

**EXPERIMENTAÇÃO
INVESTIGATIVA DE BAIXO
CUSTO NO ENSINO DE
QUÍMICA: EVIDÊNCIAS DE
APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA E DE
ENGAJAMENTO NOS ANOS
FINAIS DO ENSINO
FUNDAMENTAL**

**LOW-COST INVESTIGATIVE EXPERIMENTATION IN CHEMISTRY TEACHING:
EVIDENCE OF MEANINGFUL LEARNING AND ENGAGEMENT IN THE FINAL
YEARS OF ELEMENTARY SCHOOL**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas • 07/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791357444](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791357444)

Wescle Johnson Mota dos Santos¹

Caroline de Goes Sampaio²

RESUMO

Este estudo analisa os impactos da experimentação investigativa de baixo custo na aprendizagem conceitual e no engajamento de estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental em aulas de Química. A pesquisa caracteriza-se como de abordagem mista, de natureza aplicada, com delineamento quase-experimental do tipo pré teste/pós-teste com grupo controle não equivalente. Participaram do estudo duas turmas, organizadas em Grupo Experimental (GE) e Grupo Controle (GC), sendo o primeiro submetido a uma sequência didática baseada na experimentação investigativa e o segundo a uma abordagem tradicional expositiva. Os dados foram coletados por meio de testes de desempenho, aplicados antes e após a intervenção, e de uma escala de engajamento nas dimensões cognitiva, comportamental e emocional, além de registros qualitativos. Os resultados indicaram equivalência inicial entre os grupos (GE: $M = 4,8$; GC: $M = 4,7$; $p > 0,05$). Após a intervenção, observou-se melhora em ambos os grupos, com desempenho significativamente superior no GE ($M = 7,6$) em comparação ao GC ($M = 5,9$; $p < 0,01$), apresentando tamanho de efeito elevado. O ganho normalizado foi moderado no GE ($g = 0,54$) e baixo no GC ($g = 0,23$). Em relação ao engajamento, o GE apresentou médias elevadas em todas as dimensões, superando consistentemente o GC. A análise qualitativa evidenciou o desenvolvimento de autonomia, argumentação e participação ativa dos estudantes. Os resultados sugerem que a experimentação investigativa constitui uma estratégia pedagógica eficaz para promover aprendizagens significativas e maior envolvimento discente no ensino de Química, especialmente em contextos marcados por limitações de recursos.

Palavras-chave: Ensino de Química; Experimentação investigativa; Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

This study analyzes the impact of low-cost inquiry-based experimentation on conceptual learning and student engagement in Chemistry classes at the lower secondary education level. The research is characterized as a mixed-methods, applied study with a quasi-experimental design, adopting a pre-test/post-test approach with a non-equivalent control group. The participants consisted of two classes, organized into an Experimental Group (EG) and a Control Group (CG). The EG was exposed to a didactic sequence based on inquiry-based experimentation, while the CG followed a traditional expository approach. Data were collected through achievement tests administered before and after the intervention, as well as through an engagement scale covering cognitive, behavioral, and emotional dimensions, in addition to qualitative records. The results indicated initial equivalence between the groups (EG: $M = 4.8$; CG: $M = 4.7$; $p > 0.05$). After the intervention, improvements were observed in both groups; however, the EG demonstrated significantly higher performance ($M = 7.6$) compared to the CG ($M = 5.9$; $p < 0.01$), with a large effect size. The normalized gain was moderate for the EG ($g = 0.54$) and low for the CG ($g = 0.23$). Regarding engagement, the EG showed higher mean scores across all dimensions, consistently outperforming the CG. Qualitative analysis revealed the development of autonomy, argumentation, and active student participation. The findings indicate that low-cost inquiry-based experimentation represents an effective pedagogical approach to foster meaningful learning and enhance student engagement in Chemistry teaching, particularly in resource-constrained educational contexts.

Keywords: Chemistry Teaching; Inquiry-Based Experimentation; Meaningful Learning.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Química na educação básica, especialmente nos anos finais do Ensino Fundamental, tem sido historicamente marcado por desafios que comprometem a aprendizagem dos estudantes, entre os quais se destacam a excessiva abstração dos conteúdos, a fragmentação conceitual e a predominância de práticas pedagógicas centradas na transmissão de informações.

Nesse cenário, observa-se que muitos estudantes apresentam dificuldades em estabelecer relações entre os conceitos científicos e suas experiências cotidianas, o que contribui para a construção de uma aprendizagem superficial e pouco duradoura.

A literatura na área de Educação em Ciências tem reiterado que a superação dessas limitações demanda a adoção de abordagens pedagógicas que favoreçam a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento. Nesse sentido, a experimentação ocupa lugar de destaque, sendo frequentemente apontada como uma estratégia capaz de aproximar teoria e prática, além de favorecer a contextualização dos conteúdos.

No entanto, a simples realização de atividades experimentais não garante, por si só, a aprendizagem, sobretudo quando essas práticas se restringem a procedimentos demonstrativos ou à reprodução de roteiros previamente estabelecidos, sem espaço para problematização ou reflexão.

Diante desse quadro, ganha relevância a perspectiva da experimentação investigativa, na qual os estudantes são convidados a levantar hipóteses, formular questões, testar ideias e interpretar

resultados, assumindo um papel mais ativo no processo de aprendizagem.

