

DETETIVES FORENSES: RELATO DE EXPERIÊNCIA DO ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA PARA ALUNOS DE ENSINO MÉDIO UTILIZANDO A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

FORENSIC DETECTIVES: AN ACCOUNT OF TEACHING STOICHIOMETRY TO HIGH SCHOOL STUDENTS USING PROBLEM-BASED LEARNING

Ana Luíza do Nascimento Matias Santos¹

Epitácio Alves Palmeira²

Eduardo Lima dos Santos³

Francielle Moura de Oliveira Bernardo⁴

Resumo: O ensino de estequiometria no Ensino Médio apresenta desafios relacionados à articulação entre conceitos químicos, cálculos e interpretação de situações-problema, evidenciando a necessidade de estratégias didáticas que aproximem o conteúdo de contextos significativos para os estudantes. Diante deste problema, este trabalho teve como objetivo desenvolver e analisar uma proposta didática investigativa, denominada CSI Forense da Estequiometria, destinada à abordagem de conceitos estequiométricos por meio da resolução de um caso fictício de investigação criminal. A proposta foi fundamentada nos princípios das metodologias ativas, especialmente na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), na gamificação, na experimentação investigativa e na contextualização da química forense. Trata-se de um relato de experiência de natureza qualitativa, desenvolvido no Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, com uma turma do 1^a ano do curso Técnico Integrado em Eletrotécnica, organizado em três equipes investigativas. A aplicação foi estruturada em quatro fases,

1 Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Maceió, Alagoas, Brasil.

2 Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Maceió, Alagoas, Brasil.

3 Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Maceió, Alagoas, Brasil.

4 Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Maceió, Alagoas, Brasil.



nas quais os estudantes realizaram atividades de balanceamento químico, identificação de caráter ácido ou básico, experimentação com bicarbonato de sódio e vinagre e análise integrada das evidências para identificação do suspeito. Durante a atividade, foram utilizados QR Codes, pranchetas investigativas, fichas dos suspeitos, evidências físicas e experimentos químicos como elementos de progressão da narrativa. Os resultados observados indicaram participação ativa dos estudantes, interação entre os integrantes das equipes, mobilização de conhecimentos químicos, realização de procedimentos experimentais e utilização das evidências para construção da hipótese final. Destacou-se a associação espontânea entre o comportamento da reação de bicarbonato de sódio e vinagre e as informações presentes nas fichas dos suspeitos. Conclui-se que a proposta apresentou potencial como recurso didático para contextualizar o ensino de Estequiometria e favorecer a articulação entre conhecimento químico, experimentação, investigação e tomada de decisão.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas; Estequiometria; Experimentação; Química Forense.

Introdução

A Química ocupa papel fundamental na formação científica dos estudantes ao possibilitar a compreensão das transformações da matéria e de diversos fenômenos presentes no cotidiano. Entretanto, apesar de sua relevância, o ensino dessa disciplina ainda enfrenta inúmeros desafios, especialmente no que diz respeito à aprendizagem de conteúdos considerados abstratos e que demandam elevado nível de raciocínio lógico e matemático. Entre esses conteúdos, a estequiometria destaca-se como um dos temas que historicamente apresentam maiores índices de dificuldade entre estudantes do Ensino Médio, uma vez que exige a articulação entre conceitos químicos, interpretação de fenômenos, proporcionalidade matemática e representação simbólica das reações químicas (Rosa; Schnetzler, 1998; Mortimer; Machado, 2016).



Diversos estudos apontam que o ensino tradicional, centrado na exposição oral do conteúdo e na resolução repetitiva de exercícios, contribui para que a estequiometria seja frequentemente percebida pelos estudantes como um conjunto de cálculos mecânicos e descontextualizados, dificultando a construção de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2003). Nessa perspectiva, muitos alunos desenvolvem estratégias baseadas exclusivamente na memorização de fórmulas e procedimentos algorítmicos, sem compreender as relações existentes entre as proporções químicas envolvidas nas reações e sua aplicação em situações reais.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça que o ensino das Ciências da Natureza deve favorecer o protagonismo estudantil, a resolução de problemas, a investigação científica e a contextualização dos conhecimentos, aproximando os conteúdos escolares de situações concretas vivenciadas pelos estudantes (Brasil, 2018). Assim, torna-se necessário superar práticas exclusivamente transmissíveis e incorporar metodologias que estimulem a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento científico.

Nesse contexto, as metodologias ativas têm ocupado espaço crescente nas pesquisas em ensino, por promover situações em que o estudante deixa de assumir apenas o papel de receptor de informações e passa a atuar como sujeito ativo do processo de aprendizagem (Moran, 2018). Dentre essas metodologias, destaca-se aprendizagem baseada em problemas onde os estudantes constroem o conhecimento a partir da resolução de situações-problema reais ou simuladas (Kapp, 2012; Deterding et al., 2011).

Foi com base nesses pressupostos que surgiu a proposta do “CSI Forense da Estequiometria Química”. A proposta vai além da resolução sequencial de exercícios ao incorporar uma narrativa investigativa inspirada na ciência forense, estruturando o processo de aprendizagem em diferentes fases progressivas. Ao longo da atividade, os estudantes assumem o papel de peritos criminais responsáveis por solucionar um caso fictício de homicídio ocorrido em um laboratório de Química, utilizando conhecimentos de estequiometria para interpretar evidências, realizar experimentos, responder desafios disponibilizados por meio de QR Codes e, ao final, identificar o suspeito compatível com os

resultados obtidos durante a investigação.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver, aplicar e analisar a proposta didática “CSI Forense da Estequiometria Química” como estratégia metodológica baseada em investigação científica e experimentação para o ensino de estequiometria no Ensino Médio, buscando compreender suas contribuições para o engajamento dos estudantes e para a aprendizagem dos conceitos estequiométricos.

