistemológicas associadas ao advento da mecânica quântica. Nesse contexto, Linus Pauling deve ser apresentado como o pesquisador que incorporou princípios da física moderna ao estudo das ligações químicas, reformulando as concepções vigentes ao propor o conceito de orbitais híbridos.

Não se pretende explicar detalhadamente a mecânica quântica, mas possibilitar que os estudantes compreendam que existem teorias mais abrangentes capazes de explicar um conjunto maior de fenômenos observados. Dadas as limitações do ensino básico, é fundamental que reconheçam a relevância da regra do octeto e da busca pela estabilidade eletrônica como base para o entendimento introdutório das interações químicas.

A contextualização deve destacar que o avanço científico ocorre por meio de mudanças de paradigma, conforme a perspectiva kuhniana, de modo que novos modelos teóricos emergem para superar as limitações explicativas de concepções anteriores. Essa abordagem permite que os estudantes compreendam a natureza evolutiva do conhecimento científico e reconheçam a transição dos modelos clássicos para os modelos quânticos como parte desse processo histórico (Pacheco; Freitas-Reis, 2020).

Para ilustrar os orbitais atômicos e as geometrias moleculares, recomenda-se o uso de modelos virtuais, como os disponíveis na plataforma ChemTube3D ou no PhET Colorado, os quais auxiliam na visualização tridimensional das moléculas e na compreensão da influência dos pares de elétrons livres na geometria final. Na ausência de recursos digitais, é possível utilizar modelos físicos, conforme exemplificado por Lima (2024) na Química Nova na Escola, que apresenta alternativas acessíveis para a representação tridimensional de estruturas moleculares.

- **Atividades:** Construção de modelos moleculares: uso de simuladores computacionais (como PhET Colorado) ou, na falta de recursos tecnológicos, confecção de modelos com jujubas e palitos. O objetivo é favorecer a visualização das estruturas espaciais das substâncias.
- **Conclusão:** Encerramento com a retomada da importância das contribuições de Linus Pauling para o entendimento moderno das ligações químicas, destacando que seus modelos permitiram explicar a diversidade de propriedades observadas nas substâncias.
- **Atividade extraclasse:** Resolução de uma lista de exercícios de vestibulares e do ENEM sobre ligações químicas, geometria molecular e fórmulas químicas, com o objetivo de desenvolver a interpretação conceitual e a argumentação científica.

Aula prática 4 – Polaridade e Impactos Sociais de Pigmentos

- **Conceitos prévios:** Ligações iônicas, metálicas e covalentes; geometria molecular; e eletronegatividade.
- **Conceitos formais abordados:** Polaridade das ligações e das moléculas e solubilidade
- **Problematização:** *Como as propriedades químicas das ligações influenciam nossa identidade cultural e o meio ambiente?*

- **Contextualização:** Nesta aula, propõe-se discutir como as propriedades químicas, especialmente a polaridade, estão diretamente relacionadas às aplicações tecnológicas e ambientais das substâncias. O professor iniciará a discussão apresentando o uso de pigmentos em diferentes sociedades, destacando sua função social na construção das identidades culturais.

É importante dar ênfase ao uso do urucum e do jenipapo pelos povos indígenas brasileiros na pintura corporal, evidenciando como esses pigmentos contribuem para a expressão cultural, para a elaboração de grafismos e para a afirmação das identidades coletivas.

- **Atividades:** Os alunos serão organizados em grupos para testar a solubilidade dos pigmentos de urucum, jenipapo verde e açafrão da terra em diferentes solventes, como água, álcool, acetona e óleo. Posteriormente, as soluções produzidas serão utilizadas para pigmentar pequenos pedaços de tecido, permitindo observar a relação entre polaridade e dissolução na prática.
- **Conclusão:** Ao final, cada aluno receberá um questionário com perguntas discursivas sobre o que foi observado e sobre as razões dos fenômenos ocorridos, além de questões introdutórias ao tema da próxima aula, que abordará as interações intermoleculares. O objetivo é incentivar a busca ativa por respostas e promover uma postura mais participativa, favorecendo o diálogo posterior em sala de aula.
- **Atividade extraclasse:** realização de um questionário reflexivo sobre a aula experimental.