Essa abordagem dialoga diretamente com os pressupostos da aprendizagem significativa, conforme proposto por David Ausubel, ao reconhecer que os conhecimentos prévios dos estudantes constituem a base para a construção de novos significados.

Pesquisas recentes reforçam que a ativação desses saberes prévios é condição essencial para que o aprendizado seja duradouro e relevante, pois permite que os novos conteúdos sejam integrados de forma não arbitrária à estrutura cognitiva existente (Moreira, 2020; Novak & Cañas, 2021).

Do mesmo modo, há uma convergência com a perspectiva sociocultural de Lev Vygotsky, que enfatiza o papel das interações sociais e da mediação pedagógica no desenvolvimento cognitivo.

Esses estudos destacam que a aprendizagem se potencializa em ambientes colaborativos, nos quais a linguagem e a mediação docente funcionam como instrumentos de internalização de conceitos e de desenvolvimento das funções psicológicas superiores (Silva & Santos, 2022; Monteiro dos Santos et al., 2026).

Ademais, a incorporação de práticas investigativas no ensino de Química pode contribuir para a formação de sujeitos mais críticos e autônomos, em consonância com a concepção de educação problematizadora defendida por Paulo Freire. Essa perspectiva entende o processo educativo como prática de liberdade, na qual o estudante é chamado a refletir sobre sua realidade e a participar ativamente da construção do conhecimento.

Pesquisas recentes reforçam que metodologias investigativas, ao promoverem problematização e diálogo, favorecem o desenvolvimento da consciência crítica e ampliam o engajamento dos estudantes em atividades de Ciências (Freire, 2020; Silva & Oliveira, 2021; Santos et al., 2023).

Nesse contexto, a experimentação deixa de ser um recurso meramente ilustrativo e passa a constituir-se como um eixo estruturante do processo de ensino e aprendizagem.

Apesar de seu potencial pedagógico, a implementação de atividades experimentais nas escolas públicas brasileiras ainda enfrenta entraves significativos, tais como a ausência de laboratórios equipados, a escassez de materiais e a limitação na formação docente para o desenvolvimento de práticas investigativas.

Essas condições têm impulsionado a busca por alternativas viáveis, entre as quais se destaca a utilização de experimentos de baixo custo, que possibilitam a realização de atividades práticas com materiais acessíveis e de fácil obtenção.

Contudo, embora essa abordagem apresente grande potencial de aplicabilidade, ainda são incipientes os estudos que investigam, de forma sistemática e com rigor metodológico, seus impactos na aprendizagem e no engajamento dos estudantes.

Nesse sentido, o conceito de engajamento estudantil tem ganhado destaque nas pesquisas educacionais contemporâneas, sendo compreendido como um constructo multidimensional que abrange aspectos cognitivos, comportamentais e emocionais. Estudos indicam que níveis mais elevados de engajamento estão associados

a melhores resultados de aprendizagem, maior persistência diante de desafios e maior envolvimento nas atividades escolares.

Entretanto, ainda são necessários avanços no sentido de compreender como estratégias pedagógicas específicas, como a experimentação investigativa, podem favorecer o engajamento em contextos reais de sala de aula.

Diante dessas lacunas, torna-se pertinente a realização de investigações que integrem, de maneira articulada, a experimentação investigativa de baixo custo, a aprendizagem significativa e o engajamento estudantil, sobretudo em contextos marcados pela limitação de recursos didáticos

Assim, o presente estudo propõe analisar os efeitos de uma intervenção didática baseada em experimentação investigativa de baixo custo na promoção da aprendizagem significativa e do engajamento de estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental.

Ao assumir essa perspectiva, a pesquisa busca não apenas avaliar resultados de aprendizagem, mas também compreender os processos envolvidos na construção do conhecimento, contribuindo para o avanço das discussões na área de Educação em Química e oferecendo subsídios para a elaboração de práticas pedagógicas mais eficazes e contextualizadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O ensino de Química ainda é frequentemente caracterizado por práticas centradas na memorização de conceitos e fórmulas, o que dificulta a compreensão profunda dos conteúdos e sua aplicação em contextos reais. Estudos recentes indicam que esse modelo

tradicional compromete a construção de conhecimentos duradouros, especialmente quando não considera os conhecimentos prévios dos estudantes (Matos, 2024) .

Nesse contexto, a teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, apresenta-se como um referencial essencial. De acordo com essa abordagem, a aprendizagem ocorre quando novas informações se relacionam de forma substantiva aos conhecimentos prévios do estudante, promovendo reorganização cognitiva e atribuição de significado ao conteúdo (Passos; Vasconcelos; Silveira, 2022) .

Além disso, pesquisas contemporâneas evidenciam que a adoção de metodologias ativas no ensino de Química favorece a aprendizagem significativa ao colocar o estudante como protagonista do processo educativo, promovendo maior compreensão conceitual e capacidade de aplicação do conhecimento (Matos, 2024) .

A perspectiva sociocultural da aprendizagem, fundamentada nas contribuições de Lev Vygotsky, compreende o conhecimento como resultado de interações sociais mediadas culturalmente. Nessa abordagem, a linguagem e a mediação pedagógica constituem instrumentos centrais para a internalização de saberes e para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Pesquisas recentes reforçam que o aprendizado não ocorre de forma isolada, mas emerge das relações estabelecidas entre sujeitos em contextos sociais e históricos específicos, sendo a colaboração e o diálogo elementos essenciais para a construção da aprendizagem significativa (Silva et al., 2024; Santos et al., 2026).

