



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



GEOVANA DE SOUZA ALMEIDA

**CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

Campo Grande, MS, Brasil
2025

GEOVANA DE SOUZA ALMEIDA

**CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Química da
Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul, como requisito para a defesa e
obtenção do título de Química Licenciada.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana da Silva
Posso

Campo Grande, MS, Brasil
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, pela coragem e pelas portas que se abriram ao longo desta jornada. Foi ele quem me sustentou quando eu pensei em desistir e quem iluminou cada passo que dei até aqui. Sem Sua presença em minha vida, nada disso teria sido possível.

À minha família, ofereço o agradecimento mais especial e carregado de emoção. Obrigada por me apoiarem incondicionalmente, por acreditarem em mim mesmo quando eu mesma duvidei, por cada palavra de incentivo, por cada abraço que me fortaleceu e por todo carinho e amor que me sustentaram nos momentos mais difíceis. Vocês foram meu chão, meu porto seguro e minha maior motivação. Este trabalho é tão meu quanto de vocês. Sem vocês e sem Deus, esta conquista jamais teria acontecido.

À minha orientadora, deixo meu mais profundo reconhecimento e gratidão. Obrigada por me guiar com paciência, dedicação e, sobretudo, humanidade. Seus conselhos, seu cuidado e seu olhar atento foram fundamentais para que este trabalho ganhasse forma e sentido. Cada orientação sua foi um impulso para que eu crescesse não apenas como estudante, mas também como pessoa. Sou imensamente grata por tudo que aprendi ao seu lado.

Agradeço a todos os professores que cruzaram meu caminho ao longo do curso. Cada ensinamento, cada explicação e cada diálogo contribuíram para quem eu sou hoje, não só como profissional, mas também como pessoa.

Aos grupos que fizeram parte da minha trajetória acadêmica (PET-Química UFMS, Residência Pedagógica e Iniciação Científica) deixo minha gratidão. Em especial ao PET- Química UFMS, que marcou profundamente minha formação. Foi ali que cresci, amadureci, enfrentei desafios e descobri capacidades que eu nem sabia que tinha.

Aos meus professores da Prática em Educação Química I e IV, Prof. Dr. Ivo Leite Filho e Prof. Dr. Walmir Garcez, meu agradecimento carinhoso e emocionado. Vocês foram fundamentais para que eu descobrisse minha paixão pela docência. Foram suas aulas, seus ensinamentos, suas orientações e até mesmo seus necessários “puxões de orelha” que me mostraram que a Educação em Química era, de fato, o meu lugar. Vocês despertaram em mim um sentimento genuíno e transformador. Hoje, reconheço

que me tornei a profissional que sou graças à marca que deixaram na minha formação. Serei eternamente grata.

Aos meus alunos, registro um agradecimento cheio de carinho. Obrigada por me lembrarem diariamente da importância e da beleza de ser professora. Em dias em que eu não acreditava em mim, vocês acreditavam. Em momentos em que eu pensei que não estava dando conta, vocês me mostraram o contrário. Vocês fizeram parte do meu crescimento e reforçaram em mim o propósito de seguir na educação.

Deixo também um agradecimento profundamente especial ao meu querido amigo David Monteiro. Sua ausência ainda dói, mas sua presença continua viva na minha memória, no meu coração e em cada passo que dei até aqui. Obrigada pelos conselhos, pelas conversas, pelo apoio sincero e por acreditar em mim de um jeito tão genuíno. Mesmo não estando mais fisicamente ao meu lado, você caminhou comigo nesta jornada. Este trabalho também é para você.

E, por fim, agradeço a mim mesma. Pela força que eu não sabia que tinha, pelas noites mal dormidas, pela persistência diante do cansaço e por não desistir, mesmo quando parecia tentador. Hoje, olho para trás com orgulho e emoção.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
4. METODOLOGIA DO TRABALHO	12
4.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	13
4.2 CONTEXTO ACADÊMICO	13
4.3 ELABORAÇÃO DO PROBLEMA	15
4.4 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO	19
4.4.1 AULA 1: REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES INORGÂNICAS EM MEIO AQUOSO	19
4.4.2 AULA 2: SITUAÇÃO-PROBLEMA	21
4.4.3 AULA 3: RESOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES DO AULA 1 E RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1 AULA 1: AULA EXPERIMENTAL DE REAÇÕES INORGÂNICAS EM MEIO AQUOSO	24
5.2 AULA 2: SITUAÇÃO-PROBLEMA	28
5.3 AULA 3: RETOMADA DOS CONTEÚDOS DA AULA 1 E 2	32
5.4 DIÁRIO DE CAMPO E OBSERVAÇÕES DA DOCENTE	34
6. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APÊNDICES	43

RESUMO

O ensino de Química na formação inicial de professores enfrenta desafios relacionados à compreensão conceitual e à capacidade de articular teoria e prática, especialmente no estudo de reações químicas em soluções aquosas. Nesse contexto, estratégias investigativas têm se mostrado promissoras para promover uma aprendizagem mais significativa e protagonismo estudantil, ao aproximar os conteúdos de fenômenos reais e socialmente relevantes. Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi analisar as contribuições de uma sequência de ensino investigativa, ancorada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, para a aprendizagem de reações químicas em soluções aquosas em uma turma de estudantes do curso de Química - Licenciatura da UFMS. A intervenção ocorreu em três aulas articuladas: (i) experimento sobre reações químicas em meio aquoso; (ii) situação-problema baseada no caso Celobar, envolvendo compostos de bário; e (iii) retomada e discussão coletiva das equações e hipóteses produzidas. Os dados foram obtidos por meio das folhas-resposta dos estudantes das aulas e do diário de campo da graduanda regente. Os resultados evidenciaram dificuldades importantes na escrita de equações químicas, na apresentação dos estados físicos dos reagentes e produtos, na aplicação de conceitos básicos de reações químicas e na interpretação do comportamento de carbonatos em meio ácido. Tais dificuldades foram relacionadas ao perfil heterogêneo da turma e à persistência de concepções mecanicistas, como o uso errôneo do modelo de dupla troca aprendido no ensino médio. Por outro lado, observou-se que a proposta investigativa, articulando experimento, problema real e discussão mediada, favoreceu a mobilização de conhecimentos prévios, a análise de evidências e a construção de explicações mais elaboradas, especialmente nos grupos que se envolveram de forma mais ativa nas aulas. Conclui-se que práticas investigativas contextualizadas potencializam a autonomia intelectual e a compreensão conceitual, desde que acompanhadas de retomadas sistemáticas de conteúdos básicos e de mediação atenta às diferenças formativas entre os estudantes.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Ensino de Química; Sequência de ensino investigativa; Reações químicas em solução aquosa.

1. INTRODUÇÃO

A química é uma ciência central que permeia diversas áreas do conhecimento, integrando-se tanto às ciências naturais, como a biologia, quanto às ciências exatas, como a física e a matemática. Entre suas principais áreas tradicionais estão a química orgânica, a inorgânica e a físico-química, que fornecem conceitos, técnicas e inspirações para os demais ramos da disciplina, exercendo influência sobre grande parte do desenvolvimento científico na área (Atkins, 1995).

O avanço da Química ocorre por meio de suas áreas, como a química inorgânica, definida por Torbern Bergman (1777) como o estudo de compostos que não se originam de organismos vivos, em contraponto com a Química Orgânica. Essa subárea é reconhecida tanto pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) quanto pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ).

Como Airoidi (1994) afirma “numa maneira mais simplória e decantada, exclui-se o carbono da tabela periódica e abre-se a célebre conclusão - a Química Inorgânica é, portanto, mais rica”. Esse apontamento evidencia que, ao contrário do que muitas vezes se pensa, a Química Inorgânica não se restringe a fórmulas ou classificações e abarca fenômenos de grande relevância. Desde a constituição da vida como cerca de um terço das enzimas que apresentam metais em seu centro ativo e evidencia o papel essencial dos elementos inorgânicos nos sistemas biológicos.

Diversos fármacos utilizados no tratamento do câncer também contêm metais em sua formulação. No cotidiano, compostos como hidróxidos, carbonatos e óxidos constituem os antiácidos, enquanto os ossos e dentes têm como componente fundamental o fosfato de cálcio.

Dessa forma, a presença da Química Inorgânica em contextos cotidianos, tecnológicos e biológicos evidencia seu potencial para enriquecer o ensino, tornando os conteúdos mais próximos da realidade dos estudantes. No entanto, para que essa aproximação contribua para a aprendizagem, é necessário refletir sobre como esses conhecimentos são trabalhados em sala de aula e quais perspectivas pedagógicas orientam a prática docente. Isso porque, mesmo contando com temas que podem ser conectados à realidade dos estudantes, o ensino de Química ainda é organizado sob modelos pedagógicos tradicionais que pouco valorizam a participação ativa dos estudantes.

Nesse tipo de abordagem, o ensino é compreendido como um processo no qual o professor transmite novas informações aos alunos, que as recebem e memorizam para, posteriormente, utilizá-las em avaliações escolares como forma de demonstrar a assimilação do conteúdo. Nesta tendência pedagógica, o professor é compreendido como o detentor do conhecimento, cabendo ao estudante apenas reproduzir as informações transmitidas. Assim, o docente assume o papel principal, enquanto os estudantes ficam restritos à posição de observadores, acompanhando e registrando o raciocínio apresentado. Segundo Sasseron (s.d, p.177), “o ensino é visto como processo em que o professor apresenta aos alunos novas informações; os estudantes as recebem e memorizam, podendo utilizá-las em situações escolares avaliativas como forma de mostrar a internalização do que foi apresentado.” Tal abordagem desconsidera a construção ativa do conhecimento por parte do aluno, desconsiderando o potencial formativo das interações sociais e das experiências significativas.

A perspectiva pedagógica popularmente conhecida como tradicional também se reflete na forma como as atividades experimentais costumam ser concebidas, tanto na educação básica quanto no ensino superior. Em geral, prevalece uma prática reprodutiva, distante da ciência enquanto processo investigativo, colaborativo e crítico, sustentado em perguntas, hipóteses e construção coletiva de significados. Em vez de favorecer a problematização, a formulação de hipóteses, o uso da linguagem científica e a reflexão sobre os resultados, as atividades experimentais acabam reduzidas à execução de procedimentos previamente definidos pelos professores, com pouca autonomia dos estudantes.

Nessa perspectiva, dentre as alternativas para promover um ensino de Química mais contextualizado, destaca-se a utilização de atividades práticas investigativas fundamentadas em abordagens experimentais. De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), as atividades investigativas no ensino de Ciências devem oportunizar o contato com materiais e instrumentos, a realização de práticas experimentais e a observação de dados, além do uso de diferentes formas de linguagem para expor hipóteses e conclusões. Nessas propostas, a ênfase está no processo de aprendizagem, que ultrapassa a simples assimilação de conteúdos, favorecendo a inserção dos estudantes na cultura científica e o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho científico. Para tanto, é necessário ir além de procedimentos básicos como observação e experimentação, e incluir motivação, reflexão, discussão,

explicação e registro, elementos que aproximam os alunos das características de uma investigação científica.