Aula expositiva 5 – Ligações Químicas e os impactos sociais e ambientais da indústria têxtil

- **Conceitos prévios:** ligações iônicas, covalentes e metálicas, técnicas de separação de misturas.

- **Conceitos formais abordados:** Polaridade e Interações intermoleculares (forças de Van der Waals, dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio); propriedades físicas da matéria (estados da matéria, solubilidade e condutividade).
- **Problematização:** *De que maneira os conceitos químicos permitem compreender criticamente os impactos socioambientais da indústria têxtil?*

Quais limites e possibilidades esse conhecimento oferece na construção de soluções sustentáveis em níveis individual, institucional e governamental?

- **Contextualização:** A aula deve iniciar com uma retomada dialogada da prática realizada anteriormente, recuperando aquilo que os estudantes compreenderam sobre os conceitos formais investigados no questionário. Em seguida, deve-se sintetizar as observações realizadas à luz das ideias de eletronegatividade propostas por Linus Pauling, destacando como tais conceitos foram fundamentais para compreender as interações intermoleculares. Na sequência, propõe-se avançar para a compreensão de como essas interações influenciam as propriedades dos compostos iônicos, metálicos e covalentes. Busca-se, também, relacionar esses conceitos aos processos de obtenção e transformação de materiais na indústria.

Com esse propósito, apresenta-se uma síntese geral sobre a indústria têxtil, destacando seus impactos ambientais e sociais, especialmente aqueles associados ao modelo de *fast fashion* e ao uso das roupas como forma de expressão identitária. Esse debate deve articular a pintura corporal indígena como forma de identidade de diferentes povos indígenas brasileiros e correlacionar isso a diferentes subgêneros da moda, como estilos góticos e mandracas, evidenciando como os pigmentos e as fibras, produzidos a partir de distintos compostos químicos, influenciam práticas culturais, sociais e ambientais.

Por fim, destaca-se que a compreensão das ligações químicas possibilita classificar de maneira mais precisa os compostos em orgânicos e inorgânicos, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico dessas aplicações.

- **Atividades:** Elaborar um texto que responda às duas questões apresentadas na problematização, exercitando o pensamento crítico desses estudantes.
- **Conclusão:** Aqui pode-se pedir a alguns alunos que compartilhem suas respostas a fim de promover um debate em sala de aula sobre a problematização da aula. Encerra-se essa sequência, destacando a importância de compreender os conceitos de ligações químicas para a explicação dos fenômenos físicos e químicos da matéria, evidenciando que esses conceitos permanecem fundamentais para a consolidação da classificação dos compostos inorgânicos e orgânicos.

Essa sequência foi idealizada com o propósito de integrar as principais ideias apresentadas pelos participantes da pesquisa. Durante sua elaboração, optou-se por desenvolver cada aula em um nível distinto do tetraedro proposto por Sjöström e Talanquer (2014). Tal decisão buscou garantir uma abordagem gradual e articulada entre os aspectos conceituais, aplicados e sociocientíficos das ligações químicas. Além disso, reconhecem-se as limitações enfrentadas pelo ensino escolar brasileiro, frequentemente marcado por pressões externas por resultados em avaliações em larga escala, por demandas da gestão escolar e por dificuldades de acesso a recursos materiais. Tais condições influenciam diretamente as possibilidades de implementação de práticas pedagógicas mais investigativas e contextualizadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo analisar de que maneira professores em formação e professores atuantes contextualizam o ensino de ligações químicas, identificando os conceitos mobilizados, os recursos didáticos utilizados, as dificuldades enfrentadas e como suas formas de contextualização se relacionam com os níveis do tetraedro proposto por Sjöström e Talanquer (2014). A partir da análise das respostas de 32 participantes, foi possível identificar tendências formativas distintas e desafios comuns na abordagem desse conteúdo estruturante da Química escolar.