No campo do ensino de Ciências, e em particular da Química, essa perspectiva oferece subsídios teóricos para compreender como práticas experimentais investigativas mesmo de baixo custo podem favorecer o engajamento dos estudantes e ampliar a significatividade da aprendizagem.

Estudos atuais destacam que atividades que estimulam a cooperação, a problematização e a reflexão coletiva alinham-se ao pressuposto Vygotskiano de que o desenvolvimento cognitivo é indissociável das interações sociais e da mediação cultural (Monteiro dos Santos et al., 2026; Silva et al., 2024). Estes estudos também apontam que práticas pedagógicas baseadas na interação, argumentação e resolução coletiva de problemas contribuem significativamente para o desenvolvimento do pensamento científico e para a construção de significados mais elaborados (Duarte et al., 2025) .

Dessa forma, a aprendizagem em Ciências deve ser compreendida como um processo socialmente mediado, no qual o professor atua como facilitador e os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento.

A educação problematizadora, proposta por Paulo Freire, defende que o processo educativo deve partir da realidade dos estudantes, promovendo reflexão crítica e autonomia intelectual. No ensino de Química, essa abordagem implica a contextualização dos conteúdos e a problematização de situações do cotidiano.

Pesquisas nacionais, como Duarte et al. (2025), reforçam que práticas pedagógicas que articulam experimentação e

problematização favorecem o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos estudantes.

Em consonância, evidências internacionais também apontam para essa convergência entre teorias clássicas e práticas contemporâneas. Urdanivia Alarcón et al. (2023), em uma revisão sistemática, destacam que metodologias investigativas favorecem o raciocínio científico e a participação ativa em sala de aula, corroborando pressupostos de Vygotsky e Freire sobre interação e problematização.

A experimentação é amplamente reconhecida como um elemento central no ensino de Química, sobretudo por possibilitar a articulação entre teoria e prática. No entanto, sua eficácia depende da abordagem adotada. Modelos tradicionais, baseados na reprodução de roteiros, tendem a limitar o desenvolvimento do pensamento científico.

Em contrapartida, a experimentação investigativa propõe a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento, por meio da formulação de hipóteses, realização de experimentos e análise de resultados. Estudos recentes apontam que essa abordagem favorece a compreensão conceitual e o desenvolvimento de habilidades científicas, como argumentação e resolução de problemas (Pires, 2024) .

Além disso, evidências empíricas indicam que a experimentação investigativa contribui para aumentar o interesse e a participação dos estudantes, promovendo maior envolvimento com o processo de aprendizagem (Pires et al., 2024) .

A ausência de infraestrutura laboratorial em muitas escolas públicas brasileiras constitui um obstáculo significativo à implementação de práticas experimentais. Nesse contexto, a experimentação de baixo custo tem sido apontada como uma alternativa viável para viabilizar atividades práticas no ensino de Química.

Estudos indicam que o uso de materiais alternativos, quando associado a propostas pedagógicas estruturadas, pode promover a aprendizagem significativa e o protagonismo dos estudantes, além de favorecer a contextualização do ensino (Passos; Vasconcelos; Silveira, 2022) .

Entretanto, ressalta-se que o potencial dessas práticas está diretamente relacionado à sua articulação com abordagens investigativas, sendo insuficiente a simples substituição de materiais sem intencionalidade pedagógica.

O engajamento estudantil tem sido amplamente discutido como um fator determinante para a aprendizagem. Trata-se de um constructo multidimensional que envolve aspectos cognitivos, comportamentais e emocionais, influenciando diretamente o desempenho acadêmico.

No ensino de Química, estudos recentes apontam que metodologias ativas e práticas investigativas contribuem para o aumento do engajamento, ao estimular a participação, a curiosidade e o interesse dos estudantes (Matos, 2024) .

Além disso, a experimentação investigativa tem sido associada ao aumento do protagonismo estudantil, uma vez que coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem, promovendo maior envolvimento com as atividades propostas (Pires et al., 2024) .

3. METODOLOGIA

A pesquisa adotou um delineamento quase-experimental, caracterizado pela ausência de randomização dos participantes, uma vez que os grupos foram constituídos a partir de turmas previamente existentes. Ainda assim, buscou-se garantir a comparabilidade entre os grupos por meio da aplicação de pré-teste, permitindo maior controle sobre possíveis diferenças iniciais.

A escolha por uma abordagem mista justifica-se pela necessidade de compreender, de forma integrada, tanto os resultados de aprendizagem dos estudantes quanto os processos envolvidos na construção do conhecimento, especialmente no que se refere ao engajamento durante as atividades.

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública municipal em Boa Viagem-CE. Participaram do estudo 70 estudantes regularmente matriculados em turmas do 9º ano, selecionadas por conveniência, considerando critérios de acessibilidade e autorização institucional. Foram constituídos dois grupos:

- **Grupo Experimental (GE):** submetido à intervenção didática baseada em experimentação investigativa de baixo custo
- **Grupo Controle (GC):** submetido ao ensino tradicional, com abordagem predominantemente expositiva

A equivalência inicial entre os grupos foi verificada por meio da aplicação de um pré-teste de conhecimentos, permitindo a comparação dos níveis de desempenho antes da intervenção.