Na mesma linha, Azevedo (2004, p. 35) destaca que uma atividade investigativa deve estar fundamentada em um contexto problematizador:

Uma atividade de investigação precisa partir de uma situação que provoque questionamentos, levando o aluno a refletir, discutir, explicar e relatar, promovendo a construção do conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e agir. Nesse sentido, o aprendizado de procedimentos e atitudes torna-se tão relevante quanto a aquisição de conceitos e conteúdos. (Azevedo, 2004, p. 35)

O propósito dessa etapa é estimular os estudantes a refletirem sobre os procedimentos realizados até a resolução do problema, bem como revisitar os conceitos apresentados na problematização inicial. Independentemente da natureza do problema escolhido para iniciar todas as atividades devemos contemplar três etapas comuns: a discussão em pequenos grupos de alunos, a abertura das discussões para toda a turma com a mediação do professor, e a produção individual de um texto breve pelos estudantes. Estas etapas permitem que os estudantes desenvolvam habilidades de pensamento crítico, autonomia e capacidade de argumentação, ao mesmo tempo em que consolidam conceitos e procedimentos científicos de forma significativa. A mediação do professor é fundamental para orientar, provocar questionamentos e promover reflexões, garantindo que a experiência investigativa não se limite à execução de tarefas, mas se torne um processo de construção ativa do conhecimento, no qual teoria e prática se articulam de maneira contextualizada e relevante para a aprendizagem.

Diante desse cenário, torna-se necessário repensar as práticas de ensino de Química Inorgânica, aproximando os estudantes de processos investigativos que valorizem a construção ativa do conhecimento. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver estratégias didáticas investigativas para o ensino de Química Inorgânica, com foco na compreensão de reações químicas em soluções aquosas. Fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na abordagem problematizadora de Nery, Liegel e Fernandez (2006), a proposta busca superar práticas mecanizadas,

promovendo a análise de evidências, a resolução de situações reais e a integração entre aspectos conceituais, técnicos e sociais da Química.

2. OBJETIVOS

Analisar as contribuições de uma sequência de ensino investigativa, ancorada na Aprendizagem Significativa de Ausubel, para a aprendizagem de reações químicas em soluções aquosas.

Proporcionar a experiência de uma metodologia investigativa e de resolução de problemas aos estudantes do curso de Licenciatura em Química.

Como objetivos específicos, temos:

- Planejar e implementar uma sequência de ensino investigativa sobre reações químicas em soluções aquosas.
- Avaliar a aplicação de uma atividade prática sobre reações químicas com sais e ácidos, exigindo a representação e o balanceamento de equações químicas.
- Promover a articulação teoria-prática por meio do levantamento de hipóteses, do registro de evidências e da discussão coletiva mediada, incentivando a análise crítica dos dados experimentais.
- Avaliar, por meio de uma análise qualitativa das folhas-resposta dos estudantes e do diário de campo da graduanda, as contribuições da proposta para a aprendizagem significativa, para o desenvolvimento da autonomia investigativa e para a formação de uma postura crítica nos licenciandos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel toma a aprendizagem como processo de assimilação: novas ideias relacionam-se de modo não arbitrário e substantivo com a estrutura cognitiva prévia, desde que existam subsunçores pertinentes, que o conteúdo estabeleça relações substanciais e

lógicas com conhecimentos prévios e que o estudante esteja disposto a relacionar o novo conhecimento ao já sabido (Silveira, 2014, p. 165).

A Teoria da Aprendizagem Significativa apresenta três vantagens essenciais: (i) o conhecimento é retido por mais tempo; (ii) facilita a aprendizagem de conteúdos relacionados - mesmo que a informação original venha a ser esquecida; e (iii) quando o conteúdo é esquecido, a aprendizagem é facilitada. Para que o processo se efetive, requer-se três condições básicas: (1) a significatividade lógica do material (estrutura interna não arbitrária/confusa e apresentação docente que favoreça relações substantivas); (2) a significatividade psicológica (existência e ativação de conhecimentos prévios pertinentes, incluindo mediações afetivas e sociocognitivas que os mobilizem); e (3) a disposição do aluno para aprender de modo significativo (motivação, organização escolar e didática que sustentem a atitude de relacionar o novo ao já sabido) (Silveira, 2014, p. 166).

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre por assimilação em processamento central, isto é, pela interação recíproca entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o novo material de aprendizagem. Esse processo se caracteriza por três noções: (i) conceito inclusor (subsunçor), ideias já presentes que servem de ancoragem; (ii) inclusão obliteradora, a interação em que novo e prévio se transformam mutuamente; e (iii) assimilação, resultado dessa integração entre significados antigos e novos. Essa dinâmica explica a maior retenção, a facilidade para aprender conteúdos relacionados e a reaprendizagem mesmo após esquecimento (Silveira, 2014, p. 168).

Conforme Moreira (2011), organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do conteúdo-alvo, elaborados em nível mais geral, abstrato e inclusivo, com a finalidade de manipular a estrutura cognitiva quando os subsunçores estão ausentes, fracos ou pouco acessíveis; atuam como ponte entre o que o estudante já sabe e o que precisa aprender e podem também reativar significados prévios, preparando relações substantivas com as novas ideias.

O autor ressalta que seu efeito é limitado quando usados apenas como uma “ponte” genérica, sua maior potência didática emerge quando o organizador torna explícitas (em alto nível de generalidade) as relações entre o material novo e os subsunçores adequados, pois mesmo quando tais subsunçores existem, o aluno nem sempre percebe a relacionalidade entre o que já sabe e o que está aprendendo.

No planejamento, Moreira recomenda uma análise conceitual que destaque conceitos unificadores com maior poder explanatório, generalidade e relacionabilidade, evitando detalhes que apenas sobrecarregam a organização cognitiva. A disciplina deve ser sequenciada de modo coerente com sua lógica interna, articulando atividades que façam o estudante ligar explicitamente o novo conteúdo aos conhecimentos prévios e, se necessário, reorganizar a ordem usual dos tópicos “pensando no aprendiz”.

Esse contexto evidencia a necessidade do docente buscar formas de conectar o ensino de Química à realidade social do aluno, considerando também os conhecimentos prévios que ele já possui. Nessa linha, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam a importância de identificar o que o estudante já sabe, de modo a elaborar estratégias pedagógicas que integrem esses saberes. Essa abordagem permite ao aluno relacionar as novas informações aos seus subsunçores, facilitando a compreensão e a reorganização dos significados. Para implementar um ensino de Química alinhado a essas diretrizes, é fundamental utilizar metodologias que estimulem a participação ativa dos alunos, articulando teoria e prática de forma conectada ao cotidiano, conforme propõe a teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

4. METODOLOGIA DO TRABALHO

Esta investigação adota abordagem qualitativa de natureza interpretativa, por privilegiar o ambiente natural como fonte de dados, o pesquisador como instrumento principal, atuando como participante observador, registros descritivos, foco no processo e tratamento indutivo das informações (ANA; LEMOS, 2018). O estudo foi desenvolvido no Instituto de Química da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (INQUI-UFMS) com licenciandos do 2º semestre letivo, que cursavam a disciplina Introdução à Prática em Educação Química. A intervenção compreendeu três aulas sequenciais: (i) aula experimental sobre reações químicas em solução aquosa, (ii) aula investigativa por situação-problema inspirada em caso real de contaminação de contraste radiológico, apresentado anonimamente durante a resolução e (iii) a retomada e resolução das atividades desenvolvidas na primeira aula e na

situação-problema. A organização da sequência ancorou-se na Aprendizagem Significativa de Ausubel e na abordagem problematizadora para reações em solução aquosa proposta em atividades didáticas.

4.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

A coleta concentrou-se em fontes primárias produzidas pelos próprios estudantes, complementadas por registros da graduanda, visando descrição do processo e corroboração entre evidências.

1) Folha de respostas dos estudantes (Aula 1):

- a) Registro: Todas as equações químicas representadas, balanceamento, identificação de estados físicos, indicações de evidências experimentais (precipitado, mudança de cor, liberação de gás), esquemas e justificativas entregues pelos grupos.
- b) Dados de pesquisa: transcrição dos textos escritos por cada grupo.

2) Produto escrito da situação-problema (Aula 2):

- a) Registro: Respostas dos grupos para a resolução da situação-problema.
- b) Dados de pesquisa: transcrição dos textos escritos por cada grupo.

3) Diário de campo da graduanda (Aulas 1 e 2):

- a) Registro: Anotações e observações da graduanda regente sobre os participantes das aulas (iniciativas, perguntas, justificativas), decisões de grupo e mediações pontuais realizadas nas aulas.
- b) Dados de pesquisa: transcrição do diário de campo.

4.2 CONTEXTO ACADÊMICO

A pesquisa ocorreu no Curso de Química - Licenciatura do INQUI-UFMS, em Campo Grande/MS, junto à disciplina Introdução à Prática em Educação Química (turma do 2º semestre letivo de 2025). O curso é presencial, ofertado no período noturno e com duração proposta de 10 semestres, observando mínimo de 8 semestres (CNE) e máximo de 16 semestres (UFMS), atendendo à carga horária mínima de 3.200 horas (CNE) e 3.294 horas (UFMS), conforme previsto no PPC do curso (UFMS, 2023).

Ressalta-se que a ementa das disciplinas voltadas às práticas pedagógicas da Licenciatura em Química da UFMS apresenta, de forma sistemática, a abordagem de metodologias ativas e práticas inovadoras, tais como desenvolvimento de projetos, uso de tecnologias educacionais, ensino por investigação e o planejamento de atividades experimentais. Esse direcionamento evidencia a preocupação institucional em assegurar coerência e continuidade na formação do licenciando, estabelecendo uma articulação efetiva entre os componentes curriculares da graduação e as demandas do ensino de Química na Educação Básica. Dessa forma, o desenvolvimento de ações investigativas não se configura como prática isolada, mas como um compromisso pedagógico e político do curso com a qualidade do ensino (UFMS, 2023).

Nesse contexto, o PPC do curso explicita que, em *Prática em Educação Química I*, são contempladas tendências contemporâneas de ensino, destacando-se o ensino por investigação, a partir da compreensão da escola como espaço de produção de conhecimento sobre a Natureza e a Ciência. Assim, a proposta didática adotada neste trabalho, ao estruturar-se pela abordagem investigativa, encontra respaldo direto nas orientações curriculares que norteiam a formação do futuro professor de Química, contribuindo para o desenvolvimento de competências que sustentam uma prática docente reflexiva, crítica e dialógica, alinhada às necessidades e complexidades da Educação Básica (UFMS, 2023).

A caracterização da turma considerou o itinerário curricular indicado no PPC: no 1º semestre, os estudantes cursaram Fundamentos de Química e Introdução ao Laboratório Químico, além de componentes de Biologia, Física, Matemática e Psicologia da Educação; no 2º semestre, cursam

Química Geral, Química Orgânica I e Introdução à Prática em Educação Química, além de Cálculo I e Fundamentos de Mecânica. Esse percurso sinaliza familiaridade prévia com procedimentos laboratoriais básicos e representações simbólicas, ao mesmo tempo em que avançam em conteúdos de Química Geral e Orgânica pertinentes à sequência proposta (UFMS, 2023).

A intervenção didática ocorreu em três aulas: (i) uma aula experimental sobre reações em soluções aquosas, com registro sistemático das equações químicas representadas e balanceadas pelos estudantes; (ii) uma aula investigativa por situação-problema inspirada em caso real de contaminação em contraste radiológico, Caso Celobar (Turbino; Simoni, 2007), apresentado de forma anônima durante a investigação e (iii) a retomada e resolução das atividades desenvolvidas na primeira aula e na situação-problema. Todas as aulas foram observadas e registradas a participação, as falas (perguntas, hipóteses, justificativas) e as anotações produzidas individualmente e em grupo.

