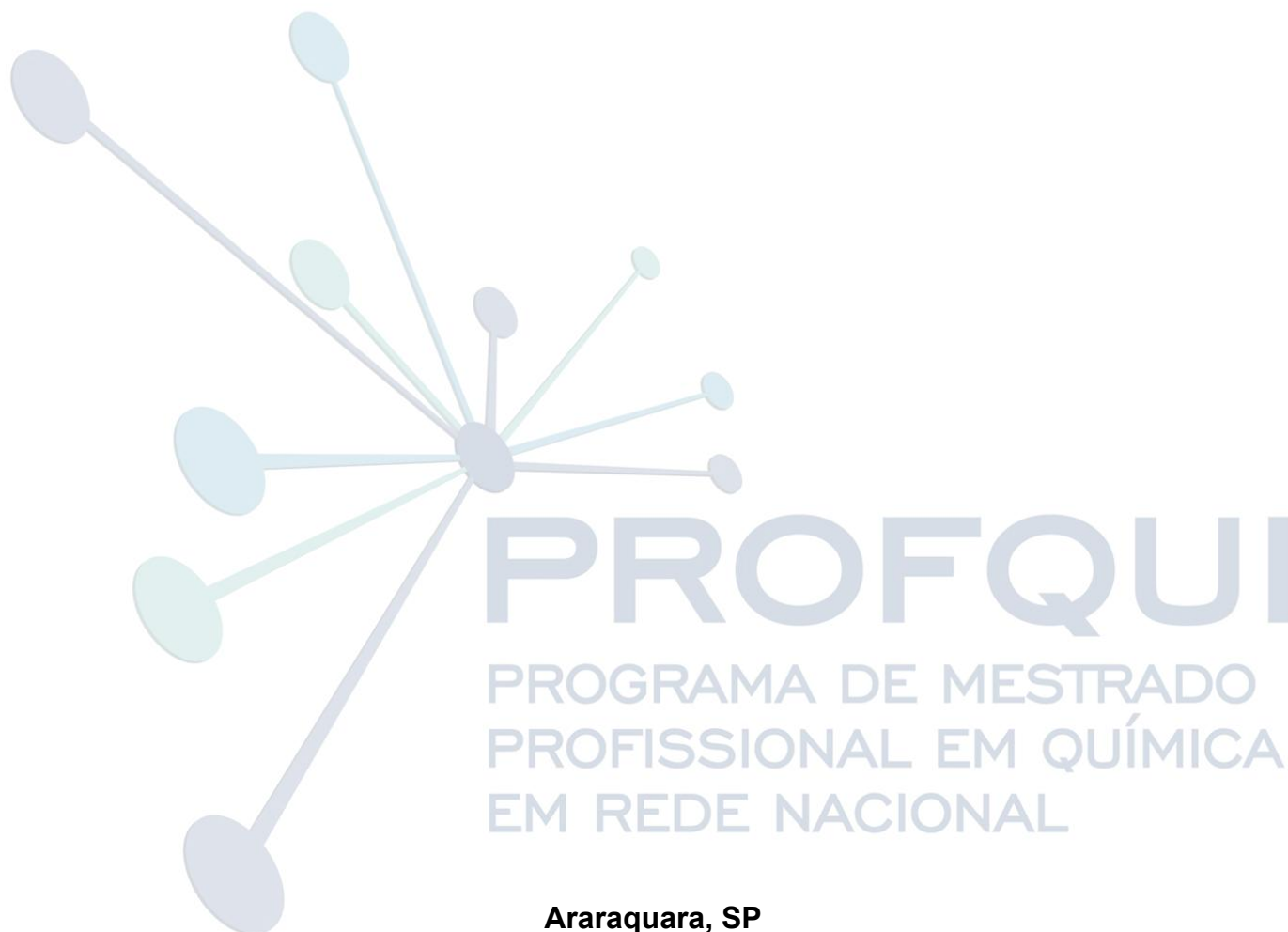


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS ARARAQUARA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL

LILIAN RODRIGUES DE OLIVEIRA

Sequência Didática no Ensino do Modelo Atômico de Bohr:
experimentos investigativos da eletrosfera — competência e habilidades



Araraquara, SP
2026

LILIAN RODRIGUES DE OLIVEIRA

Sequência Didática no Ensino do Modelo Atômico de Bohr:
experimentos investigativos da eletrosfera — competência e habilidades

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita” (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Elias de Souza Monteiro Filho

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Marcela Marques de Freitas Lima

Araraquara, SP
2026

L728s

Lilian Rodrigues de, Oliveira

Sequência Didática no Ensino do Modelo Atômico de Bohr :
experimentos investigativos da eletrosfera — competência e
habilidades / Oliveira Lilian Rodrigues de. -- Araraquara, 2026
179 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Química, Araraquara

Orientador: Elias de Souza Monteiro Filho

Coorientadora: Marcela Marques de Freitas Lima

1. Química (Ensino Médio). 2. Didática (Ensino Médio). 3. Material
Didático. 4. Professores de Ensino Médio. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Sequência Didática no Ensino Modelo Atômico de Bohr:
Experimentos Investigativos da Eletrosfera - Competência e Habilidades

AUTORA: LILIAN RODRIGUES DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: ELIAS DE SOUZA MONTEIRO FILHO

COORDINADORA: MARCELA MARQUES DE FREITAS LIMA (NOME SOCIAL) / MARCELA DE
FREITAS LIMA (NOME CIVIL)

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Química,
área: Química pela Comissão Examinadora:

Elias de Souza Monteiro Assinado de forma digital por Elias de
Souza Monteiro Filho:67443389604
Filho:67443389604 Dados: 2026.07.01 16:16:53 -03'00'

Prof. Dr. ELIAS DE SOUZA MONTEIRO FILHO (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia Química / UNESP / Câmpus de Araraquara - IQAr



Documento assinado digitalmente
HENRIQUE ANTONIO MENDONÇA FARIA
Data: 02/07/2026 04:04:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. HENRIQUE ANTONIO MENDONÇA FARIA (Participação Virtual)

Departamento de Física e Matemática / UNESP / Câmpus de Araraquara - IQAr



Documento assinado digitalmente
PRESCILA GLAUCIA CHRISTIANINI BUZOLIN
Data: 01/07/2026 18:30:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. PRESCILA GLAUCIA CHRISTIANINI BUZOLIN (Participação Virtual)

Departamento de Matemática / UNESP / Câmpus de Bauru - FC

Araraquara, 01 de julho de 2026.

*À minha família pelo apoio e pelo
incentivo em todos os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, autor da minha vida e do meu destino, por tudo o que ele tem feito por mim. Sem o cuidado dele, eu não teria conseguido realizar e concluir esta pesquisa. Foi o meu maior apoio nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Professor Doutor Elias Monteiro Filho: seus ensinamentos foram o alicerce para a construção deste sonho. Este título é nosso!

À minha coorientadora, Professora Doutora Marcela Marques, que aceitou contribuir com este trabalho: obrigada pelo seu indispensável direcionamento e pela sua paciência durante a organização deste estudo!

Ao meu filho, Carlos J. Bonfleur: obrigada por não medir esforços para me ajudar nesta etapa tão importante da minha vida.

À minha família: agradeço o amor, o carinho e o incentivo durante a construção desta dissertação.

Ao corpo docente, aos funcionários e, em especial, aos professores Dr.^a Priscila, Dr. Marlon e Dr.^a Lorena: obrigada pelos direcionamentos, os quais contribuíram para a construção do Produto Educacional.

Aos meus amigos do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Química (PROFQUI) e, em especial, aos Professores Júlio: e Thais irei me lembrar da colaboração, das nossas conversas referentes ao desenvolvimento da pesquisa e dos vários desabafos.

À direção e aos alunos do 1º Ano A, B e C (2024–2025) da EE Professor Plínio Berardo: obrigada por cederem o espaço da escola e contribuírem ativamente com a realização da investigação.

À Universidade Estadual Paulista, Campus Araraquara, especificamente, ao Instituto de Química: agradeço por ofertar o PROFQUI, orientando e acolhendo maravilhosamente a todos os pós-graduandos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta pesquisa: muito obrigada!

“O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem a sua própria razão de existir.”
Albert Einstein

APRESENTAÇÃO

Minha proposta e meu interesse pela pesquisa surgiram quando, ao me recordar do período em que era aluna do Ensino Médio de uma escola pública, lembrei-me de que o conteúdo referente aos modelos atômicos era o mais interessante para mim. Essas aulas eram as que mais me aguçavam a curiosidade e, conseqüentemente, despertaram-me o interesse pelo componente curricular de química, pois tinha que usar a imaginação. Já na graduação, durante o Curso de Licenciatura em Química, deparei-me, novamente, com o conteúdo, agora, diferente. Fui apresentada às práticas dessas metodologias, contudo, o teor das teorias atômicas propostas em ambos os contextos sempre me gerava incertezas. Quando me tornei professora da rede pública, ao vivenciar a necessidade de buscar novas formas de aperfeiçoamento, conheci as metodologias ativas experimentais investigativas nos cursos de formação continuada ofertados pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Diante das dificuldades dos alunos, da curiosidade pelas práticas e da vontade de conhecer melhor as metodologias ativas, comecei a desenvolver, em minhas aulas de química, a cultura da experimentação. Isso se dava, em certo momento de um determinado conteúdo estudado em sala de aula, através do desafio de trazer experimentos. A partir dessa rotina de atividades, pude observar um maior interesse dos alunos pelo componente curricular de química, o que lhes possibilitou adquirir as noções básicas necessárias para o desenvolvimento da atividade experimental.