Referencial Teórico

O ensino de estequiometria e as dificuldades de aprendizagem

A estequiometria ocupa uma posição central no ensino de Química por possibilitar a compreensão das relações quantitativas envolvidas nas transformações químicas, permitindo estabelecer conexões entre a composição das substâncias, as equações químicas balanceadas e a conservação da matéria. Trata-se de um conteúdo estruturante para a aprendizagem de diversos temas posteriores da disciplina, como soluções, equilíbrio químico, cinética química e eletroquímica. Apesar de sua importância, diversos estudos apontam que a Estequiometria permanece entre os conteúdos que apresentam maiores índices de dificuldade de aprendizagem entre estudantes do Ensino Médio, sendo frequentemente associada a elevados índices de erros conceituais, insegurança durante a resolução de problemas e desmotivação em relação à disciplina (Costa; Souza, 2013; Seabra; Ribeiro, 2022).

As dificuldades encontradas pelos estudantes não estão relacionadas exclusivamente à realização de cálculos matemáticos; embora a interpretação de proporções, regras de três e operações algébricas represente um obstáculo significativo, pesquisas recentes demonstram que o problema é mais amplo e envolve limitações na compreensão do significado químico das reações, da linguagem simbólica utilizada nas equações e da relação entre os níveis macroscópico, microscópico e representacional da Química (Seabra; Ribeiro, 2022). Dessa forma, muitos estudantes aprendem procedimentos mecânicos para resolver exercícios, mas apresentam dificuldades em explicar o



fenômeno químico que está sendo representado.

Costa e Souza (2013) em seus estudos observaram que parte significativa das dificuldades em estequiometria decorre da fragilidade dos conhecimentos matemáticos desenvolvidos ao longo da Educação Básica. Entretanto, os autores ressaltam que essa dificuldade é potencializada pela predominância de metodologias tradicionais de ensino, nas quais a resolução repetitiva de exercícios substitui a compreensão dos conceitos químicos envolvidos. Nesse modelo, o estudante tende a memorizar algoritmos de resolução sem compreender a lógica científica presente nas transformações químicas.

Nesse contexto, torna-se necessário repensar as estratégias utilizadas para o ensino da estequiometria, buscando metodologias capazes de promover maior participação dos estudantes, estimular o raciocínio científico e favorecer a construção do conhecimento a partir da resolução de situações contextualizadas. Para Piccoli (2016), quando os conceitos químicos são inseridos em problemas que dialogam com a realidade dos estudantes, o processo de aprendizagem torna-se mais significativo, permitindo que os cálculos deixem de ser um fim em si mesmos para se transformarem em ferramentas de interpretação e resolução de problemas.

Diante desse cenário, evidencia-se que a superação das dificuldades relacionadas à aprendizagem da estequiometria exige propostas metodológicas que ultrapassem o ensino centrado na repetição de exercícios. É necessário oferecer aos estudantes experiências de aprendizagem que articulem teoria e prática, incentivem a investigação e atribuam significado aos conceitos químicos por meio de situações desafiadoras e próximas da realidade. Essa perspectiva fundamenta a adoção de metodologias ativas no ensino de Química.

Metodologias ativas no ensino de Química

As metodologias ativas vêm sendo amplamente discutidas na literatura como estratégias capazes de favorecer uma aprendizagem mais participativa, contextualizada e centrada no estudante



(Cunha et al., 2024; Silva; Silva; Silva, 2025). Embora não exista uma definição única para o termo, Cunha et al. (2024) destacam que as metodologias ativas constituem um conjunto de estratégias pedagógicas cujo princípio fundamental consiste em deslocar o estudante da condição de receptor passivo de informações para uma posição de protagonista na construção do conhecimento. Nessa perspectiva, o processo de aprendizagem passa a ocorrer por meio da investigação, da resolução de problemas, da argumentação, da experimentação e da interação entre os participantes, favorecendo o desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e científicas.

No ensino de Química, a adoção de metodologias ativas mostra-se particularmente relevante devido à natureza abstrata de muitos conteúdos abordados ao longo da Educação Básica. Conceitos relacionados à estrutura da matéria, transformações químicas, equilíbrio, cinética e estequiometria exigem do estudante não apenas memorização de fórmulas, mas também capacidade de interpretação, análise de fenômenos e resolução de situações-problema. Quando esses conteúdos são apresentados de maneira exclusivamente expositiva, muitos estudantes demonstram dificuldades em estabelecer relações entre a teoria estudada e sua aplicação em situações concretas (Cunha et al., 2024).

Nesse sentido, diferentes pesquisas evidenciam que estratégias fundamentadas em metodologias ativas contribuem significativamente para aumentar o interesse dos estudantes pelas aulas de Química, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio científico e da aprendizagem significativa. Segundo Silva, Silva e Silva (2025), abordagens como ensino híbrido, sala de aula invertida, gamificação, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem colaborativa e aprendizagem baseada em problemas (ABP) apresentam resultados positivos quanto ao engajamento dos estudantes e ao desenvolvimento de habilidades como comunicação, cooperação, tomada de decisão e resolução de problemas.

Entre as diferentes estratégias fundamentadas nas metodologias ativas, destaca-se a aprendizagem baseada em problemas (ABP), abordagem que utiliza situações-problema como ponto de partida para o desenvolvimento do conhecimento científico, estimulando a investigação, a cooperação e a construção coletiva de soluções. Por suas características, essa metodologia apresenta

grande potencial para o ensino de Química, especialmente quando associada a contextos investigativos capazes de aproximar os conteúdos científicos da realidade vivenciada pelos estudantes.