Previamente à intervenção, realizaram-se reuniões de alinhamento com a docente responsável para definição de objetivos, organização das atividades e cronograma. A sequência foi planejada e executada considerando a infraestrutura didático-laboratorial disponível e as normas institucionais de segurança para atividades práticas.

4.3. ELABORAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta proposta, o problema é o eixo organizador da aprendizagem e foi construído com base nos critérios que definem um Problema Eficaz em Resolução de Problemas, conforme apresentados por Ribeiro, Passos e Salgado (2020). Esses critérios orientaram a elaboração do enunciado e das tarefas, assegurando que os estudantes mobilizassem conceitos, planejassem ações e justificassem conclusões com base em evidências. Com base em Pozo e Crespo (1998), o problema caracteriza-se ainda como semiaberto, pois, embora permita o levantamento de hipóteses e a discussão conceitual, apresenta um enunciado que delimita o contexto, orienta o uso de determinados conteúdos e restringe os cenários possíveis de investigação.

Como princípio de enunciado do problema, assegurou-se a clareza do que deve ser investigado no problema, critério apontado como determinante para a aprendizagem: o enunciado explicita o que

levantar (as hipóteses sobre a causa da contaminação e as possíveis reações envolvidas), como observar e quais produtos entregar (equações representadas e balanceadas-quadro de evidências-parecer técnico) (Ribeiro; Passos; Salgado, 2020). O problema apresentado aos estudantes foi elaborado a partir das premissas do Problema de Eficaz proposto pelos autores:

1. Contextualização: O caso ancora-se em um evento real da indústria farmacêutica brasileira (contaminação de um contraste radiológico composto por um sal de bário), aproxima o trabalho do campo profissional do químico e inclui situações de controle de qualidade/segurança. A contextualização é usada como princípio norteador (e não uma mera ilustração) que favorece a aprendizagem significativa e a articulação entre teoria e prática.
2. Reflexão crítica: As questões centrais evocam análise, julgamento e decisão sobre as causas prováveis da presença do contaminante, reações envolvidas na produção do fármaco e no organismo, e como evitar o acidente incorporando dimensões técnicas, econômicas e éticas.
3. Motivação: O tema é socialmente relevante (segurança dos pacientes) e profissionalmente pertinente (emissão de parecer técnico sobre o caso). A “intriga” - como um produto seguro tornou-se mortal? - é uma forma de sustentar a curiosidade e o engajamento, condições essenciais para estimular comportamentos e habilidades durante a tarefa.
4. Possibilidade de investigação: Realizar testes químicos, realizados na aula anterior de precipitação, acrescidos da representação das reações químicas balanceadas. Por fim, interpretar os resultados articulando as evidências às regras de solubilidade e às relações estequiométricas, justificando as conclusões obtidas.

A seguir, no Quadro 1, apresenta-se o enunciado do problema trabalhado escrito a partir da referência de metodologia de Resolução de Problemas. A marcação de cores indica as quatro características do enunciado elaboradas por (Ribeiro; Passos; Salgado, 2020). Legenda de cores: Contextualização (**vermelho**), Reflexão crítica (**laranja**), Motivação (**roxo**) e Investigação (**verde**).

Quadro 1: Problema elaborado

Em junho de 2003, um caso ocorrido na indústria farmacêutica brasileira mobilizou a atenção da população em função das mortes provocadas por um contraste radiológico. Esse produto por suspensão à base de bário, amplamente utilizado em exames de imagem para facilitar a visualização de órgãos internos.

Após a morte de 20 pacientes, o lote do contraste radiológico foi submetido a análises laboratoriais que apontaram a presença de carbonato de bário como contaminante. Diferentemente do sulfato de bário, um sal insolúvel e seguro para o uso, o carbonato de bário é solúvel e altamente tóxico se ingerido acidentalmente.

Logo, surge a pergunta: o que pode ter acontecido para que um produto considerado seguro se tornasse mortal?

Então, *bora lá*, futuros professores de Química! Vamos investigar esse grave acidente para entender o que ocasionou a morte de mais de vinte pessoas e compreender, a partir dos conceitos químicos estudados, o que pode ter dado errado no processo de fabricação do contraste. Vamos fazer alguns combinados antes:

1. Não utilize ou pesquise o caso no celular;
2. Discuta o caso com o seu grupo, levantem e anotem as hipóteses;
3. Suas explicações devem basear-se nos conceitos de reações em solução aquosa (visto na aula passada).

Reflitam também sobre as questões econômicas, técnicas e éticas que envolvem a produção, o controle de qualidade e a comercialização de substâncias químicas destinadas ao uso humano. Pensem quais poderiam ser os motivos da presença da substância perigosa na formulação do produto utilizado pelas vítimas? Quais as reações químicas envolvidas no processo de fabricação e no organismo humano quando os produtos químicos envolvidos no caso investigado são ingeridos? Como o acidente poderia ter sido evitado pelos responsáveis técnicos da indústria farmacêutica?

Fonte: A autora, 2025.

Segundo Pella (1969 *apud* Carvalho, 2018), os graus de liberdade intelectual expressam o nível de autonomia concedido aos alunos nas atividades didáticas, indicando até que ponto eles participam da formulação do problema, da elaboração de hipóteses, do planejamento das ações e da interpretação dos resultados. Essa perspectiva foi aprofundada por Carvalho (2018), que sistematizou os cinco graus de

liberdade possíveis na relação professor-aluno, aplicáveis a diferentes modalidades de atividade (experimentação, resolução de problemas e análise de textos históricos).

No Grau 1, o ensino é totalmente diretivo: o professor apresenta o problema, as hipóteses, o plano de trabalho e conduz as conclusões, cabendo ao aluno apenas executar instruções previamente definidas. O Grau 2 mantém caráter diretivo, mas com maior participação dos estudantes, que podem discutir hipóteses e procedimentos, embora a orientação permaneça centrada no professor.

Os Graus 3 e 4 configuram propostas de ensino por investigação. No Grau 3, o professor apresenta o problema, mas os alunos constroem o plano de trabalho e refazem seus raciocínios conforme encontram erros ou impasses, sendo protagonistas do processo investigativo. No Grau 4, os alunos possuem maior maturidade investigativa e o professor continua sendo o responsável por propor o problema, mas a formulação de hipóteses, as decisões experimentais e parte substancial da condução intelectual da tarefa são assumidas pelos estudantes, que solicitam a mediação docente quando necessário.

Por fim, o Grau 5 ocorre quando o problema é escolhido e formulado pelos próprios alunos, situação rara no ensino fundamental e médio, aparecendo mais frequentemente em Feiras de Ciências. Para contextualizar a classificação adotada, apresenta-se no Quadro 2 a sistematização dos graus de liberdade intelectual proposta por Carvalho (2018).

Quadro 2: Graus de liberdade intelectual em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Legenda: (P) Professor; (A) Aluno. Fonte: Adaptado de Carvalho (2018).

No contexto deste estudo, o problema proposto foi classificado como Grau 4, porque a pesquisadora propôs um caso investigativo, mas os estudantes elaboram hipóteses, tomam decisões, conduzem o percurso investigativo e constroem explicações que serão posteriormente discutidas e validadas em diálogo com a professora, configurando e exigindo maturidade para práticas investigativas.

A escolha do Grau 4 é coerente com o desenho em duas aulas: na Aula 1, os estudantes exploram, registram e balanceiam equações de dissociação, ionização, precipitação, neutralização e formação de produto volátil. Na Aula 2, diante do caso do contraste radiológico à base de bário, definem os testes, coletam evidências, representam e equilibram as equações e sustentam um parecer técnico. É importante ressaltar, que o grau de liberdade previamente estabelecido pode mudar na prática da sala de aula e depende de fatores como o comportamento dos estudantes diante do problema apresentado.

4.4 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO

A turma de estudantes e sujeitos da pesquisa cursava o segundo semestre do curso de Química - Licenciatura do INQUI-UFMS. Embora a turma conte com 47 estudantes matriculados, a frequência média por encontro varia entre 20 e 30 estudantes, devido às particularidades do perfil discente. Trata-se de um grupo heterogêneo, composto por estudantes egressos do Ensino Médio (com faixa etária entre 18 a 19 anos), estudantes trabalhadores que ingressaram no Ensino Superior depois de vários anos de conclusão do Ensino Médio e portadores de diploma.

Essa diversidade formativa se mostra um elemento significativo para o desenvolvimento da sequência didática, uma vez que implica diferentes níveis de conhecimentos prévios, maturidade acadêmica e experiências profissionais, fatores que influenciam diretamente a aprendizagem e a interação durante as atividades investigativas propostas.

4.4.1 AULA 1: REPRESENTAÇÃO DE REAÇÕES INORGÂNICA EM MEIO AQUOSO

Público-alvo: Estudantes do segundo semestre do curso de Química - Licenciatura.

Objetivo: Desenvolver os conhecimentos necessários sobre reações químicas em soluções aquosas, por meio da observação experimental e representação simbólica, preparando os estudantes para a resolução de uma situação-problema na aula seguinte.

Conteúdo: Processo de dissociação e ionização, reações de neutralização, precipitação, formação de gás, representação de uma equação química. Além disso, representação molecular/ iônica total/ iônica líquida, espécies espectadoras e balanceamento de equação.

Descrição do conteúdo e dinâmica: Os materiais que foram disponibilizados para os estudantes (Apêndice A: Roteiro experimental)

- a) Antes da atividade experimental, os conceitos fundamentais da aula foram apresentados e retomados com os estudantes, tendo como função ativar os subsunçores necessários para que possam ancorar os novos significados durante a atividade experimental. A ativação desses conceitos permite que os estudantes estabeleçam relações entre o que já sabem e o que observaram experimentalmente, favorecendo aprendizagem significativa. Na Figura 1 temos a capa da apresentação em aula.
- b) Para escrever as equações químicas presentes no roteiro e interpretar corretamente a formação ou ausência de produtos nas misturas, os estudantes são orientados a utilizar a Tabela de Solubilidade (Apêndice A: Roteiro Experimental). A sequência experimental foi estruturada em diferentes etapas, cada uma com foco em um conceito específico sobre reações em solução aquosa. O teste 2.1, envolvendo a adição de cloreto de sódio em água destilada, teve como objetivo discutir o processo de dissociação iônica, destacando que sais solúveis liberam íons já existentes em sua estrutura cristalina quando dissolvidos. Já o teste 2.2, ao utilizar ácido clorídrico 4 M em água, buscou evidenciar o processo de ionização. Em seguida, foram

realizadas reações de precipitação envolvendo íons sulfato, cloreto, bário, cálcio, cobre e sódio, para analisar a formação de precipitados e verificar a aplicabilidade da Tabela de Solubilidade (Apêndice A: Roteiro Experimental). No teste 2.5, os estudantes realizaram uma reação de formação de gás decorrente da formação entre ácido clorídrico diluído e carbonato de cálcio. Por fim, no teste 2.6, foi explorada a detecção de gás amônia por meio da mudança de coloração do papel de tornassol vermelho, em um procedimento que envolveu solução de hidróxido de sódio e cloreto de amônio, evidenciando uma reação ácido-base e propriedades de substâncias voláteis.

Figura 1: Aula sobre reações químicas em meio aquoso.



Fonte: A autora, 2025.

4.4.2 AULA 2: SITUAÇÃO-PROBLEMA

Público-alvo: Estudantes do segundo semestre do curso de Química - Licenciatura.