Percebi, também, com a prática docente, que os alunos têm dificuldade em diferenciar processos e apresentam, na maioria das vezes, concepções errôneas em suas justificativas. Essas dificuldades podem estar relacionadas à forma como esse conteúdo foi abordado. Quando soube da existência do PROFQUI, visualizei a oportunidade de retomar um momento da formação profissional para ampliar minhas ações de caráter didático-pedagógico. Fiquei muito feliz com a minha aprovação e bastante motivada para o início das aulas, apesar de consciente do longo deslocamento necessário para os momentos presenciais. Foi assim — com entusiasmo, vontade de aprender e desejo de transformar minha prática docente — que ingressei no programa.

Assim, a escolha do tema não poderia fugir da minha realidade docente. Por esse motivo, este trabalho e o produto educacional têm como foco abordar conceitos relativos ao modelo atômico de Bohr por meio de atividades experimentais.

RESUMO

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática investigativa e experimental para o ensino do modelo atômico de Bohr, direcionada a estudantes da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública do estado de São Paulo. A pesquisa, de abordagem qualitativa e caracterizada como pesquisa-ação, teve como objetivo favorecer a compreensão dos conceitos relacionados à estrutura atômica, especialmente os níveis de energia e a eletrosfera, por meio da integração entre teoria e prática.

Nesta pesquisa, organizei a sequência didática em encontros que contemplaram atividades experimentais de baixo custo, desenvolvidas de maneira gradual, favorecendo a ampliação da autonomia dos estudantes ao longo das investigações. Com essa proposta, procurei promover o protagonismo discente, incentivando a participação ativa, a elaboração de hipóteses, a análise dos resultados e a construção do conhecimento científico por meio da experimentação investigativa.

A análise dos dados, obtidos por meio de questionários, observações e registros das atividades, evidenciou avanços na compreensão do modelo atômico de Bohr e no desenvolvimento de habilidades como argumentação científica, autonomia, pensamento crítico e resolução de problemas, em consonância com as competências previstas pela BNCC. Além disso, a abordagem investigativa contribuiu para a superação de concepções alternativas, fortaleceu a interdisciplinaridade entre Química, Física e História da Ciência e promoveu uma aprendizagem mais significativa, contextualizada e voltada à alfabetização científica dos estudantes.

Palavras-chave: ensino de química; modelo atômico de Bohr; experimentação investigativa; eletrosfera.

ABSTRACT

This dissertation presents the development and implementation of an inquiry-based and experimental teaching sequence for teaching the Bohr atomic model to first-year high school students at a public school in the state of São Paulo, Brazil. The study adopted a qualitative approach and was characterized as action research, aiming to promote students' understanding of concepts related to atomic structure, particularly energy levels and the electron shell, through the integration of theory and practice.

In this study, I organized the teaching sequence into a series of sessions comprising low-cost experimental activities developed progressively to foster greater student autonomy throughout the investigative process. This approach sought to promote students' active engagement by encouraging participation, hypothesis formulation, data analysis, and the construction of scientific knowledge through inquiry-based experimentation.

Data analysis, based on questionnaires, classroom observations, and activity records, revealed improvements in students' understanding of the Bohr atomic model, as well as in the development of skills such as scientific argumentation, autonomy, critical thinking, and problem-solving, in accordance with the competencies established by the Brazilian National Common Core Curriculum (BNCC). Furthermore, the inquiry-based approach contributed to overcoming alternative conceptions, strengthening the interdisciplinary connections among Chemistry, Physics, and the History of Science, and promoting more meaningful and contextualized learning aimed at fostering students' scientific literacy.

Keywords: Chemistry teaching; Bohr atomic model; inquiry-based experimentation; electron shell.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema dos preceitos de Sasseron (2013)	25
Figura 2 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Dalton: bola de bilhar	65
Figura 3 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Thomson: pudim de passas (a)	66
Figura 4 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Thomson: pudim de passas (b)	66
Figura 5 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Rutherford	67
Figura 6 – Representação da estrutura atômica segundo o Modelo de Bohr ..	69
Figura 7 – Distribuição eletrônica: modelo atômico de Bohr	70
Figura 8 – Sequência didática	99
Figura 9 – Realização da atividade prática	105
Figura 10 – Observação qualitativa da fluorescência (a)	105
Figura 11 – Observação qualitativa da fluorescência (b)	106
Figura 12 – Realização da atividade de fluorescência	108
Figura 13 – Representações feitas pelos alunos para o átomo.....	115
Gráfico 1 – Elétrons são partículas carregadas negativamente que giram em torno do núcleo do átomo, seguindo órbitas definidas. Você concorda ou discorda dessa afirmativa? Por quê?	113
Gráfico 2 – Quais são as partículas fundamentais do átomo?	113
Gráfico 3 – Vocês sabem onde se localizam as cargas negativas do átomo?	114
Gráfico 4 – Qual o modelo atômico que explica as cores dos fogos de artifícios?	115
Gráfico 5 – Percepção dos alunos sobre o modelo atômico de Bohr (antes e depois da atividade)	116
Gráfico 6 – Mudança na visão dos alunos sobre a química (antes e depois da atividade).....	117
Gráfico 7 – Durante a disciplina de química, já foram utilizados experimentos nas práticas das aulas pelo próprio aluno?	117

Gráfico 8 – Qual a contribuição da prática na compreensão desse conteúdo?	
.....	119
Gráfico 9 – Qual a contribuição do modelo criado por Rutherford para a evolução do modelo atômico?	120
Gráfico 10 – Qual a relação existente entre o modelo atômico de Rutherford-Bohr e a analogia utilizada para representar o sistema solar?	121
Gráfico 11 – Qual a relação entre o átomo e o seu cotidiano?	121
Gráfico 12 – Diferenças apontadas pelos estudantes em relação à luz negra e ultravioleta	141

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 – Quadro de indicadores de Sasseron para avaliação investigativa	28
Quadro 2 – Objetivos pedagógicos da experimentação investigativa	33
Quadro 3 – Grupos e objetivos pedagógicos da experimentação investigativa	34
Quadro 4 – Perspectiva de Sasseron e Carvalho sobre o problema no processo de ensino-aprendizagem	36
Quadro 5 – Programa das atividades (a)	77
Quadro 6 – Programa das atividades (b)	77
Quadro 7 – Procedimentos para realização da experiência	101
Quadro 8 – Integração da problematização, objetivos e competências curriculares	122
Quadro 9 – Análise das explicações dos participantes após atividade de sistematização e contextualização do conteúdo	124
Quadro 10 – Habilidades avaliadas na sequência de ensino investigativa	126
Quadro 11 – O modelo dos níveis investigativos segundo Banchi e Bell	127
Quadro 12 – Elementos e categorias de análise segundo Sasseron	128
Quadro 13 – Indicadores relacionados ao raciocínio lógico	129
Quadro 14 – Indicadores relacionados à argumentação	129
Quadro 15 – Quadro de análise simplificado dos níveis investigativos e da AC	131
Quadro 16 – Transcrição de trecho de diálogo	132
Quadro 17 – Aplicação dos indicadores de alfabetização científica (Sasseron)	133
Quadro 18 – Análise dos indicadores de alfabetização científica (Sasseron)	135
Tabela 1 – Concepções iniciais dos alunos sobre o átomo (1º A/1º B)	80
Tabela 2 – Tabela de descrição da atividade e contribuição para a média de notas	118

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
1.1	Trajetória da professora pesquisadora	20
1.2	Estruturação do trabalho	21
1.3	Justificativa	21
2.	OBJETIVOS DA PESQUISA	24
2.1	Objetivo geral	24
2.2	Objetivos específicos.....	24
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
3.1	A construção do conhecimento no ensino investigativo na perspectiva de Sasseron	25
3.2	Atividades experimentais investigativas didáticas e competências — habilidades	30
3.2.1	O problema como motor da aprendizagem	36
3.2.2	A alfabetização científica como horizonte.....	39
3.2.3	O ensino por investigação como abordagem didática	40
3.2.4	A dinâmica da construção do conhecimento: o papel da linguagem e da argumentação	41
3.2.5	O papel do professor e a relevância do ensino investigativa	41
4.	QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO	43
5.	ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: ANÁLISE DE PRÁTICAS EM SALA DE AULA COM BASE NA PERSPECTIVA DE SASSERON	48

5.1	Análise de dados empíricos sobre a aplicação do ensino investigativo em salas de aula de química.....	49
5.2	O processo de ensino e aprendizagem de química.....	51
5.3	Análise dos conceitos de frases investigativas e níveis de investigação no ensino de química	53
5.4	Competências e habilidades promovidas por práticas investigativas	55
5.5	Estratégias para a implementação de níveis de investigação na sala de aula de química	56
6.	A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ESTRUTURA ATÔMICA	59
6.1	Investigação das principais concepções filosóficas e científicas sobre a estrutura da matéria ao longo da história	60
6.2	Explorando abordagens didáticas baseadas na investigação científica para a compreensão dos modelos atômicos	61
7.	MÉTODO DA PESQUISA	73
7.1	O contexto da investigação	74
7.2	Desenvolvimento da situação de ensino	75
7.3	Plano de ensino	77
7.3.1	Primeira atividade: análise dos registros	80
7.3.2	Quinta atividade: simulador com aula expositiva dialogada	80
7.3.2.1	Primeira etapa: interação com o simulador	81
7.3.2.2	Segunda etapa: produção de relato e discussão sobre a história da ciência	81
7.3.3	Sexta atividade: construção do roteiro do experimento	82
7.3.4	Sétima atividade: fechamento: a conversa com os dados	83
8.	QUÍMICA EM AÇÃO: EXPERIMENTOS DE FLUORESCÊNCIA COM BOHR	85
8.1	Identificando as contribuições das aulas práticas para a compreensão dos conceitos químicos pelos alunos	85
8.2	Investigando a influência positiva da abordagem hands-on na atitude dos alunos em relação ao aprendizado de química	87
9.	CONTRIBUIÇÃO DE BOHR NO MUNDO DA QUÍMICA E SUA REFLEXÃO EM SALA DE AULA.....	Erro! Indicador não definido.
10.	CONSTRUÇÃO DOS PRÉ-ROTEIROS EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVOS	97