Aprendizagem baseada em problemas como estratégia para o ensino de Química

A ABP constitui uma das metodologias ativas mais consolidadas na literatura educacional por promover uma aprendizagem centrada no estudante, na investigação e na resolução de situações-problema contextualizadas. Diferentemente do modelo tradicional de ensino, em que o conteúdo é inicialmente apresentado pelo professor para, posteriormente, ser aplicado em exercícios, na ABP o processo ocorre de maneira inversa: o problema torna-se o ponto de partida da aprendizagem. A partir dele, os estudantes são instigados a levantar hipóteses, buscar informações, discutir possibilidades, testar soluções e construir conhecimentos de forma colaborativa (Oliveira et al., 2020; Moura, 2024).

Essa perspectiva aproxima-se da concepção defendida por Freire (1996), segundo a qual ensinar não significa transferir conhecimentos prontos, mas criar condições para que os próprios estudantes participem ativamente da construção do saber. Nessa abordagem, aprender deixa de ser um processo passivo de recepção de informações para tornar-se uma atividade investigativa, marcada pela problematização da realidade, pela reflexão crítica e pela autonomia intelectual. Embora Freire não tenha desenvolvido especificamente a ABP, seus princípios pedagógicos dialogam diretamente com essa metodologia ao reconhecer o estudante como sujeito ativo do processo educativo.

No contexto do ensino de Química, a ABP apresenta potencial significativo para superar limitações frequentemente observadas nas práticas tradicionais de ensino. Conteúdos como estequiometria, equilíbrio químico e cinética química costumam ser abordados por meio da resolução repetitiva de exercícios, o que favorece a memorização de algoritmos sem necessariamente promover a compreensão dos fenômenos envolvidos. Ela rompe com essa lógica ao propor que o conhecimento químico seja construído em função da necessidade de solucionar um problema concreto, atribuindo significado aos conceitos científicos mobilizados durante a investigação (Piccoli, 2016).



Segundo Moura (2024), quando problemas investigativos relacionados à Química são apresentados aos estudantes, observa-se um aumento significativo da curiosidade, da motivação e do envolvimento nas atividades. Isso ocorre porque o desafio proposto desperta a necessidade de compreender os conceitos científicos para alcançar uma solução plausível, fazendo com que a aprendizagem deixe de estar centrada apenas na obtenção da resposta correta e passe a valorizar todo o percurso investigativo desenvolvido pelos grupos.

Outro aspecto relevante refere-se ao desenvolvimento de competências que extrapolam os conhecimentos específicos da disciplina. Ao trabalharem em pequenos grupos, os estudantes precisam discutir hipóteses, justificar suas ideias, confrontar diferentes pontos de vista e tomar decisões coletivas baseadas em evidências. Vasconcelos e Chitolina (2020) destacam que esse processo favorece o desenvolvimento da comunicação científica, da argumentação, do pensamento crítico, da cooperação e da responsabilidade compartilhada, competências consideradas essenciais para a formação cidadã e científica.

Além disso, a literatura evidencia que a aprendizagem construída por meio da resolução de problemas apresenta maior potencial para produzir conhecimentos duradouros quando comparada ao ensino exclusivamente expositivo. Isso ocorre porque o estudante estabelece relações entre conceitos previamente aprendidos e novas informações obtidas durante a investigação, reorganizando continuamente seus esquemas cognitivos. Dessa forma, o conhecimento deixa de ser compreendido como um conjunto fragmentado de conteúdos para constituir uma rede de significados construída ao longo da experiência investigativa (Oliveira et al., 2020).

Entretanto, para que a ABP alcance seus objetivos pedagógicos, o problema apresentado aos estudantes deve possuir características específicas. Conforme discutem Moura (2024) e Oliveira et al. (2020), a situação-problema precisa ser suficientemente complexa para exigir investigação, mas ao mesmo tempo compatível com o nível de conhecimento dos participantes. Além disso, deve favorecer diferentes possibilidades de resolução, estimular a formulação de hipóteses e exigir a mobilização integrada de conceitos científicos, evitando atividades cuja resposta possa ser obtida apenas pela

memorização de conteúdos.

Esses princípios fundamentam o planejamento da proposta didática desenvolvida neste estudo. Em vez de apresentar exercícios isolados sobre cálculos estequiométricos, optou-se pela construção de uma narrativa investigativa na qual os estudantes assumem o papel de peritos responsáveis pela resolução de um caso criminal fictício. Nesse contexto, cada desafio exige a utilização dos conceitos de estequiometria para interpretar evidências experimentais, analisar informações e tomar decisões fundamentadas. Assim, o conteúdo deixa de representar apenas um conjunto de cálculos químicos e passa a constituir uma ferramenta para solucionar um problema investigativo, aproximando o processo de aprendizagem da prática científica.

Dessa maneira, a aprendizagem baseada em problemas configura-se não apenas como uma metodologia de ensino, mas como o eixo estruturante da proposta apresentada neste trabalho. Ao articular investigação, experimentação, cooperação e resolução de problemas contextualizados, a ABP fornece as bases pedagógicas necessárias para o desenvolvimento de atividades capazes de promover uma aprendizagem significativa da estequiometria, favorecendo tanto a compreensão dos conceitos químicos quanto o desenvolvimento de competências investigativas indispensáveis à formação dos estudantes.

Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de abordagem qualitativa, de natureza aplicada e caráter descritivo, desenvolvido por meio de uma pesquisa-intervenção voltada ao ensino de Química. De acordo com Gil (2022), pesquisas de natureza aplicada buscam produzir conhecimentos direcionados à resolução de problemas concretos, enquanto a abordagem qualitativa permite compreender fenômenos educacionais a partir das interações estabelecidas entre os participantes durante o processo de ensino e aprendizagem. Complementarmente, a pesquisa-intervenção caracteriza-se pela atuação direta do pesquisador no contexto investigado, promovendo transformações intencionais na prática



educativa ao mesmo tempo em que analisa seus efeitos (Damiani et al., 2013; André, 2020).

A intervenção pedagógica foi realizada com uma turma do 1º ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, durante o desenvolvimento do conteúdo de estequiometria. A proposta consistiu na elaboração, aplicação e análise do jogo didático CSI Forense da Estequiometria, concebido como um produto educacional fundamentado na aprendizagem baseada em problemas (ABP) e na experimentação investigativa. A atividade teve como objetivo proporcionar aos estudantes uma situação-problema contextualizada, estimulando a construção do conhecimento por meio da investigação científica, da resolução de desafios químicos e da tomada de decisões colaborativas.

A proposta foi seguida de sete etapas: 1. divisão das equipes (alfa, gama e beta); 2. encenação do homicídio; 3. narrativa do caso; 4. fase vermelha; 5. fase amarela a e b; 6. Fase verde; 7. fase preta - identificação do criminoso.

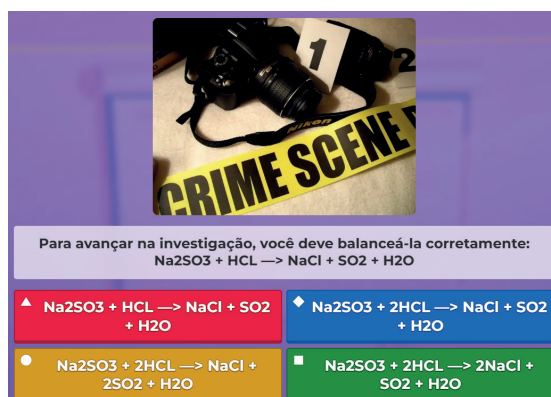
Na primeira etapa, divisão dos grupos, os estudantes foram distribuídos aleatoriamente em três equipes, denominadas alfa, beta e gama. Cada participante recebeu um crachá correspondente à sua equipe, enquanto cada grupo recebeu uma prancheta investigativa contendo todas as informações necessárias para o desenvolvimento da atividade. A prancheta reunia o resumo inicial da investigação, fichas individuais dos três suspeitos, espaço destinado ao registro das evidências encontradas, folhas para resolução das questões químicas e área reservada para elaboração da hipótese final sobre a autoria do crime.

Na segunda etapa, a encenação, a professora realizou a simulação do homicídio fictício diante dos participantes. A demonstração teve exclusivamente finalidade didática e cenográfica, sendo conduzida pelo professor responsável em condições previamente controladas, respeitando os procedimentos de segurança necessários para atividades experimentais.

Após a encenação, foi apresentada aos estudantes a narrativa do caso, etapa 3. Foi informado que a professora havia sido encontrada morta no laboratório e que três cientistas figuravam como principais suspeitos. Nesse momento, as equipes passariam a atuar como peritos responsáveis pela reconstrução dos acontecimentos e identificação do autor do crime.

O início das fases investigativas deu-se através a resolução de uma questão envolvendo balanceamento de equações químicas, veja Figura 1. Após validar a resposta apresentada pela equipe, a professora entregava um QR Code contendo a identificação numérica da impressão digital que deveria ser localizada. Com essa informação, os estudantes iniciavam uma busca pelas cenas montadas, utilizando uma solução reveladora disponibilizada pela professora (solução de açafrão e álcool), as equipes aplicavam o reagente sobre os papéis encontrados até localizar a impressão digital correspondente ao número informado pelo QR Code. A digital encontrada passava a compor o conjunto de evidências da investigação.

Figura 1. Questão associada ao QR Code da fase vermelha



Fonte: Autores, 2026.

Na etapa cinco, a segunda cena investigativa, cada equipe recebeu duas soluções desconhecidas e realizou um experimento utilizando indicador ácido-base para identificar corretamente qual solução apresentava caráter ácido e qual apresentava caráter básico. Após a validação experimental pela professora, ocorreu uma ramificação da narrativa. Quando a resposta estava correta, a equipe recebia o QR Code A, veja Figura 2a, direcionando-a para um problema estequiométrico específico. Quando a identificação apresentava inconsistências, era disponibilizado o QR Code B, veja Figura 2b, conduzindo os estudantes para uma segunda situação-problema que permitia revisar o raciocínio

desenvolvido anteriormente. Essa organização foi planejada para transformar o erro em oportunidade de aprendizagem, mantendo todas as equipes inseridas na investigação sem interromper a progressão da narrativa.

Figura 2. Questão associada ao QR Code da fase amarela

a)



A perícia encontrou 6,3 g de Na_2SO_4 em uma bancada. descubra a quantidade de gás liberado. (Massa molar: 126 g/mol)

▲ 0,05 mol	◆ 1,26 mol
● 0,005 mol	■ 0,5 mol

b)



Com base no cálculo anterior, sabe-se que 0,05 mol de Na_2SO_4 reagem e liberam 0,05 mol de SO_2 . Qual é a massa de SO_2 ?

▲ 3,2 g	◆ 6,4 g
● 0,32 g	■ 32 g

Fonte: Autores, 2026.