Objetivo: Propor e analisar uma situação-problema contextualizada, mobilizando os conhecimentos prévios sobre reações em solução aquosa para formulação de hipóteses, interpretando evidências e construindo explicações para o caso apresentado.

Descrição do conteúdo e dinâmica: Para o embasamento do problema, foi utilizado o artigo “Refletindo sobre o caso Celobar®” (Turbino; Simoni, 2007), publicado na revista *Química Nova*, o qual discute os aspectos químicos envolvidos no episódio e suas implicações para o ensino de Química. Os conteúdos retomados funcionaram como organizadores prévios que permitiram aos estudantes interpretar os dados do caso e propor hipóteses explicativas. Assim, são mobilizados os subsunçores trabalhados na Aula 1. Esses conhecimentos prévios são essenciais para que os estudantes possam ancorar o problema real apresentado nesta aula, favorecendo a aprendizagem significativa segundo Ausubel.

a) Os estudantes receberam, por escrito, a narrativa do caso real disponível no (Apêndice B: Situação-problema). O problema foi apresentado sem nomear o caso “Celobar”, mantendo o caráter investigativo. A problematização desafiou os estudantes a responder: Como um produto considerado seguro e insolúvel pode ter se tornado mortal?

b) A graduanda regente conduziu uma breve leitura e destacou elementos-chave que orientaram a investigação. Não foram dadas respostas, apenas perguntas que estimulam a reflexão. O texto coloca o aluno como sujeito ativo da investigação e orienta:

1. Levantar hipóteses;
2. Discutir em grupo;
3. Justificar com base nos conteúdos da aula anterior;
4. Pensar em fatores químicos, técnicos e éticos;
5. Trabalhar sem consulta externa (pesquisa em sites ou uso de celular).

c) Os grupos responderam às questões do Apêndice B:

1. O que pode ter acontecido?
2. Por que Ba^{2+} apareceu nos exames das vítimas?
3. Qual reação explicaria isso?

d) Cada grupo registrou em sua folha resposta: hipótese inicial, evidência que os levaram a ter essa hipótese → Justificativa.

Durante a etapa experimental da segunda aula, foram disponibilizados materiais de laboratório e reagentes, permitindo que os estudantes realizassem testes para fundamentar suas hipóteses. Os materiais e reagentes disponibilizados foram: tubos de ensaio, carbonato de bário sólido (BaCO_3), solução diluída de ácido clorídrico (HCl), solução de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), becker 50 mL, piseta com água destilada, pipeta graduada, papel toalha e fita indicadora de pH.

Para investigar o comportamento químico do carbonato de bário (BaCO_3) em diferentes condições experimentais, foram selecionados testes simples e acessíveis ao nível do Ensino Médio, que permitem observar propriedades importantes desse composto. Os procedimentos escolhidos possibilitam analisar sua solubilidade, o efeito da acidez na liberação de íons de bário, a identificação do gás produzido e a influência do pH no sistema. A partir dessas observações, os estudantes podem relacionar conceitos como equilíbrio de dissolução, formação de precipitados e reatividade de carbonatos com situações reais, incluindo implicações toxicológicas associadas ao BaCO_3 .

O primeiro teste consistiria na verificação da solubilidade do carbonato de bário (BaCO_3) em água. O sólido é adicionado ao meio aquoso para observar se ocorre dissolução, sendo esperada a formação de uma suspensão branca, característica de sua baixa solubilidade em água, apresentando pH levemente básico devido ao equilíbrio do íon carbonato em solução. O segundo teste envolveria a liberação de gás, a reação do BaCO_3 com HCl diluído permite observar efervescência e o desaparecimento do sólido, evidenciando que o composto se solubiliza em meio ácido, aspecto relevante para compreender riscos de toxicidade em condições similares ao pH do estômago. No terceiro teste, evidenciaria a liberação de gás carbônico (produto da reação) borbulhando o gás em água de cal, que resultaria na formação de um precipitado branco, o carbonato de cálcio (CaCO_3). Por fim, a medição do pH antes e depois das etapas auxiliaria na interpretação do sistema, reforçando a relação entre acidez e solubilidade do sulfato de bário no estômago dos pacientes contaminados.

4.4.3 AULA 3: RESOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES DO AULA 1 E RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Público-alvo: Estudantes do segundo semestre do curso de Química - Licenciatura.

Objetivo: Retomar os conhecimentos desenvolvidos nas aulas anteriores por meio da resolução dos exercícios do roteiro experimental e da elaboração da explicação final da situação-problema, articulando conceitos teóricos e observações experimentais.

Descrição do conteúdo e dinâmica: A aula retomou os conceitos fundamentais explorados na Aula 1 (dissociação e ionização, neutralização ácido-base, formação de precipitados, liberação de gases, solubilidade e representações químicas). Esses conteúdos foram reorganizados e aplicados para interpretar os resultados experimentais e oferecer uma explicação para a situação-problema envolvendo compostos de bário. Após a resolução das equações químicas, os grupos retornaram ao texto da situação-problema (Apêndice B). Eles analisariam suas hipóteses iniciais à luz dos dados experimentais e produziram uma explicação final que considere:

1. A dissolução do BaCO_3 em meio ácido e a consequente liberação de Ba^{2+} ;
2. As evidências experimentais que sustentam sua conclusão;
3. Os aspectos técnicos, econômicos e éticos envolvidos no caso.

Para encerrar a sequência didática, a graduanda regente conduziu uma síntese geral integrando os principais elementos trabalhados ao longo das três aulas: os conceitos teóricos, as evidências experimentais, os dados da situação-problema e a prática do raciocínio investigativo. Nesse momento, buscou-se explicitar de que maneira cada etapa contribuiu para a construção de uma explicação fundamentada, destacando a importância da observação criteriosa, da interpretação de dados e da argumentação científica no processo de aprendizagem em Química. A discussão final também enfatizou o papel da experimentação como estratégia para validar hipóteses e apoiar decisões técnicas, aproximando os estudantes de práticas profissionais que exigem responsabilidade, rigor e análise crítica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AULA 1: AULA EXPERIMENTAL REAÇÕES INORGÂNICAS EM MEIO AQUOSO

Na primeira aula, os estudantes foram organizados em quatro grupos de três integrantes, mas somente dois grupos entregaram suas folhas de registro experimental ao final do encontro. Para fins de distinção na análise, os grupos foram nomeados como Grupo A e Grupo B. Apesar desse número reduzido de produções analisadas, os dados obtidos permitem identificar padrões relevantes sobre a compreensão conceitual dos estudantes, bem como lacunas importantes que justificam a necessidade de retomada conceitual nas aulas seguintes.

No Experimento 1 e 2, apenas o Grupo A apresentou a descrição da dissolução do cloreto de sódio em água e registrou uma equação química. Entretanto, a equação apresentada evidencia dois erros significativos:

O NaCl foi dissolvido em água destilada e formou-se uma mistura homogênea.
$$\text{NaCl}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HCl}_{(aq)} + \text{NaO}_2_{(aq)}$$

Além de sugerirem uma reação química que não ocorreu, os produtos propostos pelo grupo indicam um desvio conceitual no entendimento do fenômeno. Observa-se que os estudantes recorreram ao modelo de reação de dupla troca ($\text{AB} + \text{CD} \rightarrow \text{AD} + \text{CB}$), tentando aplicá-lo à situação apresentada. Esse procedimento sugere que reconheceram a presença de íons em solução, porém ainda não diferenciam adequadamente fenômenos de dissolução física, reações efetivamente espontâneas em meio aquoso e critérios de formação de produtos estáveis. Trata-se de uma evidência de que os conhecimentos prévios não são suficientes para orientar a escolha de modelos explicativos adequados, resultando em uso formalista das equações e pouca compreensão do processo químico subjacente. No Experimento 2, por outro lado, os estudantes representaram corretamente a ionização do HCl em solução aquosa:

Não houve precipitado na solução.
$$\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{H}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$$

Esse acerto contrasta com o erro do experimento anterior e mostra que os estudantes compreendem parcialmente o conceito de ionização e dissociação, mas ainda não possuem subsunções claramente diferenciadas para esses conceitos.

No Experimento 3, envolvendo a mistura de cloreto de bário e sulfato de sódio, ambos os grupos identificaram corretamente a formação do precipitado branco de sulfato de bário.

Ao misturar as substâncias, foi observado um precipitado branco, no fundo do tubo de ensaio.

Equação Global: $\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + 2\text{NaCl}_{(aq)}$

Iônica completa: $\text{Ba}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^{-}_{(aq)} + 2\text{Na}^{+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + 2\text{Na}^{+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^{-}_{(aq)}$

Iônica líquida: $\text{Ba}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)}$

Íons espectadores: $2\text{Na}^{+}_{(aq)}$ e $2\text{Cl}^{-}_{(aq)}$

O Grupo B fez o seguinte registro:

Observação: Formação de um precipitado branco.

Explicação: A reação entre cloreto de bário e sulfato de sódio resulta na formação de sulfato de bário, um sal insolúvel em água, que precipita na solução.

Equação Global: $\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + 2\text{NaCl}_{(aq)}$

Iônica completa: $\text{Ba}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^{-}_{(aq)} + 2\text{Na}^{+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + 2\text{Na}^{+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^{-}_{(aq)}$

Iônica líquida: $\text{Ba}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)}$

Íons espectadores: $2\text{Na}^{+}_{(aq)}$ e $2\text{Cl}^{-}_{(aq)}$

Eles representaram adequadamente todas as equações, demonstrando compreensão desse tipo de reação. No entanto, ao analisar o Experimento 4 do Grupo A, referente à mistura de nitrato de sódio e sulfato de cobre (II), surgiram problemas adicionais, principalmente relacionados à escrita química. Os estudantes representaram a reação como:

Todos os sais são solúveis, sem precipitados e não houve nenhuma mudança visível (solução azul).

Molecular: $\text{NaNO}_{3(aq)} + \text{CuSO}_{4(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

Iônica completa: $\text{Na}^{+}_{(aq)} + \text{NO}_3^{-}_{(aq)} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow \text{Na}^{+}_{(aq)} + \text{NO}_3^{-} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$

Iônica líquida: Não há- todos permanecem em solução.

Aqui aparecem diversas incorreções:

1. Produtos escritos de forma incorreta, como “Na₂SO”, que não corresponde ao sulfato de sódio (Na₂SO₄) e não apresenta o estado físico.

2. Índices e fórmulas com erro de grafia como “Cu(NO₃)2”, que aparece com erro de subscrito.
3. O registro apresentado sugere que os estudantes estavam apenas seguindo um modelo formal de equação química, sem compreender o significado químico associado. Dessa forma, a equação não cumpre sua função essencial, que é representar simbolicamente a transformação observada no nível macroscópico, estabelecendo correspondência entre o fenômeno e sua interpretação química. A produção evidencia que, diante da ausência de mudança visível, os estudantes ainda não reconhecem que, em alguns casos, não há reação, e que essa também é uma conclusão válida do ponto de vista químico.

Essa dificuldade revela uma concepção equivocada comum: a de que todas as misturas entre sais geram algum tipo de reação. O Grupo B representou corretamente as equações:

Observação: A solução resultante permanece azulada e transparente. Não há formação de precipitado.

Explicação: O nitrato de sódio e o sulfato de cobre são ambos solúveis em água. Quando misturamos, os íons Na⁺, NO₃⁻, Cu²⁺ e SO₄²⁻ se dispersam na solução. Não ocorre uma reação de precipitação, porque todas as combinações de cátions e ânions são solúveis. A cor azulada da solução é devido aos íons Cu²⁺.