10.1	Abordagem metodológica.....	97
10.2	Realização de uma experiência prática de fluorescência em relação ao modelo atômico de Bohr: integrando teoria e prática	100
10.3	Relato e análise da reação dos alunos durante a experiência prática de fluorescência	104
11.	AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS NA AULA DE QUÍMICA: A FLUORESCÊNCIA E O MODELO DO ÁTOMO DE BOHR	110
11.1	Metodologia	110
11.2	Instrumentos de coleta e análise dos dados.....	111
11.3	Análise das respostas dos alunos (pré e pós-atividade)	112
11.4	Sistematização de dados da pesquisa	122
11.5	Análise de diálogo em aula investigativa.....	132
11.6	Análise do exemplo concreto: planejamento experimental.....	135
11.7	Os modelos atômicos e o cotidiano	137
11.8	Análise e discussão da intervenção — “ligando a luz: excitando os elétrons”	140
11.9	Ideias dos alunos em relação à luz negra e ultravioleta	140
11.10	Produção de texto	142
11.11	Análise e discussão da intervenção — “encerramento das atividades”.	144
12.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
	APÊNDICE A	155
	APÊNDICE B	156
	APÊNDICE C	158
	APÊNDICE D	160
	APÊNDICE E	162
	APÊNDICE F.....	163
	APÊNDICE G.....	166
	APÊNDICE H	168
	APÊNDICE I.....	169

1. INTRODUÇÃO

O ensino de conteúdos complexos em ciências, como o modelo atômico de Bohr, frequentemente, depara-se com o desafio de os tornar compreensíveis e atrativos para os alunos. Muitas vezes, a abordagem tradicional, focada na memorização, falha em despertar o interesse e em promover uma aprendizagem significativa. Diante desse cenário, surge a necessidade de estratégias pedagógicas que permitam aos estudantes construir ativamente o conhecimento em vez de apenas o receber.

A sociedade está em um processo de globalização, em que o grande desafio da educação é contribuir para a formação de cidadãos capazes de opinar e tomar decisões sobre diversos temas, principalmente, os que envolvam ciência e tecnologia. Desse modo, o cidadão contemporâneo deve se apoderar criticamente do conhecimento e usá-lo para viver melhor em sociedade, propondo e efetuando transformações que contribuam para essa melhoria.

O Ministério da Educação, por meio das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, orienta que o ensino de ciências deve ir além da mera transmissão de conhecimento. O documento ressalta a necessidade de focar no desenvolvimento científico e tecnológico, instigando uma abordagem que ajude os alunos a superar a visão de que a ciência é um conjunto de verdades absolutas. Para isso, as diretrizes enfatizam que os professores devem usar estratégias que tornem o conhecimento científico relevante e significativo para a vida dos estudantes, promovendo uma educação que os forme como cidadãos críticos e reflexivos, capazes de atuar ativamente na sociedade.

Nesse contexto, o ensino de química deve capacitar o estudante a reconhecer e a compreender, de forma integrada, as transformações químicas que ocorrem no seu cotidiano. Em consonância com as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, o tratamento contextualizado dos conteúdos, por meio de atividades experimentais, é fortemente incentivado.

O ensino investigativo, em especial, a experimentação, destaca-se como um recurso metodológico eficaz para a construção ativa do conhecimento. Ele visa desenvolver habilidades cognitivas nos alunos, permitindo que eles

construam a teoria a partir da curiosidade e do uso de aparatos científicos para resolver problemas que despertem seu interesse.

A química é uma ciência que se baseia, em grande parte, na atividade experimental. O desenvolvimento de muitos conceitos científicos começa com a observação de fenômenos para, só então, elaborar e justificar as explicações teóricas. No entanto, a implementação de práticas experimentais na educação básica nem sempre é viável.

Conforme aponta Oliveira (2017), quando o conteúdo é trabalhado somente de forma teórica, ele pode se tornar monótono e desinteressante. Sem a conexão com a prática, o estudante se sente obrigado a cumprir tarefas, sem encontrar sentido ou aplicabilidade naquilo que está aprendendo. Mesmo que o aluno seja inteligente e dedicado, a falta de relevância faz com que a atividade perca seu valor, não contribuindo de forma significativa para sua vida ou para a de seus colegas.

Diante desse cenário, surge uma questão central: de que forma as atividades experimentais investigativas contribuem no processo de ensino e aprendizagem do modelo atômico de Bohr?

Nesse contexto, a sequência didática (SD), baseada na experimentação investigativa, emerge como uma proposta promissora. Tal abordagem oferece um caminho para superar a divisão entre teoria e prática, permitindo que os alunos explorem conceitos científicos por meio de atividades que estimulem a curiosidade e o raciocínio. A experimentação investigativa não se limita a replicar resultados esperados; ela encoraja o aluno a formular hipóteses, manipular materiais, observar fenômenos e, por fim, interpretar os dados para chegar a conclusões.

O ensino de química, especialmente no Ensino Médio, enfrenta o desafio de tornar noções abstratas em representações compreensíveis e significativas. Entre esses conceitos, o modelo atômico de Bohr se destaca por sua importância histórica e explicativa, ao introduzir o caráter quantizado da energia e explicar fenômenos como as linhas espectrais dos elementos.

Contudo, observa-se que muitos alunos têm dificuldade em compreender o modelo atômico de forma integrada e contextualizada, limitando-se a uma visão mecanicista e fragmentada. Nesse contexto, surge a

necessidade de metodologias que incentivem a participação ativa, a curiosidade e a construção do conhecimento, aproximando a teoria da prática.

Assim, a proposta desta pesquisa é elaborar, aplicar e avaliar uma sequência didática sobre o modelo atômico de Bohr, estruturada a partir da experimentação investigativa em grupo. Essa metodologia permite que o aluno atue como protagonista do processo de aprendizagem, formulando hipóteses, investigando fenômenos e construindo explicações científicas.

Desse modo, espera-se que as atividades desenvolvidas nesta pesquisa criem condições para os educandos compreenderem o conteúdo abordado, de tal forma que sejam capazes de correlacioná-lo e observá-lo no seu cotidiano.

1.1 Trajetória da professora pesquisadora

Minha trajetória acadêmica e profissional foi moldada pela crescente paixão em, inicialmente, compreender e, posteriormente, ensinar o conceito de átomo. Essa partícula fundamental é crucial não apenas para a química, mas também para a biologia (no estudo da célula e da respiração) e para a física (especialmente no tema da eletricidade).

Desde o Ensino Médio, eu já demonstrava grande fascínio pelas aulas de química. No entanto, uma barreira me incomodava: não conseguia relacionar as aulas práticas e o mundo natural com o conceito de átomo, que, como meu professor, à época, explicou-me: “era a partícula formadora de tudo”. Essa desconexão entre teoria e prática me motivou a buscar respostas.

A princípio, o Curso de Licenciatura em Química, no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), não era minha primeira escolha. Minha intenção inicial era cursar Engenharia Química, utilizando a licenciatura como um caminho para equivalência de disciplinas. No entanto, essa perspectiva mudou, radicalmente, durante minha primeira experiência em sala de aula, obtida por meio de uma bolsa de iniciação científica.

Ver a transformação de um aluno por meio da minha atuação como professora foi uma experiência reveladora. A paixão pela docência se consolidou nesse momento. Desde então, meu trabalho tem sido orientado pelo desejo de aprimorar minha prática pedagógica, inspirada pela arte de ensinar. Atualmente,

leciono na rede estadual de São Paulo, ministrando aulas para as três séries do Ensino Médio, com uma carga horária de aproximadamente 40 horas semanais.

Buscando aprofundar meu aperfeiçoamento profissional, ingressei no Mestrado Profissional em Química. Meu objetivo é refletir sobre minhas inquietações e encontrar suporte teórico e metodológico para o ensino e a aprendizagem do conceito de átomo.

1.2 Estruturação do trabalho

Este trabalho está estruturado na trajetória realizada pela pesquisadora durante a elaboração das etapas, sendo, primeiramente, apontadas algumas considerações sobre o tema e indicados alguns pressupostos que devem ser observados para a execução da pesquisa.

O tema é introduzido, em seguida, são apresentadas a pesquisa e a análise do lócus do estudo, em que serão feitas as considerações relevantes do ambiente e do modelo de ensino utilizado e, ainda, pelo ambiente em que a investigação está sendo realizada.

É importante serem feitas as observações e as análises em relação aos recursos que já são utilizados no processo de ensino de átomo por docentes de química — os quais são apresentados no terceiro capítulo do trabalho, acompanhados de respectiva revisão bibliográfica. Ao término da revisão bibliográfica e dos apontamentos relevantes ao ensino e, conseqüentemente, ao entendimento dos alunos sobre a teoria do átomo, o trabalho expõe a metodologia de pesquisa realizada, a aplicação das etapas de maneira detalhada e, ainda, a metodologia de análise de dados utilizada.

Os últimos capítulos contêm os dados obtidos pela pesquisa, cuja análise é detalhada segundo uma conclusão que se pode alcançar com o desenvolvimento da situação de ensino.

1.3 Justificativa

A abordagem tradicional do ensino de química, centrada na exposição teórica e na memorização, frequentemente, resulta em desinteresse e dificuldade de aprendizagem. Por sua vez, a experimentação investigativa

possibilita que o aluno vivencie o fazer científico, favorecendo a autonomia e o pensamento crítico. O estudo do modelo de Bohr, aliado a experimentos que envolvam a emissão de luz e os espectros atômicos, permite trabalhar de forma interdisciplinar conceitos de física, química e história da ciência.

Quando essa mediação ocorre de forma efetiva, tenho a sensação de contentamento. Porém, nem sempre isso ocorre, principalmente, quando o conceito em discussão é o átomo.