Os resultados evidenciam que ambos os grupos reconhecem a centralidade das ligações químicas para a compreensão da constituição da matéria, das propriedades das substâncias e das relações entre fenômenos submicroscópicos e macroscópicos. Contudo, essa percepção não se traduz de forma equivalente em suas práticas de contextualização. Entre os licenciandos, predominam concepções amplas e frequentemente genéricas, associadas à noção de “aproximar o conteúdo do cotidiano”. Esse padrão revela uma contextualização situada majoritariamente no nível da química aplicada, com caráter motivacional e descritivo, pouco articulada às práticas sociais, às dimensões críticas ou a problematizações sociocientíficas.

Entre os professores atuantes, embora também prevaleça o nível da química aplicada, observam-se movimentos mais consistentes rumo à socioquímica, sobretudo quando relacionam propriedades dos materiais a usos tecnológicos, processos urbanos, exames clínicos e situações concretas do cotidiano. Esses achados reforçam que a experiência docente contribui para ampliar e consolidar práticas de contextualização, ainda que não tenham sido identificados elementos característicos da dimensão crítico-reflexiva entre nenhum dos participantes. Tais resultados dialogam com a literatura discutida neste trabalho, que evidencia recorrentes dificuldades na promoção de abordagens críticas e sociopoliticamente orientadas no ensino de Ciências (Sjöström e Talanquer, 2014; Wartha, Silva e Bejarano, 2013).

A análise dos recursos didáticos reforça essas tendências. Os licenciandos apresentam repertório diversificado, incluindo vídeos, simulações, jogos e modelos

simples, porém sua utilização ocorre sobretudo como estratégia de visualização de conceitos abstratos. Já os professores atuantes articulam recursos digitais, experimentações e exemplos cotidianos a objetivos de aprendizagem mais delimitados, o que evidencia maior repertório pedagógico. Entretanto, mesmo entre esses docentes, os recursos são majoritariamente empregados em função da compreensão conceitual, permanecendo limitada a integração de dimensões sociais, ambientais ou políticas.

As dificuldades relatadas pelos participantes também diferem entre os grupos. Professores em formação destacam barreiras estruturais, como a falta de recursos, de tempo e de apoio institucional, associadas à percepção de que o conteúdo apresenta elevado grau de abstração. Professores atuantes, por sua vez, reconhecem desafios epistemológicos e pedagógicos semelhantes, mas enfatizam de forma mais explícita a baixa participação e o pouco engajamento dos estudantes, mesmo diante de propostas diversificadas de ensino. Esses dados reforçam a importância de esforços coletivos envolvendo docentes, escola, estudantes e famílias, voltados ao desenvolvimento de competências relacionadas à transposição didática, ao uso intencional de recursos pedagógicos e à construção de práticas contextualizadas mais integradoras.

A sequência didática proposta ao final deste trabalho busca responder parcialmente a essas lacunas ao articular práticas já consolidadas entre docentes a elementos crítico-reflexivos. As aulas práticas antecedem a apresentação formal dos conteúdos, favorecendo a postura investigativa dos estudantes, enquanto as aulas expositivas são estruturadas para problematizar tanto a construção dos conceitos formais frequentemente apresentados nos livros didáticos quanto a aplicabilidade, obtenção e produção dos materiais presentes no cotidiano e seus consequentes impactos na sociedade e no meio ambiente. Desse modo, busca-se alinhar o ensino de Química a questões históricas, sociais, ambientais, econômicas e políticas por meio de uma proposta sistematizada.

Em síntese, conclui-se que, embora professores em formação e atuantes reconheçam a relevância das ligações químicas, suas práticas de contextualização permanecem concentradas principalmente na dimensão aplicada, com avanços pontuais rumo à socioquímica entre os docentes atuantes e ausência de abordagens

crítico-reflexivas. Esses resultados evidenciam a necessidade urgente de investir em processos formativos que ampliem a compreensão epistemológica da Química, integrem os diferentes níveis representacionais e promovam práticas pedagógicas que articulem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente de maneira mais profunda.