Equação Global: NaNO_{3 (aq)} + CuSO_{4 (aq)} → não há reação visível

Iônica completa: Na⁺_(aq) + NO₃⁻_(aq) + Cu²⁺_(aq) + SO₄²⁻_(aq) → Na⁺_(aq) + NO₃⁻ + Cu²⁺_(aq) + SO₄²⁻_(aq)

Iônica líquida: Não há reação

Íons espectadores: Todas as espécies iônicas

Evidência: A ausência de qualquer mudança visível (precipitado, mudança de cor, liberação de gás) indica que não ocorreu nenhuma reação química. A cor azulada da solução é devido aos íons Cu²⁺.

Nos Experimentos 5, somente o Grupo A representou a equação química de carbonato de cálcio e ácido clorídrico:

Dissolução parcial do carbonato e formação de solução de CaCl₂

Molecular: 2 HCl_(aq) + CaCO_{3 (s)} → CaCl_{2 (aq)} + CO_{2 (g)} + H₂O_(l)

Iônica completa: 2 H⁺_(aq) + 2 Cl⁻_(aq) + CaCO_{3 (s)} → Ca²⁺_(aq) + 2 Cl⁻_(aq) + CO_{2 (g)} + H₂O_(l)

Iônica líquida: 2 H⁺_(aq) + CaCO_{3 (s)} → Ca²⁺_(aq) + CO_{2 (g)} + H₂O_(l)

Essa descrição demonstra compreensão adequada do comportamento de carbonatos em meio ácido, conceito essencial para a compreensão da dissolução do carbonato de bário no caso Celobar.

No experimento 6, somente o Grupo A representou a equação química envolvendo hidróxido de sódio e cloreto de amônio, registraram:

Cheiro fraco da solução e o papel tornassol vermelho colocado na boca do tubo, ficou azul.

Molecular: $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Iônica completa: $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)} + \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} + \text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Iônica líquida: $\text{OH}^-_{(aq)} + \text{NH}_4^+_{(aq)} \rightarrow \text{NH}_3_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

As equações estão corretas, mas a explicação química foi incompleta: o grupo não relacionou explicitamente a liberação de $\text{NH}_3_{(g)}$ ao aumento do pH da solução.

5.2 AULA 2: SITUAÇÃO-PROBLEMA

A segunda aula teve como foco a resolução da situação-problema baseada no caso Celobar. Os estudantes, organizados em cinco grupos, foram compostos por cinco estudantes. Cada grupo recebeu a situação problema e deveriam levantar hipóteses sobre a origem da contaminação, escrever as reações químicas envolvidas e explicar os processos que poderiam justificar a presença de carbonato de bário no produto final.

O Grupo A apresentou explicações rasas e pouco exploradas, pois não entenderam o texto da situação-problema. O grupo apresentou a seguinte hipótese:

A contaminação ocorreu pela má manipulação dos instrumentos do laboratório.

$\text{BaCO}_3(s) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$

H_2CO_3 é instável forma $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ e $\text{CO}_{2(g)}$

Em meio aquoso o bário dissocia e libera os íons em meio aquoso, o que causa a infecção e é letal.

A decomposição do ácido carbônico não foi formalmente representada na equação acima, e o grupo demonstrou insegurança ao explicar o processo. Em outro ponto da produção, escreveram: “*Em meio aquoso o bário dissocia e libera os íons em meio aquoso, o que causa a infecção e é letal.*” Essa afirmação revela uma concepção equivocada, pois o BaCO_3 não se “dissocia” em água, e sim reage com ácidos fortes para produzir um sal solúvel, momento em que os íons Ba^{2+} podem ser formados.

Além disso, o grupo chegou a mencionar, em suas notas preliminares, a possível formação de Cl_2 , o que não ocorre em condições normais e não possui qualquer relação com o caso Celobar. A equação apresentada evidencia confusões conceituais: ausência de estados físicos completos, não

representação da equação química da decomposição do ácido carbônico, ausência de balanceamento, desconhecimento das reações características de carbonatos com ácidos e compreensão inadequada da formação de Ba^{2+} no organismo humano.

A equação registrada pelos estudantes ' $BaCO_3 (s) + 2HCl (aq) \rightarrow BaCl_2 + H_2CO_3$ ' revela não apenas a aplicação mecânica do modelo de dupla troca, mas um problema conceitual mais profundo: essa representação, comumente ensinada de forma simplificada no ensino básico, leva a interpretações equivocadas que os estudantes trazem consigo e continuam reproduzindo no Ensino Superior, como observado no Grupo A tanto na aula anterior quanto na presente. Além disso, o grupo não reconheceu que o cloreto de bário é um sal solúvel em água e que, ao ser formado no meio ácido do estômago, libera íons Ba^{2+} , responsáveis pela toxicidade e letalidade associadas ao caso Celobar. Dessa forma, evidencia-se que o uso do esquema de dupla troca, aprendido como um "modelo a ser seguido" dificulta a compreensão significativa das transformações químicas e de suas implicações em contextos reais, perpetuando concepções inadequadas ao longo da formação acadêmica.

O Grupo B apresentou uma produção mais extensa e organizada, iniciando pela transcrição da questão e, em seguida, descrevendo reações químicas:

Formação de $BaSO_4$ (Sulfato de Bário): $H_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4 + 2 H_2O$
Formação de $BaCO_3$ (Carbonato de Bário): $H_2CO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3 + 2 H_2O$
Explicação: Possivelmente erro experimental
Reação da $BaCO_3$ no corpo humano:
 $BaCO_3 + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + H_2CO_3$
O ácido carbônico é volátil, pode se transformar em CO_2

Embora essas reações não correspondam exatamente ao processo real de fabricação do contraste radiológico, elas demonstram compreensão básica de que diferentes ânions podem reagir com compostos de bário para produzir sais distintos. Além disso, o grupo esqueceu de representar os estados físicos de cada composto. Para explicar o acidente, relataram que seria erro experimental. Já ao discutir o comportamento do $BaCO_3$ no organismo acertaram a essência da reação com ácido gástrico, embora novamente não tenham representado a decomposição do ácido carbônico em CO_2 e H_2O . Somente escrito "*o ácido carbônico é volátil, pode se transformar em CO_2* ", demonstrou domínio maior que o Grupo A, mas ainda com lacunas importantes sobre as propriedades dos materiais e reações químicas.

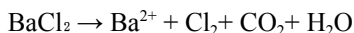
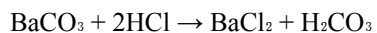
O Grupo C apresentou o texto mais longo dentre os grupos, mas permeado por equívocos conceituais graves. A hipótese do grupo:

Pega duas soluções separadas, uma de água e uma de ácido (H_2SO_4) e coloca o remédio nas soluções para ver se está contaminado com BaSO_4 , ele reagiria com o ácido e não com a água, e como mostrado no texto, o carbonato de bário é solúvel e altamente tóxico; Caso ele for solúvel em água, ele é BaCl_2 e o sulfato de bário também é solúvel em ácido, para diferenciar o BaCO_3 , com BaSO_4 seria fazer uma outra solução com um ácido menos concentrado, se ele for insolúvel ele vai ser BaSO_4 . Caso isso aconteça, o problema não será na fabricação. Para que o acidente pudesse ter sido evitado, poderia ser feito uma regulação na máquina para que a quantidade de H_2SO_4 não fosse menor, onde a máquina de fabricação e o local onde é fabricado deveria passar por um controle de qualidade, evitando quantidades menores ou maiores.

O grupo parte de premissas corretas - o carbonato de bário é insolúvel em água e reage em ácido, como apresentado no Quadro 2 do Apêndice B -, porém o teste está errado “*pega duas soluções separadas, uma de água e uma de ácido (H_2SO_4)*”, pois ao reagir o carbonato de bário com ácido sulfúrico produz-se sulfato de bário, que é insolúvel meio água e meio ácido. A afirmação “*Se for solúvel em água ele é BaCl_2* ” demonstra que o grupo não conhece os produtos da reação e acrescentou íon cloreto que não está presente nos reagentes do teste proposto.

Além disso, o grupo não faz as representações das reações químicas, o que corrobora com os erros encontrados na explicação. O grupo conclui: “*Caso isso aconteça o problema não será na fabricação.*” A argumentação desconexa, associada ao uso indevido de conceitos químicos, indica ausência de organização conceitual necessária para relacionar o caso real aos conhecimentos prévios trabalhados na aula anterior.

O Grupo D apresentou raciocínio mais coerente. Em seu texto, afirmam:



Ao ingerir o carbonato de bário, fará que entre em contato com o ácido do estômago, solubilizando e ionizando, assim liberando o bário no organismo.

Explicação: Contaminação, provavelmente de CaCO_3 transformando BaSO_4 em BaCO_3 .

Teste: Teste de solubilidade de carbonato de bário em solução de ácido clorídrico. Utilizando: pipeta, tubo de ensaio e as soluções.

Confirmatório: A solubilidade do carbonato de bário.

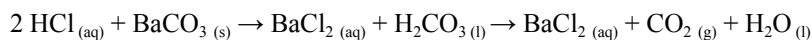
Como pode ser evitado? Controle de qualidade.

Ainda que a segunda reação química apresente erros (decomposição de BaCl_2 produzindo gás carbônico e água) o texto produzido pelos estudantes revela compreensão mais consistente da relação entre reação ácido clorídrico e carbonato de bário e a liberação de íons Ba^{2+} . Os estudantes reconhecem que o carbonato de bário reage com o ácido do estômago promovendo sua solubilização e consequente liberação de bário no organismo, a partir sal cloreto de bário (BaCl_2), demonstrando entendimento adequado do mecanismo de risco associado à ingestão de BaCO_3 . Contudo, embora indiquem corretamente a formação de CO_2 e H_2O como produtos da dissociação do BaCl_2 .

Na etapa seguinte, os estudantes levantaram uma possível causa para a contaminação e propuseram estratégias experimentais para investigá-la, incluindo um teste de solubilidade como confirmação. Além disso, sugeriram que a contaminação estaria relacionada ao controle de qualidade.

De modo geral, o Grupo D articulou de maneira mais clara o fenômeno químico e as equações químicas. Apesar disso, ainda apresenta limitações na formalização simbólica das equações (especialmente na representação da decomposição do ácido carbônico e na dissociação do BaCl_2) e utiliza o termo “ionização” de forma inadequada. Embora o conceito tenha sido retirado da aula e reconhecido pelo grupo como válido, sua aplicação não está alinhada ao uso correto do termo na Química. Mesmo com essas imprecisões, o grupo demonstra compreensão mais profunda do caso e maior capacidade de estabelecer vínculos entre conceitos químicos, procedimentos laboratoriais e implicações práticas do problema investigado.

O Grupo E apresentou a resposta conceitualmente mais consistente, ainda que com problemas de escrita. A hipótese registrada foi:



Faz-se reagir ácido clorídrico (HCl) com carbonato de bário (BaCO_3) tendo de produtos o cloreto de bário (BaCl_2) e também água (H_2O), assim como dióxido de carbono, sabendo que BaCl_2 é solúvel em água e ocorre a dissociação (BaCl_2) liberando Ba^{2+} e Cl^- , sendo o íon bário tóxico para o organismo.