Na etapa seis, cena investigativa 3, foi desenvolvido um experimento envolvendo bicarbonato de sódio e vinagre. Inicialmente, os estudantes realizaram a pesagem das quantidades de bicarbonato utilizando uma balança digital. Em seguida, adicionaram o vinagre e observaram qualitativamente a intensidade da efervescência produzida pela reação. As observações realizadas deveriam ser comparadas às informações presentes nas fichas dos suspeitos, nas quais constavam descrições relacionadas ao perfil experimental de cada personagem, como preferência por reações rápidas, lentas ou de elevada intensidade. Dessa maneira, os resultados experimentais deixavam de representar apenas uma demonstração química, passando a constituir evidências utilizadas para fortalecer ou descartar hipóteses investigativas. Após a interpretação dos resultados, o professor disponibiliza um novo QR Code que conduzia à etapa final, veja Figura 3.

Figura 3. Questão associada ao QR Code da fase verde



Fonte: Autores, 2026.

Na última etapa, todas as evidências produzidas durante a investigação foram reunidas pelas equipes. As impressões digitais encontradas, os resultados experimentais, as resoluções das questões estequiométricas e as informações constantes nas fichas dos suspeitos foram analisadas de forma integrada para identificar o possível autor do crime. Além da indicação do suspeito, cada equipe elaborou uma justificativa científica detalhada relacionando os conceitos químicos mobilizados ao longo da investigação com as evidências produzidas durante as quatro fases.

Essa justificativa constituiu o principal instrumento avaliativo da intervenção, permitindo analisar tanto o domínio conceitual da estequiometria quanto a capacidade argumentativa e investigativa desenvolvida pelos estudantes. Os dados da pesquisa foram constituídos pelas resoluções das questões propostas, pelos registros produzidos nas pranchetas investigativas, pelas justificativas apresentadas na fase final, pelas observações registradas em diário de campo pelo pesquisador durante toda a intervenção e pelo desempenho das equipes ao longo da atividade.

O sistema de avaliação atribuiu 550 pontos para cada fase corretamente concluída. Na fase preta (última fase), além da pontuação referente à identificação correta do suspeito, as equipes puderam obter até 1000 pontos adicionais pela qualidade da justificativa científica apresentada, considerando a coerência argumentativa, a integração das evidências produzidas durante o jogo e a utilização adequada dos conceitos químicos discutidos ao longo da intervenção. Posteriormente, a

pontuação total foi convertida proporcionalmente para uma escala de 0 a 10, correspondente à nota da avaliação bimestral da disciplina.

Resultados e discussões

A aplicação da ABP

A aplicação do produto educacional CSI Forense da Estequiometria ocorreu após a abordagem dos conteúdos de balanceamento de equações químicas e estequiometria, tendo como propósito proporcionar aos estudantes uma situação na qual esses conhecimentos pudessem ser mobilizados para a resolução de um problema contextualizado. Para isso, a proposta articulou elementos de ABP, experimentação e investigação, organizados a partir de uma narrativa de caráter forense.

A atividade teve início com a divisão dos grupos, sendo organizados em alfa, beta e gama. Cada participante recebeu um crachá correspondente à sua equipe, enquanto os grupos receberam as pranchetas investigativas contendo as fichas dos suspeitos e os espaços destinados ao registro das informações obtidas ao longo da atividade. As fichas apresentavam características e informações que, isoladamente, não permitiam determinar o responsável pelo crime. A identificação do suspeito dependeria da articulação dessas informações com as evidências produzidas durante as fases, Figura 4.

Figura 4. Fichas criminais com as informações dos suspeitos

CIS	
Ficha da Suspeita N° 2 	
Nome:	Ana Luíza
Área de Pesquisa:	Reatividade de sais em soluções aquosas
Quantidade de Na_2SO_3 utilizada:	6,3g
Volume de HCl usado:	14,50 mL (2,0 mol/L)
Inventário:	Frasco de HCl com rótulo parcialmente apagado.
Justificativa:	"Segui um procedimento antigo da professora, adaptei volumes conforme lembrei na hora."
Análise química:	• 6,3 g de $\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow 0,05000 \text{ mol}$ • Necessário de HCl: 0,10000 mol • Usado: $0,01450 \text{ L} \times 2,0 = 0,02900 \text{ mol}$ • Excesso: 0,07100 mol
Registro de presença:	Ana acessou o laboratório perto do horário da liberação.
Ficha do Suspeito N° 1 	
Nome:	Eptácio
Área de Pesquisa:	Cinética e controle de emissão gasosa
Quantidade de Na_2SO_3 utilizada:	7,0 g
Volume de HCl usado:	15,18 mL (2,0 mol/L)
Inventário:	Frasco com gotejamento seco e tampa mal fechada.
Justificativa:	"Testei o controle da velocidade de liberação, precisava ter segurança de que a reação não travasse."
Análise química:	• 7,0 g de $\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow 0,05556 \text{ mol}$ • Necessário de HCl: 0,11111 mol • Usado: $0,01518 \text{ L} \times 2,0 = 0,03036 \text{ mol}$ • Excesso: 0,07111 mol
Registro de presença:	Eptácio permaneceu no laboratório mais cedo, deixando o local às pressas poucos minutos antes do incidente.
Ficha do Suspeito N° 3 	
Nome:	Cláudio
Área de Pesquisa:	Processos de liberação lenta de gás
Quantidade de Na_2SO_3 utilizada:	6,3 g
Volume de HCl usado:	13,90 mL (2,0 mol/L)
Inventário:	Frasco devolvido com tampa mal rosqueada.
Justificativa:	"Quis observar uma liberação mais lenta, por isso medi volumes menores."
Análise química:	• 6,3 g de $\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow 0,05000 \text{ mol}$ • Necessário de HCl: 0,10000 mol • Usado: $0,01390 \text{ L} \times 2,0 = 0,02780 \text{ mol}$ • Excesso: 0,06688 mol
Registro de presença:	Cláudio entrou pelo laboratório rapidamente, em um horário anterior, para coletar materiais e saiu logo em seguida.