O processo de ensino e aprendizagem do conceito átomo se torna complexo devido ao elevado grau de abstração para seu entendimento. Muitas vezes, o aluno entende que o átomo foi descoberto e, então, estudado, quando, na verdade, ele não foi descoberto, mas, sim, formulado através da construção de sua teoria. É preciso que o aluno faça uma construção imaginária do conceito. Além disso, outro elemento complicador na abordagem dessa noção é o uso de representação por meio modelos, analogias e metáforas que podem gerar compreensões equivocadas do conceito, pois envolvem o estabelecimento de comparações ou relações entre o conhecido, o pouco conhecido ou desconhecido.

Ademais, o entendimento de muitas questões cotidianas e científicas depende da compreensão dos átomos, pois quando eles se combinam em ligações químicas de diversos tipos, constroem materiais que, em sua maioria, estão presentes no cotidiano das pessoas.

Isaac Asimov (1958) enfatiza que o conceito de átomo é fundamental não apenas para a compreensão da ciência, mas também para muitas questões cotidianas. Em suas obras, ele explica como átomos, ao se combinarem em ligações químicas, formam tudo o que vemos e usamos no nosso dia a dia. Desde objetos simples até materiais complexos, tudo é constituído por átomos que interagem de maneiras diversas.

Ele destaca que a maioria dos materiais com os quais lidamos no cotidiano; como plásticos, metais, água e ar; são formados por átomos que se unem em diferentes tipos de ligações químicas. Também, explica que as propriedades dos materiais; como dureza, flexibilidade e condutividade elétrica e térmica; dependem de como esses átomos se organizam e se ligam. Segundo Enchler e Del Pino (2000, p. 835), essa estruturação atômica determina o comportamento e as características dos materiais.

Um dos conceitos centrais da química é o do átomo. Como é sabido, a preocupação com a essência da matéria fez parte da filosofia da Grécia antiga. Nessa época, postulou-se a noção de átomo, entendido como a partícula indivisível que faria parte da estrutura de todos os materiais. Desde os tempos antigos até os dias atuais, o conceito de átomo foi refinado por muitas teorias, que utilizaram diversos dados empíricos e modelos conceituais distintos. Embora as diferentes teorias apresentem interpretações distintas sobre a estrutura do átomo, a concepção atômica continua sendo fundamento essencial para a compreensão da química.

Uma breve introdução do tema é realizada na disciplina de ciências durante o 6º Ano do Ensino Fundamental II. A introdução do conceito de átomo representa um momento crucial para a formação científica dos estudantes. O Currículo Paulista orienta a adoção de estratégias pedagógicas inovadoras para tornar esse aprendizado mais significativo e duradouro. A ideia é apresentar o conhecimento como algo construído e provisório em vez de definitivo, respeitando o desenvolvimento cognitivo dos alunos. O documento, também, orienta que o ensino do átomo seja realizado de forma gradual e progressiva, partindo dos conceitos mais simples e intuitivos para os mais complexos. De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo (2010, p. 127),

[...] o estudo deve ser organizado a partir de fatos mensuráveis, perceptíveis, para que os alunos possam entender as informações e os problemas em pauta, além de estabelecer conexões com os saberes formais e informais já adquiridos. Somente então as explicações que exigem abstrações devem ser introduzidas, deixando-se claro que não são permanentes e absolutas, mas sim provisórias e historicamente construídas pelo ser humano. Este é um dos motivos de se evitar a sequência de estudo comumente utilizada no Ensino Médio, que dá ênfase, logo no início, a aspectos microscópicos, apresentando os modelos atômicos de Dalton, Rutherford, Bohr e o da teoria quântica, com a distribuição eletrônica em camadas ou níveis e subníveis energéticos, seguidos da tabela periódica e do estudo das ligações iônicas, covalentes e metálicas.

Diante desses desafios, a presente pesquisa se justifica pela imperiosa necessidade de investigar e analisar o alto grau de abstração exigido para a compreensão do conceito de átomo, um fator que pode comprometer seriamente a aprendizagem. Nesse sentido, um aprofundamento na literatura sobre o tema é crucial para a elaboração de uma situação de ensino inovadora que possa, de fato, facilitar o entendimento da teoria do átomo pelos estudantes.

2. OBJETIVOS DA PESQUISA

O capítulo se inicia com a exposição dos objetivos gerais e específicos da pesquisa. Em seguida, caracterizam-se o lócus e os participantes do estudo, com o relato de como se deu a construção dos pré-roteiros experimentais investigativos de qual foi o percurso metodológico escolhido. Por fim, há a descrição dos instrumentos de coleta e análise dos dados da investigação.

2.1 Objetivo geral

A partir desta pesquisa, com om base nos resultados obtidos, considera-se que o objetivo geral foi alcançado, pois a sequência didática investigativa elaborada e aplicada favoreceu a compreensão do modelo atômico de Bohr, promoveu a integração entre teoria e prática e estimulou a participação ativa dos estudantes, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

2.2 Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo geral e a fundamentação da problemática proposta, delinear-se os seguintes objetivos específicos:

Os conhecimentos prévios foram identificados por meio de questionários e discussões iniciais, permitindo conhecer as concepções dos estudantes e planejar as atividades. Observou-se maior interesse, participação e envolvimento dos estudantes durante as atividades investigativas.

As atividades experimentais investigativas foram desenvolvidas e aplicadas conforme o planejamento da sequência didática.

Os estudantes participaram ativamente das investigações, levantando hipóteses, discutindo resultados e construindo explicações para os fenômenos observados. Foram evidenciados avanços na argumentação científica, autonomia, pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho colaborativo.

Foi elaborado um produto educacional contendo uma sequência didática investigativa, experimentos de baixo custo e orientações pedagógicas para apoiar a prática docente.

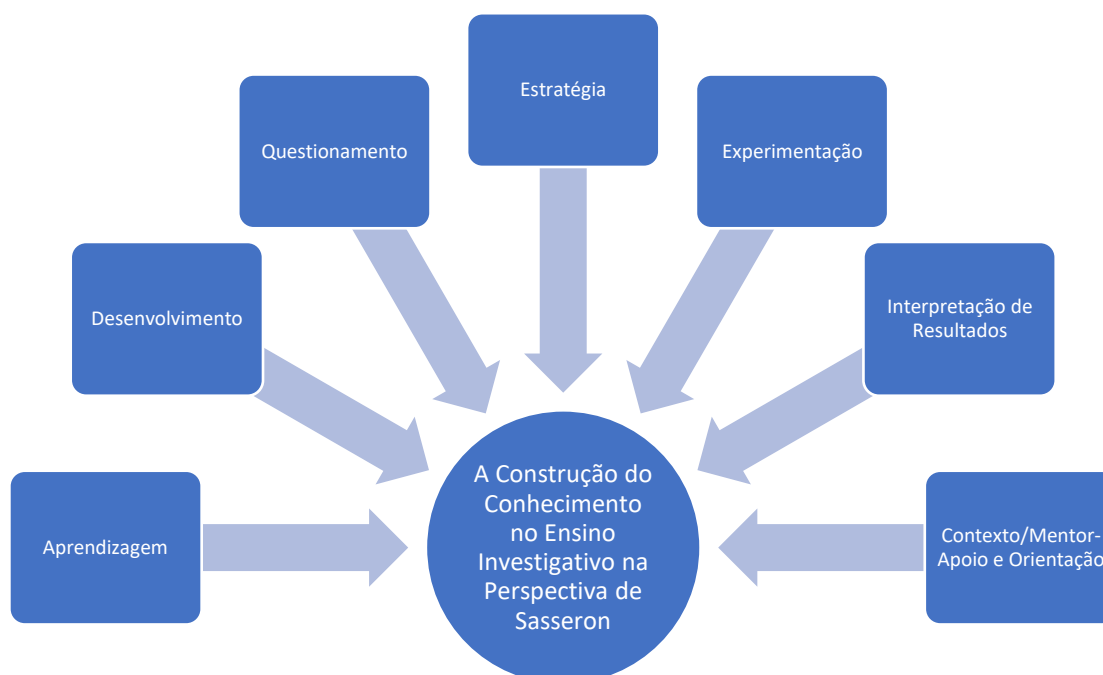
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Após a identificação da questão-foco do trabalho, buscou-se um referencial teórico que pudesse orientar a construção da sequência didática do conteúdo do modelo atômico de Bohr utilizando a experimentação investigativa. Portanto, a seguir, são apresentados alguns desses referenciais.

3.1 A construção do conhecimento no ensino investigativo na perspectiva de Sasseron

A compreensão do processo de ensino-aprendizagem, nos diversos níveis escolares, constitui uma atividade constante no meio educacional, na qual se estabelecem as bases do desenvolvimento humano. Dada a relevância dessa temática, a presente pesquisa se fundamenta nas teorias de Sasseron (2013), esquematizadas na Figura 1 a seguir. O estudo buscou articular os preceitos do ensino por investigação, valendo-se dos fundamentos desenvolvidos nos trabalhos da referida autora.

Figura 1 – Esquema dos preceitos de Sasseron (2013)



Fonte: a autora.

Sabemos que os estudos de Sasseron em educação em ciências, tradicionalmente, pautada na transmissão de conteúdos e na memorização de conceitos, tem sido alvo de críticas e reflexões profundas. A percepção de que essa abordagem não prepara os estudantes para os desafios de um mundo complexo e em constante transformação impulsionou a busca por metodologias mais eficazes. Nesse cenário, o ensino por investigação emerge como uma proposta robusta, assim como a perspectiva de Sasseron se destaca por sua detalhada fundamentação teórica e metodológica, que vai além da simples experimentação e se concentra na construção do conhecimento e na formação do pensamento científico.