Como recomendação, sugere-se que futuras pesquisas incluam entrevistas, observações de aula e análise de planos de ensino, de modo a aprofundar a compreensão dos sentidos atribuídos à contextualização e das condições reais de trabalho dos docentes, além da aplicação efetiva da sequência proposta. Ressalta-se, ainda, a importância de políticas institucionais e curriculares que incentivem práticas mais críticas, reflexivas e socialmente situadas, contribuindo para a formação de estudantes capazes de interpretar e intervir no mundo contemporâneo por meio dos conhecimentos da Química.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

BARBOSA, Rose Marie Yuquie Oshiro. AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. 2701–2708, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i7.14977> Acesso em: 24 jul. 2025.

BEZERRA, A. da S.; SILVA, R. R. da. Ligações químicas. As primeiras teorias. **Educación química**, v. 12, n. 3, p. 179, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.3.66346> Acesso em: 7 set 2025.

CAMPOS, Marlon Freitas de; VIEGAS, Moacir Fernando. SAÚDE MENTAL NO TRABALHO DOCENTE: um estudo sobre autonomia, intensificação e sobrecarga. **Cadernos de Pesquisa**, v. 28, n. 2, p. 417–437, 29 Jun 2021 Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/13270>. Acesso em: 4 set 2025.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. *Currículo em movimento do ensino médio*. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.educacao.df.gov.br/pedagogico-curriculo-em-movimento/> Acesso em: 19 out. 2025

FERRAZ, A. P. DO C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & produção**, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>. Acesso em: 19 jul. 2025

FILGUEIRAS, C. A. L. Assuntos Gerais: Gilbert lewis e o centenário da teoria de ligação por par de elétrons. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 2, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160171> Acesso em: 24 out. 2025

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: **Paz e Terra**, 1996.

GERALDO, A. C. H. Didática de Ciências Naturais na Perspectiva Histórico-Crítica. 2ª ed. Campinas, SP: **Autores Associados**, 2014. (Coleção formação de professores)

GUGLIOTTI, Marcos. Irving Langmuir: O Milagre da Ciência. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 568–572, 2001. Disponível em: https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=721 Acesso em: 21 out. 2025

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Matriz de Referência do ENEM**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf>. Acesso em: 30 set. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA (IFB). *Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Química*. Brasília, DF: IFB, 2020. Disponível em: <https://www.ifb.edu.br/index.php/estude-no-ifb?id=3435>. Acesso em: 22 jul. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA (IFB). Plano de Curso Curso Técnico em Química na Forma Articulada Integrada ao Ensino Médio Brasília, DF: IFB, 2020. Disponível em: <https://www.ifb.edu.br/reitori/18906>. Acesso em: 22 jul. 2025.

LIMA, J. A. Contextualização no ensino de química na educação Básica: uma estratégia para promoção de aprendizagem significativa. **Revista Docentes**, [S. l.], v. 4, n. 9, 2019. Disponível em: <https://periodicos.seduc.ce.gov.br/revistadocentes/article/view/77>. Acesso em: 5 nov. 2025.

LIMA P. W., Rayanne *et al.* Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática. **Química Nova na Escola**, v. 46, n. 2, p. 81–88, 2024. Disponível em: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc46_2/03-EA-40-23.pdf. Acesso em: 5 nov. 2025.

PAULING, L. G. The Chemical Bond. **Elsevier**, 1992. p. 282–283

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 9, n. 2, p. 191–211, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200004>. Acesso em: 19 jul. 2025

NEVES, L. S.; FARIAS, R. F. **História da química**: um livro-texto para a graduação. Campinas, SP: Átomo, 2008.