Fonte: Autores, 2026.

A divisão em equipes buscou favorecer o trabalho colaborativo, estimulando a argumentação, a negociação de ideias e a construção coletiva das soluções propostas, aspectos frequentemente associados às metodologias ativas de aprendizagem (Bacich; Moran, 2023).

Posteriormente houve uma encenação que simulava o acontecimento que desencadearia a investigação. A professora responsável pela turma participou da representação como vítima, enquanto integrantes envolvidos na organização da atividade assumiram os demais personagens necessários à construção da narrativa. Durante a encenação, foi realizado um experimento envolvendo permanganato de potássio e água oxigenada, planejado previamente para produzir uma intensa liberação gasosa e contribuir para a representação do acidente ocorrido no laboratório, veja Figura 5.

Figura 5. Ilustração da encenação realizada pela professora



Fonte: Autores, 2026.

Após a encenação, a professora responsável pela condução realizou uma breve contextualização do caso e apresentou os três suspeitos que seriam investigados ao longo da atividade. Nesse momento também foram apresentadas as regras gerais do jogo, incluindo o sistema de pontuação, o tempo destinado à resolução dos desafios, a necessidade de escolha de representantes para determinadas tarefas e o funcionamento dos QR Codes.

Um aspecto importante da estrutura final foi o controle dos QR Codes. Diferente de atividade em que os estudantes poderiam acessar livremente as etapas seguintes, os códigos permaneceram sob posse dos organizadores. Cada código somente era disponibilizado após a equipe cumprir corretamente a tarefa correspondente. Dessa forma, o QR Code funcionou como mecanismo de progressão da investigação, vinculando o avanço da narrativa ao cumprimento dos desafios químicos.

A fase vermelha, iniciou efetivamente o processo investigativo. Nessa etapa, os estudantes deveriam resolver uma questão envolvendo o balanceamento de uma equação química, como visto na Figura 1. O desafio retomava um conhecimento previamente trabalhado em sala e o transformava em uma condição necessária para o prosseguimento da investigação. Após a resolução, a equipe apresentava sua resposta ao organizador e, mediante o acerto eles podiam seguir para a cena do crime

onde os detetives precisavam identificar as digitais do suspeito em fragmentos de papéis através da revelação das impressões digitais com a solução de açafrão e álcool, Figura 6. Observou-se, nesse momento, uma mudança na dinâmica das equipes, que passaram a dividir entre si as funções de procura, manipulação dos materiais e interpretação das informações encontradas. Após encontrarem a digital, os detetives podiam seguir para a fase amarela.

Figura 6. Busca dos fragmentos e procedimento de revelação das impressões digitais



Fonte: Autores, 2026.

A articulação entre o balanceamento e a procura pelas evidências constitui um dos elementos centrais da proposta. A questão química não foi apresentada como um exercício isolado, mas como uma etapa necessária para a realização da investigação. Essa organização contribuiu para estabelecer uma relação de dependência entre os diferentes componentes do jogo: resolver o problema permitia avançar; avançar possibilitava encontrar uma evidência; e a evidência, posteriormente, deveria ser relacionada às informações dos suspeitos.

Na fase amarela, a proposta introduziu uma nova forma de interação com o conhecimento químico. Inicialmente, os estudantes deveriam identificar experimentalmente se determinada solução apresentava caráter ácido ou básico, Figura 7. A partir da resposta obtida, o grupo seguia por um dos dois caminhos previamente estabelecidos. Quando a equipe identificava corretamente o caráter da

solução, recebia o QR Code A que levaria a questão A (Figura 2a). Caso a resposta estivesse incorreta, era disponibilizado o QR Code B, direcionando a equipe para uma segunda etapa da investigação (Figura 2b). Assim, o erro não provocava a interrupção da participação da equipe, mas modifica o percurso que seria seguido.

Figura 7. Experimento utilizado para determinar o caráter ácido ou básico da solução



Fonte: Autores, 2026.

As questões dispostas no QR Code trabalhavam as relações estequiométricas envolvendo massa, massa molar e número de mol. O nível de dificuldade da questão proposta no QR Code B é maior, considerando que o erro inicial resulta em penalidade no decorrer da resolução do problema. Essa característica mostrou-se relevante para a dinâmica da atividade porque permitiu incorporar o erro ao próprio funcionamento do jogo. A equipe não era eliminada nem impedida de continuar; precisava lidar com as consequências da decisão tomada e seguir um percurso diferente. Dessa forma, o erro assumiu uma função dentro da narrativa, sem comprometer a participação dos estudantes até o final da investigação.

Após essa etapa, os investigadores seguiram para a fase verde e precisavam solucionar a questão correspondente ao caminho seguido. A fase verde apresentou um dos momentos de maior integração entre experimentação e narrativa durante a aplicação. Nessa etapa foi realizada a reação entre bicarbonato de sódio e vinagre, utilizando uma pequena balança para auxiliar na determinação

das quantidades empregadas. A intenção era possibilitar aos estudantes a observação das diferenças no comportamento da reação a partir das condições experimentais estabelecidas. Os estudantes realizaram o procedimento, observaram a formação de gás e compararam a velocidade e a intensidade do fenômeno observado, Figura 8. A experiência permitiu que o conceito de velocidade de reação fosse discutido a partir de uma situação concreta, evitando que a relação entre concentração e velocidade permanecesse restrita a uma explicação abstrata.

Figura 8. Experimento de bicarbonato de sódio e vinagre



Fonte: Autores, 2026.