Segundo Carvalho (2013), todo aprendizado é necessariamente mediado, de modo que o primeiro contato com novas atividades escolares e com habilidades cognitivas, motoras, atitudinais ou sociais deve contar com a participação de um adulto. Diante disso, no ambiente escolar, o professor se torna a figura central nesse processo.

A busca por uma compreensão aprofundada do processo de ensino-aprendizagem é uma constante no ambiente educacional. Tradicionalmente, essa análise se apoiava em fundamentos da psicologia cognitiva e do contexto social, mas a pesquisa contemporânea busca novas bases para aprimorar a prática pedagógica, especialmente, no campo das ciências. Diante disso, este estudo se volta para a perspectiva de Sasseron, uma das mais proeminentes pesquisadoras brasileiras na área de ensino de ciências, cujo trabalho oferece um referencial sólido para o ensino por investigação. A intenção é relacionar essa abordagem didática — particularmente, quando desenvolvida em pares ou pequenos grupos — aos conceitos fundamentais de sua obra, que priorizam a construção do conhecimento e a alfabetização científica.

Sasseron (2013) defende que a construção do conhecimento não é um processo passivo de recebimento de informações. Pelo contrário, ela é uma atividade dinâmica e social, mediada por interações discursivas. Na perspectiva da educadora, a ciência escolar não deve ser apresentada como um conjunto de verdades acabadas, mas como um processo de investigação, no qual os estudantes são desafiados a pensar, a questionar e a construir suas próprias explicações para fenômenos naturais, usando a linguagem como ferramenta essencial.

Para Sasseron (2013), a interação em sala de aula é o cerne do processo de construção do conhecimento. Ela argumenta que as funções mentais superiores, como o raciocínio e a capacidade de argumentação, são desenvolvidas e aprimoradas através da troca entre os estudantes e entre eles e o professor. No ambiente escolar, o docente atua como um mediador crucial, um guia que não entrega as respostas, mas que formula perguntas que instigam a reflexão, estimulam o debate e incentivam a busca por evidências. O professor, nesse cenário, é um facilitador da aprendizagem, um arquiteto do ambiente investigativo.

Um conceito central na obra de Sasseron (2013) é a argumentação. Ela não é vista como um mero debate ou uma disputa de opiniões, mas como um processo fundamental para a validação das ideias na ciência. Quando os alunos são incentivados a argumentar, eles não apenas expressam suas opiniões, mas as defendem com base em dados, observações e raciocínios lógicos. Isso exige que eles articulem suas ideias de forma clara e rigorosa, o que, por sua vez, organiza o próprio pensamento. A argumentação se torna, então, uma poderosa ferramenta para a organização do raciocínio e a construção de explicações coerentes.

A educadora enfatiza que o desenvolvimento do pensamento científico ocorre de forma progressiva e está, intimamente, ligado às habilidades e às atitudes investigativas. Ao participar de atividades de investigação, os estudantes aprendem a formular problemas, levantar hipóteses, coletar e analisar dados e comunicar suas conclusões. Essas ações, que se interligam ao longo de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), permitem que o aluno avance em sua compreensão, construindo um conhecimento mais sólido e significativo. Esse processo é dinâmico: as ideias iniciais dos alunos são desafiadas e modificadas à medida que novas evidências são apresentadas e novas explicações são construídas em colaboração com os pares.

A perspectiva de Sasseron (2013) reforça que a aprendizagem não se subordina totalmente ao desenvolvimento de estruturas mentais predefinidas. Pelo contrário, o processo de ensino por investigação é capaz de impulsionar o desenvolvimento intelectual dos estudantes. Ao expor os alunos a problemas que eles não seriam capazes de resolver sozinhos, e ao fornecer a mediação do professor e a colaboração dos pares, o ensino cria um ambiente de potencial, no

qual a aprendizagem se antecipa ao que o aluno já sabe, provocando saltos qualitativos em seu nível de compreensão.

Em síntese, a perspectiva de Sasseron (2013) sobre o ensino por investigação salienta a importância das interações sociais e da linguagem como mediadoras da construção do conhecimento. Essa abordagem destaca que, ao engajar os estudantes em atividades de investigação em grupo, a socialização do conhecimento e o debate de ideias se tornam a espinha dorsal do processo de aprendizagem. Assim, a ciência deixa de ser um conhecimento a ser meramente decorado e se torna uma prática viva, em que o aluno adquire não apenas o saber, mas as habilidades e as atitudes necessárias para pensar de forma científica e atuar de maneira consciente no mundo.

Segundo Sasseron (2013), a construção do conhecimento ocorre de forma ativa e colaborativa, enfatizando o ensino por investigação. Nessa perspectiva, as atividades em equipe e a socialização do conhecimento são essenciais. A interação entre os estudantes e a argumentação se tornam as principais ferramentas para a apropriação de um novo saber. Assim, a ciência deixa de ser um conjunto de fatos a ser memorizado e se transforma em uma prática viva, na qual o aluno é o protagonista de sua aprendizagem.

Quadro 1 – Quadro de indicadores de Sasseron para avaliação investigativa

Elemento	Descrição detalhada	Função no ensino investigativo
Contexto	Situa o fenômeno a ser investigado em um ambiente real, histórico, social ou cotidiano.	Desperta o interesse, conecta a teoria à prática e torna a investigação significativa.
Questionamento	Fórmula perguntas investigáveis pelos alunos, a partir de observações, hipóteses ou problemas.	Guia a investigação e desenvolve o pensamento crítico.

Elemento	Descrição detalhada	Função no ensino investigativo
Experimentação	Consiste em testes práticos, observações, coleta de dados, manipulação de materiais e verificação de hipóteses.	Permite que o aluno vivencie o método científico.
Interpretação de resultados	Corresponde à análise crítica dos dados obtidos, à comparação com teorias e à elaboração de explicações.	Constrói o conhecimento científico e valida hipóteses.
Estratégias didáticas	Representam as técnicas usadas pelo professor, como PBL (<i>Problem-Based Learning</i>), trabalho em grupo e sequências investigativas.	Organizam a aprendizagem e orientam o processo investigativo.
Aprendizagem	Refere-se à aquisição de competências, à compreensão conceitual e à autonomia intelectual.	Representa o objetivo final do processo investigativo.
Mentoria (professor)	Compreende a mediação, o apoio, as perguntas orientadoras e a avaliação processual.	Orienta sem dar respostas prontas, promovendo autonomia dos estudantes.
Desenvolvimento de competências	Diz respeito às habilidades investigativas: observar, medir, comparar, argumentar, justificar e comunicar.	Forma alunos capazes de pensar cientificamente.

Fonte: adaptada de Sasseron (2013).

3.2 Atividades experimentais investigativas didáticas e competências — habilidades

O crescimento das pesquisas em química aponta a experimentação investigativa como uma das estratégias mais promissoras para a evolução do ensino. Inspirada na máxima de que “todo conhecimento é resposta a uma questão”, a investigação demanda o planejamento de ações, a coleta de evidências, a formulação de explicações e a comunicação dos resultados. Essa abordagem permite que o estudante aprenda não apenas a fazer ciência, mas também sobre a natureza científica, desenvolvendo, assim, o seu espírito crítico. Com base nessas reflexões, foram selecionados alguns trabalhos para discutir as atividades experimentais investigativas, dentre eles, os achados de: Carvalho (2013), Souza *et al.* (2013), Suart e Marcondes (2009), Scarpa, Sasseron e Silva (2017) e Sasseron (2008).

Para Carvalho (2013), a experimentação por investigação consiste em uma abordagem que provoca o questionamento e requer planejamento, coleta de evidências, elaboração de relatos fundamentados e a comunicação dos conhecimentos adquiridos. Desse modo, a utilização de metodologias investigativas e de conhecimentos científicos pode promover, no educando, o aprendizado do fazer ciência.

Scarpa, Sasseron e Silva (2017), fundamentados na teoria de Piaget, elucidam que o ato de aprender se assemelha a um processo de “ajuste” mental. Nesse sentido, quando o indivíduo se depara com um novo estímulo que não pode ser assimilado pelos seus conhecimentos prévios, estabelece-se um estado de desequilíbrio cognitivo. Para superá-lo, a pessoa precisa mudar suas concepções anteriores para permitir a inclusão de novas informações.

Assim, o conhecimento é construído de forma complexa: as ideias iniciais se tornam mais organizadas e completas, permitindo que a pessoa entenda as novas situações (como as que foram planejadas em uma aula ou uma pesquisa). (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017).

Considerando as ideias de Sasseron, uma questão que permita a construção de novos conceitos deve oferecer uma forma de analisar uma nova situação ou mesmo uma maneira diferente de refletir sobre aspectos bem conhecidos. Para tanto, surge a necessidade de considerar mais do que a

simples formulação da pergunta. Deve-se refletir se: o questionamento fará sentido e impulsionará o envolvimento dos estudantes, assim como a busca por soluções, caso evidencie situações conflitantes para as quais não são suficientes os conhecimentos já adquiridos?

O uso de experimentos serve para criar um conhecimento que seja lógico e organizado, que possa explicar como as coisas funcionam na realidade. No entanto, é importante notar que apenas fazer a experiência, sem reflexão, tem um limite.

Como aponta Carvalho (2013), se a pessoa apenas segue a experiência para “confirmar” o que já se espera, ela se restringe a verificar o fenômeno e aceitar uma “verdade” que parece universal. Dessa forma, esse conhecimento não se torna uma construção pessoal e profunda do indivíduo.

Nesse viés, o uso de experimentos busca construir um conhecimento que seja lógico e organizado, capaz de revelar a realidade. No entanto, é preciso ter cuidado com a reflexão apresentada. Como afirma Lima (2018), simplesmente, aceitar a experiência (como uma “receita de bolo”) faz com que a pessoa apenas verifique o que foi observado. Ela passa a aceitar uma “verdade” pronta, que parece ser universal. Desse modo, o conhecimento não se torna uma construção realmente pessoal e significativa para o estudante.