A argumentação apresentada pelo grupo associa corretamente conceitos essenciais para a compreensão do caso: a reação entre um carbonato de bário e o ácido clorídrico, a consequente formação de um sal solúvel, a liberação de CO_2 e a dissolução do BaCl_2 em meio aquoso, gerando íons Ba^{2+} (responsáveis pela toxicidade que levou às mortes relatadas no caso real do Celobar). Os

estudantes demonstraram clareza ao interpretar o encadeamento entre reatividade, solubilidade e efeito fisiológico, evidenciando articulação adequada entre os três níveis da linguagem química: macroscópico (observação de efervescência e dissolução), microscópico (formação de íons) e simbólico (equações químicas). Embora alguns trechos apresentem pequenos desvios na representação química, como a sobreposição de etapas reacionais, o raciocínio químico central é sólido. O grupo construiu uma justificativa coerente e fundamentada, evidenciando que conseguiu mobilizar os subsunçores trabalhados nas aulas anteriores e aplicar os conceitos de forma pertinente à situação-problema. Entre todos os grupos analisados, este foi o que demonstrou melhor compreensão da relação entre reação em solução aquosa e o mecanismo de toxicidade associado ao Ba^{2+} .

5.3 AULA 3: RETOMADA DOS CONTEÚDOS DA AULA 1 E 2

A retomada iniciou com uma exposição dialogada conduzida pela graduanda, revisitando os principais conceitos trabalhados na Aula 1: dissociação e ionização em solução aquosa, reações de precipitação, neutralização ácido-base, liberação de gás por carbonatos e uso da tabela de solubilidade de sais em água. Para favorecer a comparação entre o que havia sido registrado pelos grupos e os significados químicos esperados, a graduanda retomou cada experimento realizado, apresentando novamente as observações corretas e as equações químicas balanceadas e completas, com estados físicos. Durante essa etapa, foi possível perceber que alguns estudantes demonstraram surpresa ao constatar discrepâncias entre suas respostas e o que de fato havia ocorrido experimentalmente, evidenciando que ainda não haviam articulado plenamente os níveis macroscópico, microscópico e simbólico da linguagem química.

Em seguida, foram retomadas as resoluções da situação-problema da Aula 2. Esse momento provocou reações diferentes entre os estudantes: enquanto alguns reconheceram imediatamente os equívocos cometidos (especialmente nos grupos A e C), outros ainda se mostraram inseguros, solicitando explicações adicionais. A discussão permitiu aprofundar aspectos importantes do caso, como a solubilidade do carbonato de bário em meio ácido, a formação de Ba^{2+} como espécie tóxica, e a estabilidade relativa dos compostos de bário em diferentes ambientes químicos. A graduanda destacou que o BaSO_4 é insolúvel e seguro, enquanto o BaCO_3 , quando em contato com os ácidos do estômago,

se torna solúvel e libera íons tóxicos, fazendo com que os estudantes revisassem as conclusões previamente construídas.

O diário de campo registra que esse momento de reelaboração foi especialmente significativo para os grupos B, D e E, que participaram da discussão, perguntando, reformulando suas explicações e relacionando os conceitos revisitados às hipóteses previamente elaboradas. Esses estudantes demonstraram maior capacidade de reconstruir seus modelos explicativos, indicando que, para eles, os conceitos trabalhados já estavam mais próximos de se tornarem subsunçores estáveis, conforme proposto pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e que a aprendizagem se aprofunda quando novas informações se integram de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva existente.

Por outro lado, os grupos A e C demonstraram maior dificuldade durante a retomada. Apesar de reconhecerem parcialmente seus erros após a explicação da graduanda, ambos se mostraram dependentes de orientação constante, revelando fragilidade na assimilação dos conceitos, sobretudo no que diz respeito à escrita das equações químicas, identificação dos estados físicos, distinção entre reação e dissolução, e uso adequado da tabela de solubilidade.

Ainda durante a discussão, vários estudantes verbalizaram que a metodologia investigativa lhes pareceu “mais difícil” do que aulas tradicionais, justamente porque “não havia um roteiro pronto” e “não sabiam por onde começar”. Esse relato é coerente com o que aparece na literatura sobre ensino por investigação e resolução de problemas, em que a autonomia intelectual exigida inicialmente causa estranhamento, especialmente em turmas habituadas a aulas expositivas transmissivas. Entretanto, após a retomada dos conceitos e a explicação coletivamente reconstruída, parte dos estudantes afirmou que o caso Celobar “fez mais sentido” e que a relação com o cotidiano tornou o conteúdo “menos abstrato”. Esse tipo de verbalização indica que, ainda que o processo tenha sido inicialmente desafiador, a contextualização favoreceu a construção de significados, um dos objetivos centrais da sequência didática.

De modo geral, a Aula 3 funcionou como um momento de síntese, possibilitando articular os dados das aulas anteriores e corrigir entendimentos equivocados, consolidando o papel da resolução de problemas como estratégia para promover raciocínio químico, argumentação com base em evidências e

compreensão conceitual mais profunda. Embora dificuldades persistam, sobretudo entre os grupos A e C, a retomada coletiva permitiu observar avanços importantes na capacidade dos estudantes de explicar fenômenos em solução aquosa, de interpretar reações químicas e de reconhecer implicações práticas e éticas associadas ao caso Celobar

5.4 DIÁRIO DE CAMPO E OBSERVAÇÕES DA DOCENTE

A análise da participação dos grupos durante a atividade também revela elementos importantes sobre o processo de aprendizagem e as dificuldades enfrentadas pelos estudantes ao trabalhar com uma metodologia investigativa. No caso específico do Grupo A, ficou evidente que as dificuldades conceituais observadas estavam associadas, em grande parte, à ausência dos integrantes na primeira aula experimental. Embora a graduanda responsável tenha retomado detalhadamente todos os conceitos trabalhados anteriormente (dissociação, ionização, precipitação, solubilidade e balanceamento), os estudantes ainda demonstraram dificuldade em aplicá-los na resolução da situação-problema. Essa lacuna ficou explícita em aspectos fundamentais, como a escrita correta de equações químicas e até mesmo na representação simbólica de substâncias simples, como o HCl, o que evidencia que a ausência inicial comprometeu significativamente a ativação e a construção dos subsunçores necessários.

Em contraste, os Grupos D e E foram os que demonstraram maior envolvimento com a proposta. Ambos procuraram ativamente a graduanda para esclarecer dúvidas desde a primeira aula, demonstrando interesse, participação contínua e postura mais aberta à investigação. Essa busca constante por orientação permitiu que esses grupos estabelecessem relações mais sólidas entre o experimento da aula anterior e a análise do problema, articulando conceitos de maneira mais estruturada. Isso se refletiu diretamente na qualidade de suas resoluções, que foram as mais coerentes tanto do ponto de vista conceitual quanto da argumentação química.

Por outro lado, o Grupo C, embora tenha entregue os exercícios da aula anterior, não demonstrou capacidade de mobilizar adequadamente os subsunçores trabalhados. Apesar de terem registrado observações e equações na primeira aula, essas informações não foram utilizadas de modo produtivo na resolução do problema. O grupo apresentou equívocos conceituais importantes e não

demonstrou clareza na utilização da tabela de solubilidade, tampouco na articulação entre fenômeno observado e explicação química. A análise do diário de campo mostra que, durante a atividade, apenas parte dos integrantes do grupo se engajou efetivamente, enquanto outros mantiveram participação mínima, o que contribuiu para a falta de unidade na produção escrita.

Essa falta de unidade também foi observada nos Grupos A e C, onde não houve participação equitativa de todos os membros. Essa dinâmica dificultou a compreensão de até que ponto os estudantes, individualmente, assimilaram os conceitos necessários para resolver o problema. O fato de um único membro concentrar a maior parte das justificativas em ambos os grupos torna difícil avaliar a aprendizagem coletiva do grupo. Mesmo apresentando uma resolução final, não é possível afirmar que todos os integrantes construíram compreensão conceitual significativa, o que compromete o objetivo investigativo da atividade.

Outro elemento recorrente nas falas dos estudantes, registrado tanto nas folhas de respostas quanto no diário de campo, refere-se ao relato de dificuldade generalizada na resolução da situação-problema. Todos os grupos mencionaram que a atividade exigiu um nível de análise ao qual não estavam habituados, destacando que *“nunca haviam trabalhado com ensino investigativo”*. Esse estranhamento inicial é esperado em contextos onde predomina um ensino tradicional transmissivo, conforme discutido no referencial teórico. A ausência de familiaridade com atividades que exigem formulação de hipóteses, análise de dados, tomada de decisão com base em evidências e justificativas fundamentadas pode explicar parte das dificuldades apresentadas pelos grupos, sobretudo na transição entre o que foi vivenciado experimentalmente na aula anterior e o que deveria ser mobilizado para interpretar o caso Celobar.

Outro ponto relevante observado durante a atividade foi que os estudantes não realizaram os testes experimentais disponibilizados, apesar de terem à disposição reagentes e materiais para verificar empiricamente suas hipóteses. Os grupos limitaram-se apenas à leitura do enunciado e às discussões internas, sem testar suas suposições ou buscar evidências experimentais que pudessem orientar a resolução da situação-problema. Essa ausência de experimentação prática parece ter contribuído diretamente para os erros conceituais encontrados nas produções, uma vez que, sem observar fenômenos como formação de precipitado, efervescência, variação de pH ou solubilidade, os estudantes

permaneceram restritos ao plano teórico que, como evidenciado na primeira aula, não estava devidamente consolidado. A falta de articulação entre teoria e prática comprometeu a construção de significados e dificultou que conceitos fossem mobilizados de forma adequada na análise do caso, reforçando a fragilidade dos subsunçores disponíveis para interpretar a situação-problema.

Além disso, a falta de domínio dos erros conceituais observados também precisa ser analisada à luz do contexto formativo da turma. Uma parte dos estudantes dos grupos analisados já havia sido reprovada anteriormente na disciplina Fundamentos de Química, cursada no primeiro semestre do curso, o que sugere que esses estudantes ainda não haviam consolidado conhecimentos introdutórios essenciais (como escrita de fórmulas, balanceamento de equações, uso de estados físicos e distinção entre dissolução, dissociação e ionização) que atuam como subsunçores fundamentais para a aprendizagem de reações em solução aquosa.

Também, os grupos incluíam estudantes portadores de diploma que ingressaram por processos de seleção interna e, por equivalência ou aproveitamento de estudos, não cursaram disciplinas iniciais como Introdução ao Laboratório de Química ou Fundamentos de Química. A ausência dessa formação introdutória explica, em parte, tanto as dificuldades conceituais quanto às dificuldades procedimentais observadas em laboratório, incluindo problemas no manuseio de materiais básicos, como tubos de ensaio.

De maneira geral, esses elementos reforçam a importância de práticas que estimulem autonomia intelectual, argumentação científica e articulação entre teoria e prática (pilares centrais tanto da Aprendizagem Significativa quanto das metodologias investigativas). Ao mesmo tempo, revelam que a consolidação desses processos requer continuidade, tempo e oportunidades de retomada e aprofundamento conceitual, especialmente em turmas com trajetórias formativas heterogêneas, como é o caso desta.

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as contribuições de uma sequência de ensino investigativa, ancorada na Aprendizagem Significativa de Ausubel, para a aprendizagem de reações químicas em

soluções aquosas. A proposta buscou articular experimentação e investigação, culminando na análise do caso Celobar como situação real que foi transformada em uma proposta de ensino por investigação, que é uma metodologia ativa que incentiva a “participação, autonomia e a construção colaborativa do conhecimento pelos estudantes, promovendo um envolvimento mais significativo no processo de aprendizagem” (Pepino; Mackedanz, 2024, p. 5) e está alinhada com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o documento orientador da Educação Básica no Brasil.