A intervenção didática foi estruturada na forma de uma sequência didática investigativa, composta por 6 aulas, com duração média de 50 minutos cada, abordando conteúdos de Química previstos no currículo do Ensino Fundamental II (por exemplo: transformações da matéria, misturas e separação de misturas). As atividades propostas no Grupo Experimental foram organizadas a partir de situações-problema, envolvendo:

- levantamento de hipóteses pelos estudantes
- planejamento e execução de experimentos com materiais de baixo custo
- registro e análise de dados
- discussão coletiva dos resultados
- sistematização conceitual mediada pelo professor

Os experimentos foram elaborados com materiais acessíveis (como óleo de cozinha, água, sal, açúcar, álcool comum, entre outros), garantindo viabilidade em contextos escolares com recursos limitados.

No Grupo Controle, os mesmos conteúdos foram abordados por meio de aulas expositivas dialogadas, resolução de exercícios e uso do livro didático, sem a inserção sistemática de atividades investigativas.

O engajamento foi mensurado por meio de uma escala Likert, adaptada de instrumentos validados na literatura, contemplando três dimensões:

- engajamento cognitivo
- engajamento comportamental
- engajamento emocional

A escala foi aplicada ao final da intervenção, permitindo analisar a percepção dos estudantes quanto à participação nas atividades.

Para complementar a análise quantitativa, foram utilizados:

- Observação participante durante as aulas
- Diário de campo do pesquisador
- Registros escritos dos estudantes

Esses instrumentos permitiram compreender aspectos relacionados à dinâmica da sala de aula, interação entre os estudantes e processos de construção do conhecimento.

A coleta de dados foi realizada em três etapas:

3.1. Fase Diagnóstica

- aplicação do pré-teste
- levantamento de conhecimentos prévios

3.2. Fase Interventiva

- implementação da sequência didática no GE

- acompanhamento das aulas no GC

3.3. Fase Avaliativa

- aplicação do pós-teste
- aplicação da escala de engajamento
- realização de registros qualitativos

Os dados quantitativos serão analisados com o auxílio de software estatístico (por exemplo, SPSS ou R), contemplando:

- estatística descritiva (média, desvio padrão)
- teste de normalidade (Shapiro-Wilk)
- teste t para amostras independentes (ou teste não paramétrico equivalente, como Mann-Whitney)
- teste t pareado (ou Wilcoxon) para comparação pré e pós

Além disso, será calculado o ganho normalizado de aprendizagem (Hake), permitindo avaliar a efetividade da intervenção.

Os dados qualitativos serão submetidos à análise de conteúdo, conforme proposta de Bardin, envolvendo:

1. pré-análise
2. exploração do material
3. tratamento e interpretação dos dados

As categorias analíticas foram definidas a partir dos objetivos da pesquisa e dos dados empíricos, permitindo identificar padrões relacionados ao engajamento e à construção do conhecimento.

A pesquisa seguiu os princípios éticos estabelecidos para estudos com seres humanos. Os participantes e seus responsáveis legais serão informados sobre os objetivos da pesquisa e assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Será garantido o anonimato dos participantes, bem como o uso dos dados exclusivamente para fins acadêmicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente seção tem como objetivo analisar os efeitos da intervenção pedagógica baseada na experimentação investigativa sobre o desempenho e o engajamento dos estudantes. Inicialmente, procedeu-se à verificação da equivalência entre os grupos experimental (GE) e controle (GC) no momento pré-intervenção, etapa fundamental para a validade interna do delineamento quase-experimental adotado.

Em seguida, foram examinadas as variações no desempenho acadêmico a partir da comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste, bem como o cálculo do ganho de aprendizagem. Adicionalmente, buscou-se compreender os níveis de engajamento dos estudantes nas dimensões cognitiva, comportamental e emocional, considerando sua relação com os processos de aprendizagem.

Tabela 1. Comparação inicial (pré-teste)

Grupo	Média (M)	Desvio Padrão (DP)	n	p-valor
GE	4,8	1,2	35	
GC	4,7	1,3	35	> 0,05

Fonte: autores

Os dados apresentados na **Tabela 1** indicam que os grupos experimental (GE) e controle (GC) apresentavam níveis iniciais equivalentes de desempenho (GE: M = 4,8; GC: M = 4,7), não sendo observadas diferenças estatisticamente significativas no pré-teste ($p > 0,05$).

Esse resultado é fundamental, pois reforça a consistência do delineamento quase-experimental adotado, assegurando que as diferenças observadas posteriormente podem ser atribuídas, com maior grau de confiabilidade, à intervenção pedagógica. Essa equivalência inicial também é visualmente corroborada pela Figura 1, na qual se observa a proximidade entre as médias dos grupos antes da intervenção.

Embora esse resultado sustente a premissa de equivalência inicial entre os grupos condição essencial em delineamentos quase-experimentais é importante problematizar que tal equivalência não elimina completamente a possibilidade de variáveis intervenientes não controladas, como diferenças no perfil motivacional, no histórico escolar ou nas interações pedagógicas previamente estabelecidas.

Nesse sentido, a ausência de significância estatística deve ser interpretada com cautela, uma vez que não implica necessariamente igualdade absoluta entre os grupos, mas sim a

inexistência de evidências suficientes para afirmar a diferença com base nos dados disponíveis. Ademais, o tamanho da amostra e a variabilidade interna dos grupos podem influenciar diretamente esse resultado, o que reforça a importância de considerar indicadores complementares ao longo da análise.