Após a conclusão da fase verde, os investigadores receberam o QR Code que direcionou à última questão a ser resolvida, Figura 3. A questão fazia relação estequiométrica de massa e volume de gás na CNTP, considerando que a professora morreu por envenenamento de gás, os investigadores precisavam descobrir se os suspeitos utilizaram a quantidade de gás permitida para os padrões das reações.

Neste momento, notou-se que os estudantes passaram a relacionar espontaneamente o comportamento observado nos experimentos às informações presentes nas fichas dos suspeitos. As características atribuídas aos personagens faziam referência às suas relações com diferentes tipos de reações químicas, incluindo reações rápidas, lentas ou de determinadas características. A observação experimental passou, então, a funcionar como mais uma evidência para a investigação. Esse momento merece destaque porque demonstra que o experimento não permaneceu restrito à demonstração de

um fenômeno químico.

A última fase, a fase preta, os estudantes chegaram ao momento de síntese da investigação. As equipes precisavam utilizar as informações acumuladas durante as etapas anteriores para determinar qual dos quatro suspeitos deveria ser apontado como responsável pelo crime fictício. Para isso, retomaram as fichas dos suspeitos e confrontaram suas características com as evidências obtidas durante o jogo. Esse momento exigiu uma mudança na dinâmica de resolução. Nas fases anteriores, os estudantes trabalhavam com problemas específicos, enquanto na etapa final precisavam integrar informações produzidas em momentos distintos. O resultado de uma questão, uma evidência encontrada no ambiente e uma observação realizada durante um experimento poderiam assumir significado quando analisados conjuntamente.

Figura 9. Análises dos suspeitos e organizando as evidências antes da decisão final



Fonte: Autores, 2026.

A identificação do suspeito não deveria ser apresentada simplesmente como uma escolha. As equipes precisavam justificar a conclusão utilizando os elementos acumulados ao longo da investigação e estabelecendo relações entre as evidências e os conhecimentos químicos mobilizados. Essa exigência ampliou a dimensão argumentativa da proposta, pois a equipe precisava demonstrar não somente qual suspeito havia escolhido, mas por que aquela escolha poderia ser sustentada pelas informações obtidas. Durante esse momento, observou-se a retomada de diferentes elementos do jogo. As equipes consultavam as fichas dos suspeitos, revisavam informações das fases anteriores e discutiam quais evidências poderiam ser utilizadas para sustentar a decisão. Esse comportamento evidencia que a etapa final não consistiu apenas em uma questão adicional, mas em um processo de síntese das informações construídas durante toda a atividade.

Relato da experiência

A observação da metodologia utilizada indicou que o trabalho coletivo foi um componente importante para a resolução dos desafios. Os estudantes discutiam possíveis respostas, conferiam informações, retomavam cálculos e compartilhavam responsabilidades durante os experimentos. A dinâmica competitiva entre as equipes, portanto, coexistiu com uma dinâmica colaborativa no interior de cada grupo.

Essa característica é coerente com a perspectiva das metodologias ativas, nas quais o estudante participa de maneira mais direta da construção do conhecimento e assume responsabilidades durante o processo de resolução de problemas. No caso analisado, essa participação não ocorreu apenas pela resolução das questões, mas também pela tomada de decisões, realização de procedimentos experimentais e interpretação das evidências.

A proposta também apresentou uma característica importante relacionada ao erro. Em diferentes momentos, os estudantes encontraram dificuldades para interpretar questões ou realizar procedimentos. Entretanto, essas dificuldades não interromperam a experiência. A estrutura dos



caminhos alternativos, especialmente na fase amarela, permitiu que o jogo incorporasse o erro como parte do percurso investigativo. Essa característica é pedagogicamente relevante porque uma investigação científica não se desenvolve necessariamente por meio de respostas imediatas e lineares. A formulação de hipóteses, sua avaliação e eventual reformulação constituem elementos próprios do processo investigativo. No jogo, essa lógica foi representada de maneira simplificada, permitindo que uma resposta inadequada produzisse uma mudança de percurso sem retirar do estudante a possibilidade de continuar investigando.

Observou-se que a ambientação teve papel relevante para a manutenção da atenção durante a atividade. O deslocamento pelo auditório, a procura pelas evidências, a realização dos experimentos e a necessidade de retornar às fichas dos suspeitos produziram uma dinâmica diferente daquela vivenciada durante uma aula convencional. A narrativa forneceu uma finalidade comum às diferentes ações realizadas pelos estudantes.

Foi possível perceber que a clareza das instruções é fundamental para a reprodução da atividade. Como o jogo apresenta diferentes regras, materiais e momentos de progressão, os estudantes precisam compreender claramente o que devem fazer em cada etapa. Esse aspecto é particularmente importante em uma proposta que pretende ser aplicada por outros professores, pois a atividade precisa apresentar procedimentos suficientemente detalhados para que sua execução não dependa exclusivamente do conhecimento de quem participou de sua elaboração. Apesar dessas limitações, a aplicação possibilitou observar que a integração entre experimentação, problematização e elementos de jogo pode criar condições favoráveis à participação dos estudantes na aprendizagem de conteúdos estequiométricos. O conhecimento químico foi constantemente associado a uma ação: balancear para obter uma informação, utilizar a informação para localizar uma evidência, realizar o experimento para interpretar um fenômeno e reunir as evidências para construir uma conclusão.