Carvalho (2013) descreve que as atividades práticas de investigação são ferramentas de ensino cuidadosamente preparadas. Elas servem para ajudar os estudantes a construir conceitos científicos e a desenvolver habilidades de raciocínio, essenciais para se entender como a ciência funciona e para formar melhor o aluno.

[...] uma atividade de ensino investigativa deve partir de uma situação-problema que possa despertar o interesse dos alunos a participarem da investigação, suscitando a busca de informações, a proposição de hipóteses sobre o fenômeno em estudo, o teste de tais hipóteses e a discussão dos resultados para a elaboração de conclusões acerca do problema. Nesse processo, os alunos mobilizam os conhecimentos que já têm e buscam outros para formular suas hipóteses e propor maneiras de solucionar o problema apresentado, devem argumentar, procurando justificar tais hipóteses e procedimentos propostos, e estabelecer relações entre fatos e possíveis explicações e aplicar os conhecimentos construídos em outras situações. Os alunos, dessa maneira, têm um papel ativo, sendo o professor o orientador desse processo, no qual incentiva os alunos a participarem, indica ou fornece informações necessárias, questiona os encaminhamentos dados pelos estudantes na busca de soluções para o problema, auxilia os na elaboração de procedimentos e na análise dos dados (Carvalho, 2013, p. 14).

Com a realização da atividade prática e o alcance desses objetivos — ou mesmo de alguns deles —, tal experimento não apenas ensinará os estudantes a seguir regras e métodos da ciência. Mais importante, ele ajudará os alunos a desenvolver o pensamento lógico, o que é essencial para que eles construam e entendam os conceitos científicos. Percebe-se, então, que se uma atividade experimental contempla esses objetivos, ou parte deles, possibilitará que os educandos aprendam, além de procedimentos e condutas científicas experimentais, maneiras de construir um raciocínio como base construtiva para o campo conceitual da ciência.

Para Sasseron (2015), o problema aparece como principal elemento de uma investigação, em uma perspectiva epistemológica, fundamentada nas ideias de Bachelard. Nesse contexto, o problema estabelece uma relação com o objeto de conhecimento, possibilitando o nascimento e o desenvolvimento de conceitos. Já do ponto de vista educacional, o problema se torna um recurso para o desenvolvimento da compreensão sobre os conceitos. Um problema considerável em uma aula de ciências, especialmente, nas de química, compreende a construção da visão ampla de investigação. Esse cenário envolve conceitos trabalhados nas aulas anteriores ou elementos da experiência do dia a dia dos alunos. Assim, é relevante que o problema seja capaz de motivar a atuação dos estudantes e, por isso, é necessário que se encontre vinculado aos seus conhecimentos prévios.

As atividades de investigação no ensino de ciências exigem certa atenção no desenvolvimento em diferentes momentos pedagógicos. Segundo Carvalho (2013, p. 121),

[...] as quatro etapas básicas se fundamentam na apresentação de propostas investigativas: o problema para a construção do conhecimento; a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual na resolução do problema; a tomada de consciência; e a construção de explicações.

A importância do problema, mencionada anteriormente, com base nos estudos de Sasseron e Carvalho (2008), é vista como subsídio na construção do conhecimento. Ressalta-se, desse modo, que a transição da ação manipulativa na resolução do problema é um fator importante para o entendimento dos fenômenos, analisando os aspectos não vistos e manipulados em uma dada situação, e colabora para a construção abstrata do pensamento.

As características básicas das atividades de caráter investigativas expostas nos estudos de Sasseron (2013, p. 15) são descritas como:

- Presença de um problema ou uma questão inicial.
- Busca de informações e/ou evidências.
- Elaboração e teste de hipóteses.
- Análise e argumentação dos dados.
- Elaboração de conclusões.

Segundo a autora, os objetivos, anteriormente, explicitados são possíveis apenas em aulas investigativas, uma vez que essa estratégia permite a participação direta do aluno na construção do seu conhecimento com a mediação do professor (Sasseron, 2013).

Quadro 2 – Objetivos pedagógicos da experimentação investigativa

Grupos	Objetivos pedagógicos (o que se busca desenvolver no aluno)
1	Construção de conceitos científicos: ajudar o aluno a entender e dar sentido aos conceitos de uma forma mais profunda e contextualizada.
2	Desenvolvimento do raciocínio científico: promover o uso de habilidades, como observar, formular hipóteses, analisar variáveis, coletar e interpretar dados.
3	Desenvolvimento da argumentação: fomentar a capacidade de o aluno justificar suas ideias, defender seu ponto de vista e estabelecer relações entre dados e conclusões.

Grupos	Objetivos pedagógicos (o que se busca desenvolver no aluno)
4	Compreensão da natureza da ciência (NdC): mostrar que a ciência é um processo humano, passível de erros, e que o conhecimento é provisório e construído socialmente.
5	Alfabetização científica: levar o aluno a se apropriar da linguagem da ciência e utilizá-la para ler, interpretar e intervir na realidade.
6	Relação ciência-tecnologia-sociedade (CTS): conectar os conceitos aprendidos com questões práticas, sociais, éticas e tecnológicas do cotidiano.

Fonte: adaptada de Sasseron (2013).

Quadro 3 – Grupos e objetivos pedagógicos da experimentação investigativa

Grupos	Objetivos pedagógicos
Habilidades	Manipular, refletir, ler, escrever, questionar, investigar, organizar e comunicar.
Conceitos	Levantar hipóteses, apresentar modelos teóricos e identificar a categoria taxonômica.
Compreensão da natureza da ciência	Entender como se dá o empreendimento científico, como os cientistas trabalham a existência de multiplicidade de métodos científicos, quais são as inter-relações entre ciência-tecnologia-sociedade e entre as várias componentes curriculares científicas.
Atitudes	Possuir curiosidade, interesse, coragem para correr riscos, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração e admiração pela ciência.
Tomada de decisão	Construir o conhecimento de maneira interdisciplinar, a partir de componente curricular com múltiplas alternativas para a resolução do mesmo problema.

Fonte: adaptada de Sasseron (2013).

Conforme Sasseron e Carvalho (2008), a finalidade das atividades investigativas, práticas ou teóricas, é levar o aluno a pensar, a debater, a questionar, a agir, a justificar as suas ideias e a aplicar os seus conhecimentos

em situações novas, usando os saberes científicos, tecnológicos, culturais, éticos, históricos e matemáticos. Dessa maneira, espera-se que, com a experimentação investigativa, o aluno apresente maior autonomia e participação na construção de seu conhecimento.

Os aspectos a serem ponderados no planejamento, conforme a perspectiva de Carvalho (2013), englobam a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) e focam na mudança do papel do aluno e do professor:

- Escolha de um problema aberto e instigante: o ponto de partida deve ser uma situação-problema que seja relevante para o aluno e para a qual ele não tenha uma resposta pronta, estimulando a curiosidade e a atividade cognitiva.
- Desenvolvimento da argumentação: o planejamento deve prever momentos explícitos de discussão em grupo e coletiva para que os alunos possam justificar suas hipóteses e suas conclusões, comparando-as com as evidências obtidas (argumentação).
- Papel ativo do aluno: o estudante deve ser o protagonista, sendo responsável por:
 - Levantar hipóteses.
 - Planejar os procedimentos experimentais ou de pesquisa (com a mediação do professor).
 - Coletar, organizar e analisar os dados.
 - Elaborar conclusões.
- Papel do professor como mediador/orientador: o docente deve planejar intervenções que:
 - Questionem as hipóteses ou os procedimentos dos alunos.
 - Incentivem a busca por novas informações.
 - Auxiliem na organização dos dados, sem dar a resposta final.
 - Promovam a sistematização do conhecimento científico após a investigação.
- Articulação entre teoria e prática: a atividade não deve ser apenas uma “confirmação” da teoria, mas sim um meio para que os alunos mobilizem (usem) seus conhecimentos prévios e construam novos conceitos à luz dos resultados da investigação.

As perguntas práticas e conectadas com a realidade, feitas pelos professores para os alunos, ajudam a desenvolver o raciocínio científico. Elas forçam os estudantes a analisar tanto os resultados da investigação quanto as suas próprias ideias. Para que esses questionamentos sejam eficazes em atividades de investigação, é necessária a observação aos quesitos a seguir.

3.2.1 O problema como motor da aprendizagem

Com base na visão de Sasseron e Carvalho (2008), o problema é o elemento central que desencadeia a investigação, a mobilização de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades no aluno e em seus colaboradores, ele é o cerne de toda a investigação. Em uma perspectiva educacional, o problema é o recurso que permite o desenvolvimento e a consolidação de conceitos. Para ser eficaz, ele deve criar um conflito cognitivo nos alunos, desafiando os conhecimentos prévios e exigindo a busca por novas soluções.

Quadro 4 – Perspectiva de Sasseron e Carvalho sobre o problema no processo de ensino-aprendizagem

Conceito	Perspectiva de Sasseron e Carvalho
Problema/situação-problema	Elemento inicial que provoca um desequilíbrio cognitivo e estimula a curiosidade do aluno, sendo o ponto de partida da Sequência de Ensino Investigativa (SEI).
Epistemologia bachelardiana	Perspectiva filosófica que fundamenta a importância do problema, pois “todo conhecimento é resposta a uma pergunta” (Bachelard, 1996 <i>apud</i> Capecchi, 2013). O problema é a base para a construção do novo conhecimento.
Alfabetização Científica (AC)	Objetivo final da SEI, o problema atua como motor, permitindo que o aluno desenvolva as habilidades necessárias para ler o mundo e tomar decisões informadas usando o conhecimento científico (Sasseron; Carvalho, 2008).

Conceito	Perspectiva de Sasseron e Carvalho
Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	Abordagem didática na qual o problema estrutura uma cadeia de atividades interligadas (levantamento de hipóteses, testes e argumentação), que leva o aluno à sistematização do saber (Carvalho, 2013).