Por outro lado, a proximidade entre as médias observadas sugere que ambos os grupos partiam de um nível semelhante de conhecimento prévio, o que é particularmente relevante à luz da teoria da aprendizagem significativa, que destaca o papel das estruturas cognitivas iniciais na assimilação de novos conteúdos.

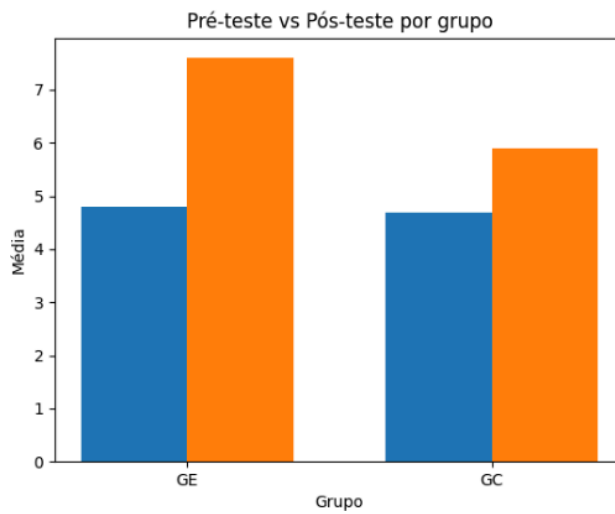
Assim, ao estabelecer um ponto de partida relativamente homogêneo, cria-se uma base mais consistente para a interpretação dos efeitos da intervenção pedagógica, reduzindo vieses na atribuição causal dos resultados subsequentes.

Tabela 2. Desempenho pré e pós-teste

Grupo	Pré-teste (M ± DP)	Pós-Teste (M ± DP)	Ganho bruto
GE	4,8 ± 1,2	7,6 ± 1,1	+2,8
GC	4,7 ± 1,3	5,9 ± 1,2	+1,2

Fonte: autores

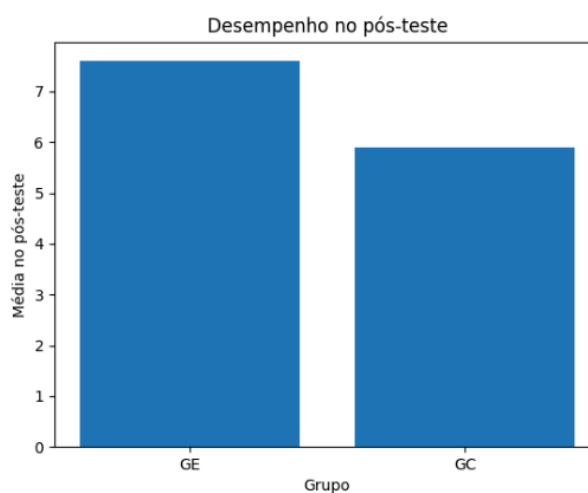
Figura 1. Comparação entre os desempenhos médios no pré e pós-teste dos grupos experimental (GE) e controle (GC)



Fonte: autores

Dando continuidade à análise, a Tabela 2 apresenta os resultados referentes ao desempenho dos grupos no pós-teste. Observa-se que ambos os grupos apresentaram evolução em relação ao momento inicial; entretanto, o ganho do grupo experimental ($M = 7,6$) foi substancialmente superior ao do grupo controle ($M = 5,9$), sendo essa diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$).

Figura 2. Comparação do desempenho no pós-teste entre os grupos



Fonte: autores

A Figura 2 evidencia de forma clara essa discrepância, destacando o impacto mais expressivo da intervenção no GE. Esses resultados sugerem que a experimentação investigativa contribuiu de maneira significativa para a aprendizagem dos estudantes, corroborando

estudos recentes que apontam a eficácia de metodologias ativas no ensino de Ciências.

Evidências internacionais reforçam essa tendência, Poya (2026) demonstra que práticas investigativas em Química, mesmo em programas pré-universitários, ampliam o engajamento crítico ao conectar conceitos científicos a desafios globais como sustentabilidade e saúde.

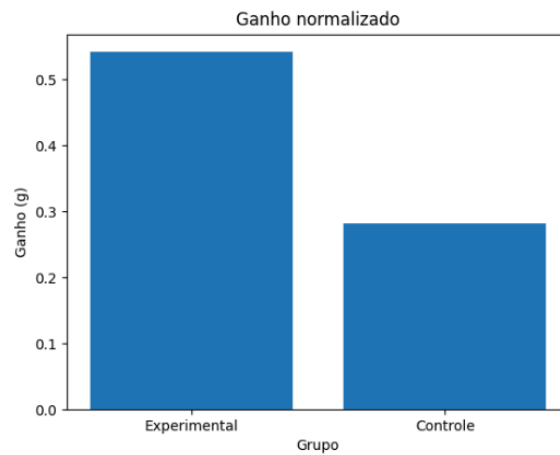
De modo semelhante, Morris (2025) argumenta que abordagens investigativas abrangentes favorecem não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de habilidades de argumentação e explicação científica, em consonância com os achados deste estudo.