Essa sequência contribuiu para modificar a função tradicional atribuída aos exercícios de estequiometria. Em vez de aparecerem apenas como instrumentos de verificação da aprendizagem, os cálculos foram incorporados à resolução de um problema. A matemática necessária aos procedimentos

químicos permaneceu presente, mas passou a estar associada a uma finalidade concreta dentro da narrativa. A experiência também evidencia que a utilização da Química Forense como contexto não precisa limitar-se à realização de experimentos tradicionalmente associados à identificação de substâncias ou vestígios. No presente jogo, a temática forense foi utilizada como estrutura narrativa capaz de conectar diferentes conceitos e procedimentos químicos. O caráter investigativo funcionou como elemento articulador entre os conteúdos, permitindo que o estudante transitasse entre cálculo, experimentação, observação e tomada de decisão.

Dessa maneira, os resultados observados durante a aplicação do CSI Forense da Estequiometria indicam potencial pedagógico para a utilização de uma abordagem investigativa no ensino de estequiometria. A experiência mostrou que a resolução dos problemas químicos pode adquirir maior significado quando integrada a uma situação na qual o estudante precisa utilizar o conhecimento para tomar decisões e interpretar evidências.

É importante, contudo, delimitar o alcance desses resultados. A aplicação realizada permite discutir evidências qualitativas de participação, interação, mobilização de conhecimentos e envolvimento com a proposta, mas não permite afirmar, isoladamente, que o jogo produziu aumento estatisticamente comprovado na aprendizagem dos estudantes. Para uma avaliação dessa natureza, seria necessário utilizar instrumentos específicos de pré e pós-teste, além de procedimentos sistemáticos de comparação. Assim, os resultados apresentados devem ser compreendidos como uma análise da experiência de aplicação e de seu potencial enquanto recurso didático.

Conclusão

Partindo da necessidade de buscar estratégias diferenciadas para o ensino de Química, este trabalho teve como objetivo desenvolver e aplicar o produto educacional CSI Forense da Estequiometria, intercalando a ABP e a experimentação investigativa como meios de estratégia para o ensino da Estequiometria. A proposta buscou inserir os estudantes em uma situação-problema



contextualizada, onde os conhecimentos químicos fossem utilizados para a resolução de desafios estabelecidos ao longo da atividade.

A experiência desenvolvida possibilitou despertar o interesse dos alunos e aproximar os mesmos dos conteúdos estequiométricos, favorecendo uma dinâmica de aprendizagem diferente da abordagem exclusivamente expositiva, que geralmente é passada em sala de aula com mais frequência, a organização da atividade em diferentes etapas, envolvendo a resolução de problemas, a realização de experimentos, a análise de evidências e o trabalho colaborativo, permitiu que os estudantes assumissem uma postura mais ativa diante dos desafios propostos, utilizando os conhecimentos construídos ao longo das aulas para avançar na investigação.

Nesse sentido, a utilização do CSI Forense da Estequiometria mostrou uma possibilidade diferente de abordagem para o ensino de Química, ao juntar diferentes elementos em uma única proposta pedagógica e formar relações entre os conceitos científicos e uma situação contextualizada. A narrativa investigativa contribuiu para estruturar a atividade como um desafio, despertando interesse dos alunos e possibilitando serem protagonistas do seu próprio aprendizado, enquanto a experimentação e a resolução de problemas possibilitaram a exploração dos conhecimentos químicos em diferentes momentos da investigação, assim, a proposta evidencia o potencial de metodologias que colocam o estudante em uma posição mais participativa no processo de construção do conhecimento.

Portanto, a partir dessa experiência, compreende-se que a utilização de estratégias diversificadas pode contribuir para tornar o ensino de estequiometria mais contextualizado e significativo, em especial quando os conteúdos são apresentados em conjunto a situações que despertam a curiosidade e estimulam a investigação, a experiência também reforça a importância de pensar práticas pedagógicas que possibilitem aos estudantes não apenas resolver questões, mas compreender a função dos conhecimentos químicos na interpretação de situações-problema e na construção de explicações fundamentadas.



Referências:

COSTA, Ana Alice Farias da; SOUZA, Jorge Raimundo da Trindade. Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Belém, v. 10, n. 19, p. 106–116, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v10i19.2190>.

CUNHA, Marcia Borin da; OMACHI, Nathalie Akie; RITTER, Olga Maria Schimidt; NASCIMENTO, Jéssica Engel do; MARQUES, Glessyan de Quadros; LIMA, Fernanda Oliveira. Metodologias ativas: em busca de uma caracterização e definição. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 40, e39442, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-469839442>.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 27. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

MOURA, Allison de Queiroz. O uso da aprendizagem baseada em problemas para a análise do desenvolvimento do pensamento crítico na apresentação da temática de química forense. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/64557>. Acesso em: 7 ago. 2026.

OLIVEIRA, Fernando Vasconcelos de; CANDITO, Vanessa; GUERRA, Leonan; SCHETINGER, Maria Rosa Chitolina. Aprendizagem baseada em problemas por meio da temática coronavírus: uma proposta para ensino de Química. *Interfaces Científicas – Educação*, Aracaju, v. 10, n. 1, p. 110–123, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v10n1p110-123>.

PICCOLI, Flávia. *Aprendizagem Baseada em Problemas: uma estratégia para o ensino de Química no ensino médio*. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/156002>. Acesso em: 7 ago. 2026.

SEABRA, Alessandro da Cruz; RIBEIRO, Juliano Souza. *Aplicação da Química Forense no ensino de Química Orgânica para alunos do ensino médio articulada a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)*. Vila Velha: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/3029>. Acesso em: 7 ago. 2026.

SOUZA, Ligiane Oliveira dos Santos; SILVA, Nilce Santos da; SILVA, Rozemeire Pinheiro da (org.).
A eficácia das metodologias ativas no ensino aprendizagem. Formiga, MG: Editora MultiAtual, 2025.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15025299>.