Fonte: adaptado de Sasseron e Carvalho (2008).

Sasseron e Carvalho (2008) colocam o problema no centro do processo de ensino-aprendizagem, transformando a dinâmica da sala de aula de transmissiva para construtiva. Este, portanto, não se resume a um mero exercício para aplicar fórmulas, mas funciona como o catalisador que obriga o aluno a mobilizar o que já sabe.

A primeira atividade da SEI é caracterizada pela problematização de um tema, que tem por objetivo aguçar a curiosidade dos estudantes e promover a discussão de hipóteses para sua resolução. Por isso, o problema precisa estar dentro do contexto de vida dos estudantes e levar em conta os conhecimentos prévios deles (Carvalho, 2013, p. 9).

Sasseron (2015) se baseia na epistemologia de Bachelard, que argumentava que o conhecimento científico emerge da superação de obstáculos e da formulação de questões. Para a autora, o problema aparece como principal elemento de uma investigação, em uma perspectiva epistemológica, fundamentada nos preceitos bachelardianos. Nesse contexto, o problema estabelece uma relação com o objeto de conhecimento, possibilitando o nascimento e o desenvolvimento de conceitos.

O problema, ao estabelecer uma conexão entre o que o aluno sabe (conhecimento cotidiano) e o que a ciência explica, transforma o modo de pensar dele, iniciando o ciclo da investigação.

Para além da construção conceitual, o problema é o espaço terreno para o desenvolvimento das práticas científicas essenciais à alfabetização científica. A busca pela solução do problema exige que os alunos realizem diversas ações cognitivas e discursivas.

Ao propor aos alunos que enfrentem o problema, espera-se que eles levantem hipóteses, assim como realizem testes, experimentos e observações. O objetivo da SEI, portanto, é dar oportunidade aos estudantes de levantar e testar suas hipóteses para passarem da ação manipulativa à intelectual,

estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor (Carvalho, 2013).

Uma atividade experimental deve se preocupar com os níveis de dificuldades que sejam adequados aos educandos, de maneira que eles não se sintam desmotivados e incapazes de executarem a atividade proposta.

Um dos grandes desafios na docência reside na frequente ausência de atividades experimentais bem planejadas que engajem o aluno em situações de investigação, essenciais para a construção ativa do conhecimento.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008), cabe ao professor elaborar um planejamento de atividades que transcenda a mera observação e comprovação de fenômenos. O objetivo central é explorar conceitos e fomentar o desenvolvimento de habilidades cognitivas que variem das simples às complexas. Tais habilidades incluem o estabelecimento de relações, a proposição de hipóteses e a elaboração de conclusões. Embora esse planejamento investigativo possa parecer complexo, torna-se altamente compensador quando o educando consegue, de fato, apropriar-se do conhecimento (Carvalho, 2013).

Na experimentação, o caráter investigativo, o estudante desenvolve a crucial habilidade de trabalhar em equipe, o que proporciona a ele a oportunidade de conhecer e vivenciar como é a prática social e colaborativa de um cientista. Essa perspectiva é essencial, conforme defende Sasseron (2008, 2015), para promover a alfabetização científica. Todavia, tais competências procedimentais e atitudinais não são observadas em aulas práticas de perfil tradicional. Isso ocorre porque essa abordagem se restringe a uma aprendizagem mecânica baseada apenas na memorização e na execução de roteiros, apresentando-se como uma ciência de verdades absolutas e inquestionáveis, distanciada de sua natureza investigativa e humana.

Assim, as sequências de ensino investigativas se apresentam como uma metodologia capaz de auxiliar no processo ensino-aprendizagem, por conseguirem dar conta de conteúdos curriculares com uma demanda mais complexa e por terem vários ciclos de atividades planejadas.

3.2.2 A alfabetização científica como horizonte

Ao considerar as especificidades da educação escolar, particularmente, nas séries do Ensino Médio, o papel da alfabetização ocupa lugar privilegiado, como não poderia deixar de ser.

Segundo Sasseron (2008), o grande objetivo do ensino de ciências não é apenas que os alunos memorizem fatos, fórmulas e definições. Nesse sentido, a alfabetização é um processo de construção do entendimento sobre o assunto, sendo a meta maior a Alfabetização Científica (AC). Esse conceito é muito mais amplo e se traduz na capacidade de o indivíduo interagir criticamente com o mundo, compreendendo fenômenos naturais e tecnológicos, analisando informações e tomando decisões fundamentadas.

A alfabetização científica, na visão de Carvalho (2013), não se restringe a uma dimensão de conteúdo (saber sobre a ciência), mas abrange também a dimensão processual (saber fazer ciência) e a dimensão atitudinal (saber se posicionar diante da ciência). Faz parte da natureza humana a busca incessante por novos conhecimentos, e essa procura permanente permite que novos conhecimentos sejam, constantemente, produzidos, sempre de maneira mediada. É a articulação desses três eixos que possibilita ao estudante desenvolver um pensamento crítico e uma postura de intervenção na sociedade.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008) e Sasseron (2008, 2013, 2015), a Alfabetização Científica (AC) não busca formar cientistas, mas sim cidadãos capazes de dominar e utilizar os conhecimentos científicos e tecnológicos em diferentes esferas da vida. O horizonte da AC se desdobra em três dimensões inter-relacionadas que devem permear as aulas.

Sasseron e Carvalho (2008) destacam que a apropriação desses conceitos não deve ser mecânica, mas sim articulada para permitir a aplicação do conhecimento em diferentes contextos. É o domínio da ciência escolar que possibilita a construção de uma nova forma de ver e entender os fenômenos, sendo, portanto, o primeiro passo para o desenvolvimento da criticidade. As atividades investigativas, para assim serem consideradas, devem direcionar os alunos a refletir, relatar, explicar, elaborar hipóteses, analisar os dados fornecidos, bem como estimular a curiosidade científica deles.

Elas argumentam que, ao engajar os estudantes em atividades de investigação, a escola não apenas os ensina a ciência, mas também os educa acerca de como ela é feita, imergindo-os no conteúdo a ser aprendido.

3.2.3 O ensino por investigação como abordagem didática

É crucial entender que, para Sasseron (2008), o ensino por investigação não é uma simples estratégia, como a realização de um experimento. Ele é uma abordagem didática que norteia a prática do professor e o planejamento de toda a aula. A investigatividade não está na atividade em si, mas na forma como o professor a conduz e nas interações que se estabelecem em sala de aula. Uma atividade experimental, por exemplo, pode ser apenas uma demonstração que reforça um conceito já transmitido, sem qualquer espaço para a investigação.

Assim, quando essas habilidades são desenvolvidas e alcançadas, acredita-se que a alfabetização científica pode ser promovida em sala de aula (Sasseron; Carvalho, 2008).

Ademais, um debate sobre uma manchete de jornal ou uma análise de um conjunto de dados pode ser altamente investigativo se o professor criar um ambiente propício para que os alunos formulem perguntas, levantem hipóteses, busquem evidências e construam suas próprias explicações.

A essência do ensino investigativo, segundo a autora, reside em colocar o estudante no centro do processo, como um agente ativo na construção do seu próprio conhecimento. O professor deixa de ser o transmissor de informações e assume o papel de mediador, de orientador, de facilitador. Sua função é criar um problema autêntico, uma situação desafiadora, que estimule a curiosidade dos alunos e os leve a buscar soluções. A partir desse ponto, o professor guia o processo, auxiliando na organização das ideias, na busca por informações, na análise de dados e, principalmente, no estabelecimento de conexões entre o que os alunos constroem e os conceitos científicos formalizados.

3.2.4 A dinâmica da construção do conhecimento: o papel da linguagem e da argumentação

A construção do conhecimento, nessa perspectiva, é vista como um processo dinâmico e social, profundamente, ligado às interações discursivas em sala de aula. Sasseron (2008) destaca a importância da linguagem como ferramenta para o pensamento. É através do diálogo, das discussões em grupo e das apresentações que os estudantes organizam suas ideias, explicitam seus raciocínios, testam suas hipóteses e, fundamentalmente, argumentam.

A argumentação é, para Sasseron (2008), um dos pilares da alfabetização científica e do ensino investigativo. Ela se manifesta quando os alunos, baseados em evidências (dados coletados, observações, informações), constroem explicações para os fenômenos investigados e justificam suas conclusões. O papel do professor é crucial nesse processo, uma vez que ele: formula perguntas que instigam a reflexão, desafia as ideias dos alunos, pede por evidências e incentiva a troca de argumentos entre os pares. Ao fazer isso, o professor não está apenas corrigindo o conhecimento, mas ensinando o aluno a pensar de forma científica, a valorizar o rigor e a justificar suas posições com base em dados.

As pesquisas de Sasseron e seus colaboradores mostram que o professor pode utilizar diversas modalidades de ação para estimular a investigação em sala de aula. Entre elas, destacam-se: a formulação de problemas, o levantamento e a representação de dados, a comunicação de resultados e a intervenção para solucionar problemas. Essas modalidades não são etapas rígidas a serem seguidas, mas sim ações que se entrelaçam e se complementam ao longo de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), um plano de aula estruturado que permite a condução do processo de forma coerente e significativa.

3.2.5 O papel do professor e a relevância do ensino investigativa

O sucesso da abordagem investigativa depende diretamente da atuação do professor. Como mediador, ele precisa ter clareza sobre os objetivos de aprendizagem e a flexibilidade necessária para adaptar o plano de aula às

necessidades e aos interesses dos alunos. O professor investigativo não tem a resposta na ponta da língua; ele aprende com seus alunos, valorizando os conhecimentos prévios e os questionamentos que emergem. Sua mediação é o que transforma uma simples atividade em uma experiência de investigação autêntica.