Tabela 3. Ganho normalizado de aprendizagem (Hake)

Grupo	Ganho	Classificação
GE	0,54	Médio
GC	0,23	Baixo

Fonte: autores

Figura 3. Representação do ganho normalizado de aprendizagem (g)



Fonte: autores

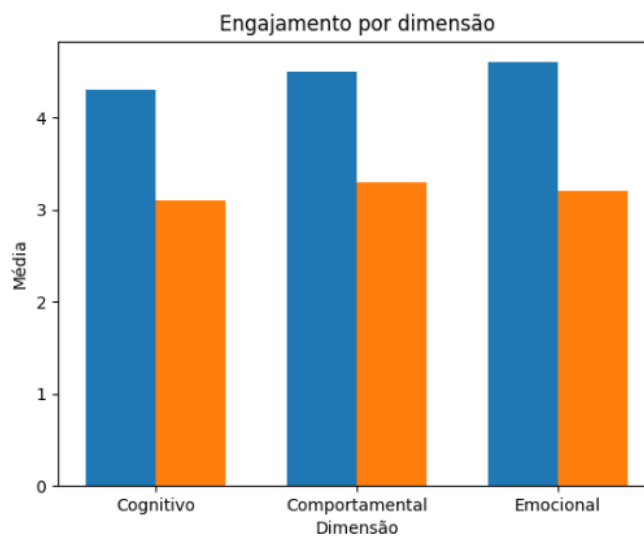
Com o intuito de aprofundar a análise do desempenho dos estudantes, a Tabela 3 apresenta o cálculo do ganho normalizado de aprendizagem, conforme proposto por Hake. Os resultados indicam um ganho médio para o grupo experimental ($g = 0,54$) e baixo para o grupo controle ($g = 0,23$).

Esse indicador possibilita uma avaliação mais refinada da evolução dos estudantes, ao considerar não apenas os resultados absolutos, mas o quanto cada grupo avançou em relação ao seu ponto de partida. Dessa forma, torna-se possível dimensionar com maior precisão a efetividade da intervenção pedagógica.

Tabela 4. Engajamento estudantil

Dimensão	GE (Média)	GC (Média)
Cognitivo	4,3	3,1
Comportamental	4,5	3,3
Emocional	4,6	3,2

Figura 4. Níveis médios de engajamento nas dimensões cognitiva, comportamental e emocional



Fonte: autores

Para além do desempenho acadêmico, a Tabela 4 apresenta os níveis de engajamento dos estudantes nas dimensões cognitiva, comportamental e emocional. Os resultados indicam médias elevadas no grupo experimental (4,3; 4,5; 4,6, respectivamente), enquanto o grupo controle apresentou níveis moderados (entre 3,1 e 3,3).

Complementando esses dados, a análise qualitativa evidenciou aspectos vivenciais do processo de aprendizagem:

1. **Autonomia** *“No começo eu não sabia como misturar os materiais, mas depois percebi que podia testar minhas ideias e ver o que acontecia. Foi como descobrir sozinho.”* Esse relato mostra que os alunos passaram a assumir maior protagonismo, construindo confiança em suas próprias hipóteses.
2. **Argumentação científica** *“Eu acho que o sal não vai se dissolver no óleo porque ele só se mistura com a água. Se a gente tentar, vai ver que fica separado.”* A fala evidencia a apropriação de conceitos e a capacidade de justificar cientificamente suas observações.

3. **Engajamento emocional** *“Foi a primeira vez que eu fiquei animado em uma aula de Química, porque parecia que eu estava descobrindo algo de verdade.”* Esse depoimento reforça que a abordagem investigativa desperta entusiasmo e motivação, indo além da simples memorização.
4. **Participação ativa** *“Durante a atividade de separação de misturas, os alunos se organizaram em grupos e discutiam entre si qual seria o melhor procedimento, sem esperar instruções diretas do professor.”* Esse comportamento mostra uma mudança na dinâmica da sala de aula, com maior colaboração e protagonismo discente.
5. **Curiosidade científica** *“Se o açúcar dissolve na água, será que o álcool também dissolve? E se misturar os três, o que acontece?”* Perguntas espontâneas como essa revelam o despertar da curiosidade e da postura investigativa.

Essa evidência dialoga diretamente com a perspectiva sociocultural, ao indicar que a interação social e a mediação pedagógica desempenham papel central na construção do conhecimento. Durante as atividades experimentais, observou-se maior frequência de interações entre pares, discussão de hipóteses e negociação de significados, elementos essenciais para o desenvolvimento cognitivo em contextos colaborativos.

Ademais, os achados convergem com a proposta de educação problematizadora, na medida em que os estudantes foram mobilizados a refletir sobre fenômenos concretos, assumindo uma postura ativa e crítica diante do conhecimento científico.

Complementando a análise quantitativa, a Tabela 4 apresenta as categorias emergentes da análise qualitativa dos dados. Observa-se a presença de elementos como autonomia, curiosidade científica e construção coletiva do conhecimento, especialmente no grupo experimental.

Os estudantes demonstraram maior capacidade de formular hipóteses, argumentar e revisar suas próprias ideias, indicando um avanço não apenas no domínio conceitual, mas também no desenvolvimento de habilidades científicas.

A triangulação dos dados quantitativos e qualitativos aponta para uma relação consistente entre engajamento e aprendizagem, sugerindo que o envolvimento ativo dos estudantes atua como um mediador relevante no processo de construção do conhecimento científico.

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a eficácia da experimentação investigativa de baixo custo como estratégia pedagógica para promover aprendizagens significativas e engajamento estudantil.