Os resultados mostraram que a primeira aula experimental permitiu aos estudantes observar fenômenos essenciais (dissociação, ionização, precipitação, neutralização e formação de gás), mas também evidenciou fragilidades importantes na escrita química, no uso de conceitos básicos e até em procedimentos simples de laboratório. Essas dificuldades podem ter relação com o perfil heterogêneo da turma: inclui estudantes reprovados em disciplinas de química introdutórias e portadores de diploma que ingressaram no curso no segundo semestre letivo. De modo geral, evidenciamos a presença de concepções oriundas do ensino médio que continuam sendo utilizadas de maneira acrítica no ensino superior. Entre essas concepções, destaca-se o emprego do modelo de reações de dupla troca como um roteiro mecanicista, em que a simples troca entre cátions e ânions seria suficiente para descrever uma reação química.

Essa limitação ficou evidente nas aulas analisadas, especialmente nos grupos A e C, que representaram equações de forma automática, sem correlacionar o que era observado no experimento com a simbologia utilizada. No caso do carbonato de bário, por exemplo, a reação com ácido clorídrico foi tratada apenas como uma “substituição” entre íons, desconsiderando a decomposição do ácido carbônico, a solubilidade do cloreto de bário e, principalmente, o fato de que a formação de Ba^{2+} solúvel está diretamente relacionada ao risco toxicológico envolvido no caso Celobar. Dessa forma, os estudantes demonstraram compreender a equação apenas como uma formalidade, e não como a representação simbólica de uma transformação química que ocorre em nível macroscópico.

Esse cenário evidencia que a mera reprodução de modelos aprendidos na educação básica, frequentemente descontextualizados e baseados na memorização para resolução de exercícios, não garante que os estudantes entendam o fenômenos químicos que ocorrem em meio aquoso, nem que saibam interpretar criticamente situações do cotidiano ou casos reais que podem ser levados pelos

professores à sala de aula. Assim, os resultados reforçam a necessidade de práticas pedagógicas que promovam a articulação entre evidências experimentais, conceitos químicos e representações simbólicas, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e evitando a perpetuação de concepções inadequadas ao longo da formação acadêmica.

Na segunda aula, dedicada à resolução da situação-problema, observou-se que a metodologia investigativa mobilizou os estudantes a levantar hipóteses, realizar testes e justificar suas respostas. Entretanto, verificaram-se dificuldades iniciais na compreensão do enunciado, que exigiu esclarecimentos adicionais por parte da graduanda regente. As resoluções também evidenciaram fragilidades no conhecimento químico previamente mobilizado pelos estudantes (observadas na primeira e na segunda aula) especialmente na articulação entre os fenômenos experimentais e a explicação do acidente químico. Além disso, os grupos não reconheceram prontamente a importância de testar experimentalmente suas hipóteses como parte do processo investigativo, o que reforça a necessidade de tornarmos essa ação mais explícita no texto da situação-problema.

Os grupos B, D e E que buscaram orientação e mantiveram maior participação apresentaram proposições mais consistentes, ao passo que outros grupos demonstraram maior dificuldade em ativar subsunçores relevantes, mesmo após retomadas conceituais. Dados que reforçam a necessidade da interação entre professor e estudantes para promover aprendizagens significativas e que o protagonismo estudantil requer a presença e a ação docente no desenvolvimento das atividades na sala de aula.

A terceira aula possibilitou a socialização e revisão das ideias, reforçando o papel da discussão coletiva e da mediação docente para consolidar a aprendizagem. As resoluções dos grupos evidenciaram tanto associações equivocadas entre conceitos quanto ausência de articulação entre conhecimentos já trabalhados, especialmente ao explicar fenômenos ou resolver o problema proposto. Nessa perspectiva, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel contribui para compreender tais dificuldades, uma vez que a construção de novos significados depende da disponibilidade e organização dos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes. Quando esses conhecimentos prévios se mostram frágeis, incompletos ou conceitualmente incorretos, a ancoragem do novo conteúdo se torna limitada, resultando em interpretações imprecisas e uso inadequado dos conceitos químicos. Assim, o processo de mediação docente e o confronto de ideias entre os colegas revelam-se essenciais para

promover a reconciliação integradora, fortalecendo as relações conceituais necessárias à superação dessas lacunas e à aprendizagem efetivamente significativa.

A vivência de práticas investigativas experimentais é fundamental para superar uma formação centrada apenas na observação ou na transmissão de conteúdos prontos. De acordo com Rodrigues e colaboradores (2014), a incorporação da prática investigativa aproxima os estudantes da realidade concreta em que atuarão profissionalmente, permitindo-lhes analisar situações, problematizar e desenvolver competências essenciais ao exercício docente.

Nessa perspectiva, o trabalho experimental torna-se um espaço dinâmico de aprendizagem, no qual teoria e prática se articulam e o aluno deixa de assumir um papel passivo. De forma complementar, Oliveira e Obara (2018) destacam que o ensino por investigação favorece o desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo, à medida que o estudante é estimulado a levantar hipóteses, dialogar com seus pares e construir explicações fundamentadas para os fenômenos que observa, assumindo papel ativo na construção do conhecimento científico.

Conclui-se que a abordagem investigativa, aliada à contextualização e ao uso de problemas reais, contribui para o desenvolvimento da autonomia intelectual e da compreensão conceitual na Licenciatura em Química. No entanto, sua efetividade requer a retomada sistemática de conteúdos fundamentais e um acompanhamento pedagógico atento às diferenças entre os estudantes. Ressalta-se que a heterogeneidade é uma característica inerente a qualquer sala de aula e, portanto, não deve ser entendida como obstáculo, mas como componente essencial do processo de ensino que demanda estratégias diversificadas de mediação. Sugere-se que propostas futuras ampliem o tempo destinado à investigação, reforcem os subsunçores básicos e integrem avaliação diagnóstica contínua, favorecendo a construção de significados ao longo da formação e garantindo que todos os estudantes avancem em seus processos de aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, W. P. S.; LEMOS, G. C. **Metodologia científica: a pesquisa qualitativa nas visões de Lüdke e André**. Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar. Mossoró, v. 4, n. 12, 2018. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/1710>. Acesso em: 21 maio 2025.
- AIROLDI, Claudio. **Química inorgânica ou química da vida?** *Química Nova*, Campinas, v. 16, n. 3, p.225-230,1993. Disponível em: [http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1994/vol17n2/v17_n2_%20\(12\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1994/vol17n2/v17_n2_%20(12).pdf). Acesso em: 21 maio 2025.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2018.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Trad. de Eva Nick et. Al. Rio: interamericana, 1980. 625p.
- AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In.: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004. p. 19-33. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/5988/4390/17652>. Acesso em: 21 maio 2025.
- AZEVEDO, L. do E. S.; MARCELINO, V. M. **Ensino tradicional ou por investigação: percepção de professores acerca de sua prática**. *Olhar de professor*, v. 21, n. 1, p.143-160, 2021. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/684/68460140011/html/index.html>>. Acesso em: 25 maio 2025.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018. DOI:10.28976/1984-2686rbpec2018183765. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>. Acesso em: 25 maio 2025.
- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL (UFMS). **Projeto Pedagógico de Curso – Química – Licenciatura**. Campo Grande: UFMS, 2023. Disponível em: <https://inqui.ufms.br/files/2022/11/2023-PPC-QUIMICA-LIC.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente**. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.1(3), 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025.
- NERY, Ana Luiza P.; LIEGEL, Rodrigo M.; FERNANDEZ, Carmen. **Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problemática para a previsão e equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas**. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 14-18, mai., 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282947671_Reacoes_envolvendo_ions_em_solucao_aquosa

[uma abordagem problematizadora para a previsao e equacionamento de alguns tipos de reacoes inorganicas](#). Acesso em: 21 jun. 2025.

OLIVEIRA, A. L. de; Obara, A. T. **O ensino de ciências por investigação: vivências e práticas reflexivas de professores em formação inicial e continuada.** *Investigações Em Ensino De Ciências*, 23(2), 65-87, 2018. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p65>. Acesso em: 01 dez. 2025.

POZO, J.I.; CRESPO, M.Á.G. **A solução de problemas em ciências da natureza.** In: POZO, J.I.; A solução de problemas. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 67-102.

PEPINO, Lorena Vargas Soares; MACKEDANZ, Luiz Fernando. **Metodologias Ativas no Ensino de Ciências: os desafios da prática na perspectiva docente.** REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, Cuiabá, v. 12, p. e24106, 2024. DOI: 10.26571/reamec.v12.18256. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/18256>. Acesso em: 1 dez. 2025.

RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo; PASSOS, Camila Greff; SALGADO, Tania Denise Miskinis. **A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências: as características de um problema eficaz.** Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 22, e24006, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/24006>. Acesso em: 25 maio 2025.

RODRIGUES, Allynneide Emannelly da Silva; SOUZA, Caroline Isabelle de; SANTOS, Jaqueline Maria dos; RIBEIRO, Késia Fernanda Menezes Silva; SILVA NETO, Severino Marinho da; LIMA, Filipe Augusto Xavier. **Conhecendo uma unidade de ensino durante o estágio curricular: a importância da prática investigativa nesse momento.** Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 13, n. 4, p. 3632-3638, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/27130>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SASSERON, L.H. **O Ensino Por Investigação: Pressupostos E Práticas 12** Fundamentos Teórico-Metodológico para o Ensino de Ciências: a Sala de Aula. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impessos/plc0704_12.pdf. Acesso em: 21 maio 2025.

SILVEIRA, N. L. D. **Psicologia Educacional.** Florianópolis, 2014. (seção Ausubel: condições, organizadores e sequência descendente). p.165-169. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Psicologia-Educacional.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.

SILVA, J. L.; STRADIOTTO, N. R. **Soprando na água de cal.** Química Nova na Escola, n. 10, p. 51–53, 1999. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/exper2.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.

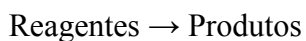
TUBINO, Matthieu; SIMONI, José de Alencar. **Refletindo sobre o caso Celobar®.** Química Nova, v. 30, n. 2, p. 505-506, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/SYRBmSQ7J8FPrVCCRxW9spL/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

APÊNDICE A: ROTEIRO EXPERIMENTAL

1 : Reações inorgânicas em meio aquoso

1. Introdução

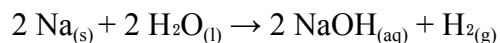
As reações químicas representam processos em que uma ou mais substâncias se transformam em outras, caracterizando uma mudança química. As substâncias iniciais recebem o nome de reagentes, enquanto as formadas são chamadas de produtos. Essas transformações podem ser representadas por uma equação química, na forma geral:



Um exemplo clássico é a reação entre o sódio metálico e a água. O sódio é um metal brilhante e muito reativo, que reage de forma intensa ao entrar em contato com a água, liberando gás hidrogênio (H_2) e formando hidróxido de sódio (NaOH) em solução. Essa reação pode ser descrita tanto em palavras quanto em fórmulas químicas (ATKINS; JONES, 2006).:



Essa forma simplificada é chamada de equação esqueleto, pois mostra apenas os participantes da reação, sem indicar as proporções corretas entre eles. Para que a equação represente adequadamente a realidade, é necessário balancear os átomos, garantindo que a lei da conservação das massas seja respeitada, ou seja, que o número total de átomos de cada elemento seja o mesmo nos dois lados da seta. No caso da reação entre o sódio e a água, a equação balanceada fica:

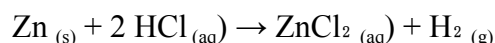


Aqui, os números que antecedem as fórmulas são os coeficientes estequiométricos, que indicam a proporção em que as substâncias reagem e se formam. Além disso, os símbolos (s), (l), (g) e (aq)

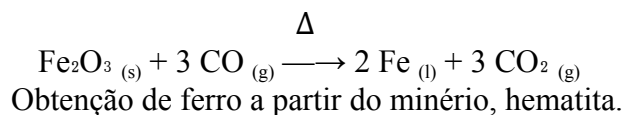
informam o estado físico dos reagentes e produtos: sólido, líquido, gasoso e aquoso, respectivamente (ATKINS; JONES, 2006).