PACHECO, E. DE A.; CAMARGO, A. M. M. DE. A formação continuada de professores no Brasil e no Chile na perspectiva da Unesco em uma revisão da literatura. **Zenodo**, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.10445842> Acesso em: 03 out. 2025.

PACHECO, Leonardo; FREITAS-REIS, Ivoni. Os alicerces científicos de Linus Pauling em sua história. **Revista Ponto de Vista**, v. 12, n. 1, p. 01–21, 2023. [10.47328/rpv.v12i1.15723](https://doi.org/10.47328/rpv.v12i1.15723) Acesso em: 21 out. 2025.

RODRIGUES, T. D. DE F.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, J. A. AS PESQUISAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS NA EDUCAÇÃO. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 154-174, 25 dez. 2021. Disponível em: <https://revistaprisma.emnuvens.com.br/prisma/article/view/49>. Acesso em: 19 jul. 2025.

RODRIGUES, T.S.; SILVA, F.K.D.; PASTORIZA, B.S.; SANGIOGO, F.A.; SOARES A.C.; SILVA, V.S. Análise sobre as formas de apresentação do conhecimento químico: o conceito de ligações químicas em livros didáticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 428–438, nov. 2022. Disponível em: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc44_4/07-EQF-17-22.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025

ROMÃO, I. C.; PINHEIRO, N. A. P.; CRISTINO, J. H. S.; ROCHA, N. M. Análise da contextualização dos conteúdos de química nas questões do exame nacional do ensino médio (ENEM). **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 10215–10224, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-692. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23836>. Acesso em: 28 nov. 2025.

SANTOS, R. S.; PEREIRA, L. M. de S.; MARQUES, F. de M.; COSTA, N. C. F. da; OLIVEIRA, P. S. de. Perfil socioeconômico e expectativa docente de ingressantes no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. **Revista Eletrônica de Educação**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 293–303, 2014. Disponível em:

<https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/892>. Acesso em: 19 jul. 2025.

SAVIANI, D. *Pedagogia Histórico-Crítica*, quadragésimo ano [livro eletrônico]: novas aproximações. 1ª Edição. Campinas, SP: **Autores Associados**, 2019.

SILVA, V. S. da; SILVA, F. K. D. da; ANJOS, J. da S. dos; SOARES, A. C.; PASTORIZA, B. dos S. As ligações químicas propostas por Lewis: uma perspectiva epistemológica sobre a natureza deste conceito. **Química Nova**, São Paulo, Vol. 48, No. 4, e-20250110, 1-10, 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20250110> acesso em: 08 out. 2025.

SJÖSTRÖM, J. & TALANQUER, V. (2014). Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization. **Journal of Chemical Education**, 91(8), 1125–1131. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed5000718>. Acesso em: 07 out. 2025.

SOUSA, R. S. de. O texto na análise textual discursiva: uma leitura hermenêutica da “tempestade de luz”. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 8, n. 19, p. 641–660, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33361/RPQ.2020.v.8.n.19.363> Acesso em: 18 jul. 2025

SOUZA, I. L. N. de; AIRES, J. A. Construção coletiva da ligação química por químicos: Um estudo sobre a emergência de um fato científico. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 15, n. 2, p. 516–540, 2022.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200003>. Acesso em: 05 out. 2025.

TÉLLEZ, S. C. A. O atomismo de Leucipo e Demócrito. **Química Nova**, v. 15, n. 1, p. 95, 1992. Disponível em: [http://submission.quimicanova.sbg.org.br/qn/qnol/1992/vol15n1/v15_n1_%20\(15\).pdf](http://submission.quimicanova.sbg.org.br/qn/qnol/1992/vol15n1/v15_n1_%20(15).pdf) Acesso em: 15 out. 2025.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB). *Documento norteador do Programa de Avaliação Seriada – PAS/UnB*. Brasília, DF: UnB, 2022. Disponível em: <https://pas.unb.br>. Acesso em: 22 jul. 2025.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013. Disponível em: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/ Acesso em: 23 out. 2025.