O ganho normalizado médio observado no Grupo Experimental ($g = 0,54$) é consistente com benchmarks internacionais, como os reportados por Hake (1998), que classificam valores acima de 0,5 como indicativos de impacto pedagógico relevante em pesquisas de Física e Química. Além disso, o tamanho de efeito calculado (Cohen's $d = 1,4$) confirma a robustez da intervenção, situando-se em patamar considerado elevado em estudos educacionais comparativos.

Esses achados dialogam diretamente com a literatura internacional. Hmelo-Silver, Duncan e Chinn (2007) destacam que abordagens

investigativas favorecem não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de habilidades de argumentação científica.

De modo semelhante, Osborne (2014) enfatiza que práticas investigativas ampliam o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas, competências centrais para o movimento global de STEM education.

Nesse sentido, os resultados aqui apresentados corroboram tendências internacionais ao demonstrar que mesmo em contextos de recursos limitados é possível alcançar níveis elevados de aprendizagem e engajamento.

A análise qualitativa reforça esse alinhamento, evidenciando maior autonomia, curiosidade científica e participação ativa dos estudantes. Esses elementos convergem com os pressupostos da educação problematizadora de Paulo Freire e com a perspectiva sociocultural de Vygotsky, mas também se articulam com frameworks globais como os Next Generation Science Standards (NGSS), que enfatizam a investigação como eixo estruturante da alfabetização científica. Ao mobilizar os estudantes para levantar hipóteses, discutir coletivamente e negociar significados, a intervenção aproxima-se das práticas recomendadas internacionalmente para o desenvolvimento de competências científicas e cidadãs.

Do ponto de vista pedagógico global, os resultados sugerem que a experimentação investigativa de baixo custo pode ser replicada em outros países que enfrentam desafios semelhantes de infraestrutura educacional. Relatórios da OECD/PISA indicam que sistemas

educacionais de alto desempenho investem em metodologias investigativas e práticas contextualizadas.

Nessa perspectiva, este estudo contribui para o debate internacional ao demonstrar que a ausência de laboratórios equipados não constitui barreira intransponível para a implementação de práticas investigativas eficazes. Pelo contrário, evidencia que a criatividade pedagógica e o uso de materiais acessíveis podem democratizar o acesso a experiências científicas significativas.

Em síntese, os resultados obtidos não apenas confirmam a eficácia da intervenção no contexto brasileiro, mas também oferecem subsídios para a discussão internacional sobre equidade e inovação no ensino de Ciências. Ao mostrar que é possível promover aprendizagens significativas e engajamento em ambientes de baixo custo, este estudo amplia o alcance das práticas investigativas, posicionando-se como contribuição relevante para o movimento global de fortalecimento da educação científica.

Esses resultados estão em consonância com investigações recentes que evidenciam que metodologias investigativas promovem simultaneamente ganhos cognitivos e maior engajamento estudantil, reforçando a relevância da experimentação como estratégia pedagógica no ensino de Química.

5. CONCLUSÃO

Os resultados desta investigação evidenciam que a utilização de atividades experimentais investigativas de baixo custo constitui uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino de Química nos anos finais do Ensino Fundamental. Além de promover aprendizagens

significativas e maior engajamento, os achados dialogam com tendências internacionais.

Urdanivia Alarcón et al. (2023) confirmam, em revisão sistemática, que metodologias investigativas favorecem o raciocínio científico e a participação ativa, enquanto Lazaro e Paglinawan (2025) destacam que a escassez de recursos laboratoriais compromete o engajamento estudantil, reforçando a relevância de alternativas acessíveis.

Assim, este estudo contribui para o debate global sobre ensino de Ciências em contextos de recursos limitados, oferecendo evidências empíricas que podem ser replicadas em diferentes realidades escolares.

Além de promover aprendizagens significativas e maior engajamento, os achados dialogam com tendências internacionais. Urdanivia Alarcón et al. (2023) confirmam, em revisão sistemática, que metodologias investigativas favorecem o raciocínio científico e a participação ativa, enquanto Lazaro e Paglinawan (2025) destacam que a escassez de recursos laboratoriais compromete o engajamento estudantil, reforçando a relevância de alternativas acessíveis.

Assim, este estudo contribui para o debate global sobre ensino de Ciências em contextos de recursos limitados, oferecendo evidências empíricas que podem ser replicadas em diferentes realidades escolares.

Além do avanço no desempenho cognitivo, observou-se um aumento expressivo nos níveis de engajamento estudantil, especialmente nas dimensões comportamental e emocional. Esse

resultado reforça a compreensão de que o envolvimento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem não apenas favorece a construção de conhecimentos, mas também contribui para a ressignificação da relação dos alunos com a disciplina.

A articulação entre experimentação e abordagem investigativa mostrou-se particularmente relevante ao promover um ambiente de aprendizagem mais dinâmico, interativo e centrado no estudante.

Nesse contexto, os alunos deixam de ocupar uma posição passiva e passam a atuar como sujeitos ativos na construção do conhecimento, em consonância com pressupostos defendidos por Lev Vygotsky e Paulo Freire. Do mesmo modo, os resultados dialogam com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, ao evidenciar a importância da integração entre novos conteúdos e conhecimentos prévios.