A partir dessa interpretação, compreende-se que 2 mols de sódio reagem com 2 mols de água, produzindo 2 mols de hidróxido de sódio e 1 mol de hidrogênio gasoso. Essa relação reflete o comportamento das substâncias em nível microscópico e mostra que os coeficientes estequiométricos indicam também as proporções quantitativas da reação. Assim, uma equação química balanceada expressa tanto os aspectos qualitativos (quem reage e quem se forma) quanto os quantitativos (em que proporções), sendo uma das ferramentas fundamentais para o estudo da Química (ATKINS; JONES, 2006).

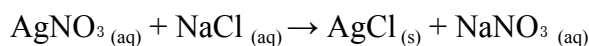
1. Formação de gás: Liberação de gás.



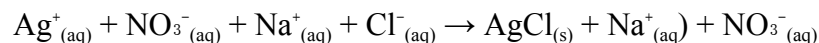
2. Oxirredução: Transferência de elétrons.



3. Precipitação: Formação precipitado (geralmente) sólido pouco solúvel em água. O precipitado é uma substância sólida (ou gelatinosa) insolúvel ou com baixa solubilidade do soluto a uma dada temperatura.

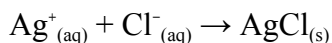


A equação iônica completa de uma reação de precipitação mostra todos os íons dissolvidos presentes em solução. Na reação de precipitação do cloreto de prata temos:



Os íons Na^+ e NO_3^- aparecem em ambos os lados da equação sem sofrer alteração, isto é, não participam efetivamente da reação. Esses íons são chamados de íons espectadores, pois permanecem inalterados durante o processo, como meros “observadores” de uma reação química (ATKINS; JONES, 2006). Como os íons espectadores não influenciam a formação do precipitado, eles podem ser

cancelados de ambos os lados da equação. Assim, obtemos a equação iônica simplificada:

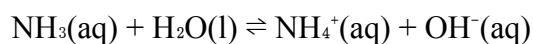


A equação iônica simplificada mostra que os íons Ag⁺ combinam-se com os íons Cl⁻ e precipitam como cloreto de prata, AgCl.

4. **Ácido-base:** Historicamente, chamou-se ácido às substâncias de sabor azedo (como o vinagre, que contém ácido acético, CH₃COOH) e base às que lembravam gosto de sabão. Hoje, essas identificações sensoriais são evitadas por segurança. Utilizam-se indicadores ácido-base, como o tornassol, um corante vegetal: soluções ácidas tornam o tornassol vermelho, enquanto soluções básicas (alcalinas) o deixam azul. Além disso, o pH-metro permite determinar rapidamente se uma solução é ácida (pH < 7) ou básica (pH > 7). Uma das primeiras definições formais é a de Arrhenius (1884):

- **Ácido de Arrhenius:** substância que contém hidrogênio e forma íons H⁺ em água.
- **Base de Arrhenius:** substância que produz íons hidróxido (OH⁻) em água.

Moléculas covalentes podem ionizar-se em água e comportar-se como bases no sentido de Arrhenius; a amônia é o exemplo clássico:



As definições de Arrhenius são úteis, mas dependem do solvente água: ácido é quem gera H⁺(aq) e base é quem gera OH⁻(aq) em solução aquosa. Quando os químicos passaram a estudar outros solventes (por exemplo, amônia líquida), observaram padrões de comportamento ácido-base semelhantes, mas a definição de Arrhenius deixa de se aplicar. (ATKINS; JONES, 2006). Para explicar essa limitação, utiliza-se a abordagem Brønsted–Lowry, na qual ácido é doador de próton (H⁺) e base é aceitadora de próton, válida em diversos meios, mas não entraremos em detalhes aqui,

2. **Objetivo:** Compreender e explicar reações em meio aquoso com base em evidências

experimentais e em representações químicas.

3. Materiais e reagentes:

- Tubos de ensaio + suporte
- Pisseta com água destilada
- Pipetas Pasteur
- Papel toalha
- Nitrato de sódio (NaNO_3)
- Cloreto de bário (BaCl_2)
- Sulfato de cobre (CuSO_4)
- Sulfato de sódio (Na_2SO_4)
- Carbonato de cálcio (CaCO_3)
- Ácido clorídrico diluído
- Hidróxido de sódio (NaOH)
- Cloreto de amônio (NH_4Cl)
- Cloreto de sódio (NaCl)
- Papel de tornassol
- Béquers

4. Procedimento experimental

Em cada teste realizado nos tubos de ensaios, anote no caderno: observação, explicação e as equações químicas, representando os estados físicos e balanceamento. Ao final de cada item, explique qual evidência sustenta sua conclusão.

2.1 Adicionar 2 mL (~40 gotas) de água destilada. Adicionar a ponta de espátula de cloreto de sódio. Agitar e observar.

2.2 Adicionar 2mL (~40 gotas) da solução de ácido clorídrico 4M. Adicionar água destilada. Agitar e observar.

Para os testes **2.3** e **2.4** utilize a tabela 1 e escreva as e as equações global, iônica completa e iônica

líquida (ou simplificada) com estados físicos e espécies espectadoras.

2.3 Adicionar 2 mL (~40 gotas) da solução de cloreto de bário. Adicionar 2 mL (~40 gotas) da solução de sulfato de sódio. Agitar e observar.

2.4 Adicionar 2 mL (~40 gotas) da solução de nitrato de sódio. Adicionar 2 mL (~40 gotas) da solução de sulfato de cobre. Agitar e observar.

2.5 Adicionar 2 mL (~40 gotas) da solução de ácido clorídrico diluído. Adicionar 2 mL (~40 gotas) da solução de carbonato de cálcio. Agitar e observar.

2.6 Umedeça levemente um pedaço de papel de tornassol vermelho e observe sua cor inicial (utilize o béquer para umedecer o papel de tornassol). Em seguida, coloque o papel na boca do tubo de ensaio, sem deixá-lo encostar na solução. No tubo, adicione 2 mL (~40 gotas) da solução de hidróxido de sódio (NaOH) e 2 mL (~40 gotas) de cloreto de amônio (NH₄Cl). Anote se ocorre mudança na coloração do papel de tornassol umedecido após alguns segundos.

Tabela: Tabela de solubilidade

Solúveis

Nitratos (NO₃⁻): Não há exceções.

Cloretos, brometos e iodetos são solúveis. Exceções: sais desses ânions com Pb²⁺, Hg₂²⁺ e Ag⁺ (insolúveis)

Acetato (C₂H₃O₂⁻): Não há exceções

Sulfatos (SO₄²⁻): Solúveis. Exceções: Ba²⁺Pb²⁺, Hg₂²⁺ e Sr²⁺

Não solúveis

Carbonatos (CO₃²⁻): Insolúveis. Exceções: cátions dos metais alcalinos e NH₄⁺

Fosfatos (PO₄³⁻): Insolúveis. Exceções: cátions dos metais alcalinos e NH₄⁺

Sulfeto (S²⁻): Insolúveis. Exceções: cátions dos metais alcalinos, NH₄⁺ e Ca⁺, Sr²⁺, Ba²⁺

Hidróxidos (OH⁻): Insolúveis. Exceções: cátions dos metais alcalinos e Ca⁺, Sr²⁺, Ba²⁺

Fonte: adaptado pela autora da aula de Introdução ao Laboratório Químico, 2025.

APÊNDICE B: SITUAÇÃO-PROBLEMA

Aula 2 : Situação- problema

Antes de começar, leia com atenção a situação-problema do quadro 1 e o guia de dicas. Use o que foi trabalhado na aula anterior para planejar e justificar suas decisões.

Quadro 1: Descrição da situação-problema

Em junho de 2003, um caso ocorrido na indústria farmacêutica brasileira mobilizou a atenção da população em função das mortes provocadas por um contraste radiológico. Esse produto por suspensão à base de bário, amplamente utilizado em exames de imagem para facilitar a visualização de órgãos internos.

Após a morte de 20 pacientes, o lote do contraste radiológico foi submetido a análises laboratoriais que apontaram a presença de carbonato de bário como contaminante. Diferentemente do sulfato de bário, um sal insolúvel e seguro para o uso, o carbonato de bário é solúvel e altamente tóxico se ingerido acidentalmente. Logo, surge a pergunta: o que pode ter acontecido para que um produto considerado seguro se tornasse mortal?

Então, *bora lá*, futuros professores de Química! Vamos investigar esse grave acidente para entender o que ocasionou a morte de mais de vinte pessoas e compreender, a partir dos conceitos químicos estudados, o que pode ter dado errado no processo de fabricação do contraste. Vamos fazer alguns combinados antes:

4. Não utilize ou pesquise o caso no celular;
5. Discuta o caso com o seu grupo, levantem e anotem as hipóteses;
6. Suas explicações devem basear-se nos conceitos de reações em solução aquosa (visto na aula passada).

Reflitam também sobre as questões econômicas, técnicas e éticas que envolvem a produção, o controle de qualidade e a comercialização de substâncias químicas destinadas ao uso humano. Pensem quais poderiam ser os motivos da presença da substância perigosa na formulação do produto utilizado pelas vítimas? Quais as reações químicas envolvidas no processo de fabricação e no organismo humano quando os produtos químicos envolvidos no caso investigado são ingeridos? Como o acidente poderia ter sido evitado pelos responsáveis técnicos da indústria farmacêutica?

Fonte: A autora, 2025.

Estratégia geral:

- 1) Comece pelo fenômeno mais evidente. Escolha primeiro um teste que gere evidência direta e fácil de observar; depois use um teste confirmatório de outra natureza.
- 2) Rotule e isole. Rotule tubos e pipetas. Evite contaminação cruzada (mesma pipeta para reagentes diferentes = dados inválidos).
- 3) Controle sua incerteza. Se o resultado ficar ambíguo, pergunte: “Que outro dado independente reduziria a dúvida?”

Perguntas norteadoras:

- 1) “Qual único teste eu faria se tivesse tempo e reagente limitados? E qual seria meu confirmatório?”
- 2) “Minha conclusão depende de um dado só? Como reforçá-la com outro tipo de evidência?”

Quadro 2: solubilidade de sais de bário

Sal	Solubilidade em água	Solubilidade em meio ácido
Cloreto de bário ($BaCl_2$)	Solúvel	Insolúvel
Sulfato de bário ($BaSO_4$)	Insolúvel	Solúvel somente em ácidos concentrados
Carbonato de bário ($BaCO_3$)	Insolúvel	Solúvel

Fonte: elaborado pela autora, 2025