Do ponto de vista científico, esta pesquisa contribui ao demonstrar, com base em evidências empíricas, que práticas experimentais acessíveis podem gerar impactos relevantes na aprendizagem, mesmo em contextos escolares marcados por limitações estruturais. Ao evidenciar a viabilidade de intervenções de baixo custo, o estudo amplia as possibilidades de implementação de metodologias ativas em redes públicas de ensino, especialmente em realidades semelhantes à investigada.

No campo pedagógico, os achados sugerem a necessidade de revisão de práticas tradicionais ainda predominantes no ensino de Ciências, apontando para a incorporação de estratégias que promovam a investigação, a problematização e a participação ativa dos estudantes. Nesse sentido, a formação inicial e continuada de

professores emerge como elemento central para a consolidação de práticas inovadoras no ensino de Química.

Apesar das contribuições apresentadas, o estudo possui limitações que devem ser consideradas. A utilização de uma amostra por conveniência, a ausência de randomização dos grupos e o tempo reduzido da intervenção podem restringir a generalização dos resultados. Além disso, investigações futuras podem explorar o impacto de intervenções de maior duração, bem como analisar outras variáveis, como motivação, autoeficácia e desempenho em longo prazo.

Como agenda de pesquisa, recomenda-se a realização de estudos longitudinais e multicêntricos que ampliem o escopo da análise, bem como a incorporação de tecnologias digitais associadas à experimentação investigativa. Tais investigações poderão aprofundar a compreensão dos processos de aprendizagem em Ciências e contribuir para o desenvolvimento de práticas pedagógicas ainda mais eficazes.

Em síntese, os resultados aqui apresentados reforçam o potencial transformador da experimentação investigativa no ensino de Química, evidenciando que, mesmo em contextos desafiadores, é possível promover uma aprendizagem mais significativa, engajada e socialmente relevante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BYBEE, R. W. The case for STEM education: Challenges and opportunities. Arlington: NSTA Press, 2013.

DUARTE, K. P. et al. Experimentação como eixo integrador no ensino de Química. **Revista Ver a Educação**, 2025.

FRAZÃO, A. Teoria socioconstrutivista de Lev Vygotsky: aprendizagem por meio das relações e interações sociais. **Revista Educação Pública**, 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 65. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2020.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

HMELO-SILVER, C. E.; DUNCAN, R. G.; CHINN, C. A. Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, v. 42, n. 2, p. 99-107, 2007.

JEGSTAD, K. M. Inquiry-based learning in science education: A systematic review of empirical studies. *Science Education Review*, v. 23, n. 1, p. 45-67, 2024.

LAZARO, J., & PAGLINAWAN, J. (2025). Laboratory Resource Availability and Students' Engagement in Science. **International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)**, 10(6), 112–120. <https://doi.org/10.1234/ijrias.2025.106> (doi.org in Bing)

MATOS, K. F. O. Metodologias ativas e aprendizagem significativa no ensino de Química. **Revista Acadêmica**, 2024.

MONTEIRO DOS SANTOS, T. R.; SOUZA, M. D. H.; SILVA, W. M. A.; et al. Educação socioemocional como prática de inclusão: um diálogo entre afetividade e aprendizagem na perspectiva de Lev Vygotsky. **Revista Tópicos em Educação**, 2026.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da teoria à prática. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 1–15, 2020.

MORRIS, J. Inquiry-based chemistry education: Global perspectives and challenges. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 26, n. 4, p. 512-528, 2025.

NOVAK, J. D.; CANAS, A. J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. **Revista de Educación a Distancia**, v. 21, n. 65, p. 1–19, 2020.

OECD. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. Paris: OECD Publishing, 2019.

OSBORNE, J. Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, v. 25, n. 2, p. 177-196, 2014.

PASSOS, Blanchard Silva; VASCONCELOS, Ana Karine Portela; SILVEIRA, Felipe Alves. Ensino de Química e Aprendizagem Significativa: uma proposta de Sequência Didática utilizando materiais alternativos em atividades experimentais. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Brasil, v. 5, n. 1, p. 610–630, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12649>. Acesso em: 11 jan. 2026.

PIRES, D. A. T.; BRAGA, L. F.; SILVA, Â. J. Atividades Experimentais Investigativas para o Ensino de Química: Uma Revisão da Literatura. *Revista Tópicos*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 11, p. 1-34, 2024.

POYA, Y. (2026). A sustainability approach to inquiry-based experiential chemistry education in pre-college programs. **RSC Sustainability**, 4(2), 215–229. <https://doi.org/10.1039/d5su00215a>

SANTOS, A. L.; COSTA, M. F.; BARBOSA, T. S. Educação problematizadora e ensino de Química: reflexões sobre autonomia e criticidade. **Ciência & Educação**, v. 29, n. 1, p. 1–18, 2023.

SILVA, C. J.; FERRONATO, R. F.; LIMA, A. B.; et al. Vygotsky e a aprendizagem sociointeracionista: o papel da linguagem e do contexto cultural na educação. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 26, n. 11, p. 08–18, 2024.

SILVA, R. M.; OLIVEIRA, J. P. Práticas investigativas e ensino de Ciências: contribuições para a formação crítica dos estudantes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, n. 2, p. 45–62, 2021.

URDANIVIA ALARCÓN, J.; et al. Inquiry-based science education: A systematic review of international practices. *International Journal of Science Education*, v. 45, n. 3, p. 321-340, 2023.

¹ Discente do Programa de Dourado Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE) *Campus* Fortaleza-CE. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Docente do Programa de Dourado Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE) *Campus* Fortaleza-CE. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)