Nesse sentido, a teoria de Sasseron contribui de forma inestimável para a educação. Ela oferece um referencial sólido que vai além do "fazer por fazer" e propõe uma mudança de paradigma. O ensino de ciências deixa de ser uma disciplina de conceitos isolados para se tornar um espaço de diálogo, reflexão e prática. A construção do conhecimento não é mais vista como um processo individual e linear, mas como uma jornada colaborativa, na qual a busca por respostas é tão importante quanto as respostas em si. Ao capacitar os estudantes a pensar criticamente, a resolver problemas complexos e a atuar de forma consciente, o ensino investigativo na perspectiva de Sasseron (2008) se alinha com as demandas do século XXI e prepara os cidadãos para a vida em sociedade, tornando a ciência uma ferramenta de libertação e de intervenção no mundo.

4. QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

As diretrizes curriculares para o ensino de Química no estado de São Paulo, juntamente com as mudanças promovidas pelas reformas educacionais e pela implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), fundamentam a discussão sobre as práticas pedagógicas adotadas no Ensino Médio.

Nas primeiras aulas de Química, é comum que os estudantes associem a disciplina à fabricação de bombas ou mencionem apenas o conceito de átomo, evidenciando uma compreensão limitada da área. Tradicionalmente, os livros didáticos iniciam o ensino pela estrutura atômica. Entretanto, após a reorganização curricular da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, esse conteúdo passou a ser distribuído ao longo do Ensino Médio, sendo introduzido de forma inicial no primeiro ano e aprofundado no segundo, conforme o currículo vigente.

Segundo a Secretaria da Educação, essa reorganização buscou elevar a qualidade do ensino. Contudo, professores da rede estadual apontam que as mudanças reduziram sua autonomia na organização dos conteúdos e das metodologias, uma vez que passaram a seguir rigorosamente o currículo oficial. Paralelamente, as transformações sociais e a ampliação do acesso à escola exigiram novas formas de ensinar, capazes de atender à diversidade dos estudantes.

Maldaner, Araújo e Auth (2007) defendem uma educação que valorize a participação ativa do estudante na construção do conhecimento, contrapondo-se ao ensino exclusivamente transmissivo.

A vivência anterior intensa com o contexto escolar, sempre em interação com os professores de escola, apontou para a necessidade de ruptura com o currículo estabelecido nas instituições escolares, principalmente, no que diz respeito à sequência de conteúdos científicos. Questionou-se, ainda, a pretensão de um ensino com uma linguagem científica purificada, asséptica, que não admite a interferência das interpretações pessoais, porque sufocadas pela monologia transmissiva. Contrapôs-se a isso um processo pedagógico em Ciências Naturais com uma linguagem inicial mais adequada para quem começa a aprender pela produção dos primeiros sentidos para os conceitos introduzidos em uma situação sob estudo. Adotou-se como pressuposto que cada pessoa pode entender e se apropriar de palavras científicas, desde que mediada por um processo pedagógico institucional, um modelo de educação em que a preocupação maior

seja a constituição de pessoas capazes de participar ativa e criticamente em seu ambiente (Maldamer, Araújo, Auth, 2007, p.248).

Na mesma perspectiva, Saviani (1983), Libâneo (2004) e Krasilchik (2000) destacam que as reformas educacionais frequentemente refletem interesses políticos e econômicos, centralizando decisões e nem sempre considerando as necessidades concretas das escolas.

O currículo paulista adotou uma organização em espiral, na qual os conteúdos são retomados em diferentes momentos com níveis crescentes de aprofundamento. Embora esse modelo represente um avanço, Santos (2011) ressalta que a aprendizagem significativa depende não apenas da organização curricular, mas também das estratégias metodológicas, da mediação docente e da realidade dos estudantes.

Outra característica do currículo é a organização do ensino do macro para o micro, iniciando pelos fenômenos observáveis e, posteriormente, apresentando suas explicações microscópicas. Embora essa proposta possa despertar maior interesse pela disciplina, sua eficácia depende da articulação entre experimentação, fundamentação teórica e contextualização dos conteúdos. Nesse sentido, Marcondes (2008) destaca que o ensino de Química deve possibilitar ao estudante compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Saviani (1983) examina a relação entre as reformas educacionais e as exigências do mercado, abordando o impacto dessas medidas na organização escolar e o papel centralizador do Estado. Libâneo (2004) discute como as políticas educacionais, frequentemente, seguem interesses políticos e econômicos e critica a tendência centralizadora que ignora as realidades escolares.

Nossas escolas, como sempre, refletem as maiores mudanças na sociedade – política, econômica, social e culturalmente. A cada novo governo ocorre um surto reformista que atinge principalmente os ensinos básico e médio. O atual movimento de reforma da escola é um processo de mudança nacional com uma forte tendência à volta ao papel centralizador do Estado para emissão de normas e regulamentos (Krasilchik, 2000, p. 85).

O currículo paulista adotou uma organização em espiral, na qual os conteúdos são retomados em diferentes momentos com níveis crescentes de aprofundamento. Embora esse modelo represente um avanço, Santos (2011) ressalta que a aprendizagem significativa depende não apenas da organização curricular, mas também das estratégias metodológicas, da mediação docente e da realidade dos estudantes. Como aponta Santos (2011, p. 41),

Não podemos negar que o currículo em espiral seja um grande passo para o desenvolvimento educacional, mas precisamos olhar mais a fundo, o que realmente é apresentado, assimilado pelo aluno e transformado em conhecimento.

Outra característica do currículo é a organização do ensino do macro para o micro, iniciando pelos fenômenos observáveis e, posteriormente, apresentando suas explicações microscópicas. Embora essa proposta possa despertar maior interesse pela disciplina, sua eficácia depende da articulação entre experimentação, fundamentação teórica e contextualização dos conteúdos. Nesse sentido, Marcondes (2008) destaca que o ensino de Química deve possibilitar ao estudante compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Para apoiar a implementação do currículo, a Secretaria da Educação disponibiliza materiais didáticos destinados a estudantes e professores, contendo situações de aprendizagem, atividades experimentais, habilidades, competências e orientações metodológicas. Apesar da proposta construtivista presente nesses materiais, Krasilchik (2000) observa que sua efetivação depende das condições de trabalho, da formação docente e da autonomia do professor, fatores frequentemente limitados na realidade escolar.

A implementação da BNCC trouxe mudanças importantes ao ensino de Química, priorizando o desenvolvimento de competências e habilidades em substituição ao enfoque predominantemente conteudista. O ensino passou a valorizar a investigação científica, a resolução de problemas, a contextualização

dos conteúdos e o uso de tecnologias digitais, estimulando o protagonismo dos estudantes e a interdisciplinaridade.

No currículo paulista, essas mudanças incentivam metodologias investigativas, atividades experimentais, projetos interdisciplinares e avaliações que valorizam a aplicação do conhecimento em situações reais, em vez da simples memorização de conceitos. Entretanto, sua efetividade depende da formação continuada dos professores, da infraestrutura escolar e da articulação entre políticas públicas e prática pedagógica.

As novas competências previstas pela BNCC incluem o desenvolvimento da curiosidade científica, da argumentação baseada em evidências, da autonomia, do pensamento crítico, do trabalho colaborativo e da utilização ética das tecnologias digitais. Espera-se que os estudantes sejam capazes de investigar fenômenos, elaborar hipóteses, interpretar dados experimentais e compreender os impactos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à Química.

Carvalho (2013) reflete uma preocupação com as aulas de química no Ensino Médio, destacando a distância entre os currículos atuais e as necessidades de formação dos alunos. Ela questiona o que pode ser feito nas escolas para que os alunos não apenas aprendam a disciplina, mas também compreendam as conexões dessa ciência com a sociedade e a tecnologia, possibilitando que essa aprendizagem contribua para o desenvolvimento pessoal e para uma participação mais consciente na sociedade.

Uma reflexão sobre a disciplina Química no ensino médio facilmente revela a distância entre as necessidades de formação que hoje se apresentam e os currículos atuais. Assim, há que se questionar o que se deve fazer na escola para que o aluno aprenda Química, perceba as relações entre esta Ciência, a sociedade e a tecnologia e contribua para seu desenvolvimento pessoal, de sua participação consciente nessa sociedade. (Marcondes, 2008, p. 68).

Sasseron (2013; 2016) destaca que o ensino de Ciências deve aproximar os estudantes das práticas da comunidade científica, envolvendo investigação, formulação e teste de hipóteses, análise de dados, construção de explicações e comunicação dos resultados. Dessa forma, o conhecimento científico deixa de ser apenas um conjunto de informações e passa a ser construído pelos próprios alunos.

Nesse contexto, a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) apresenta-se como uma estratégia metodológica capaz de promover uma aprendizagem ativa e significativa. Segundo Azevedo (2016), o planejamento deve partir de um problema capaz de despertar a curiosidade dos estudantes, permitindo-lhes explorar materiais, levantar hipóteses, discutir em grupo e construir explicações com a mediação do professor.

Embora fatores como infraestrutura insuficiente, escassez de materiais e desinteresse dos estudantes possam dificultar sua implementação, a SEI constitui uma alternativa eficiente para integrar teoria e prática, favorecendo a interdisciplinaridade e o desenvolvimento do pensamento científico. Conforme Carvalho et al. (2009; 2013), essa metodologia possibilita que os alunos resolvam problemas, construam argumentos fundamentados em evidências, elaborem modelos, revisem explicações e comuniquem seus resultados, fortalecendo a alfabetização científica e promovendo uma aprendizagem mais significativa.

5. ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: ANÁLISE DE PRÁTICAS EM SALA DE AULA COM BASE NA PERSPECTIVA DE SASSERON

O ensino de Ciências por Investigação tem se consolidado como uma metodologia capaz de promover o desenvolvimento de habilidades científicas, cognitivas e argumentativas, superando o modelo tradicional centrado na transmissão de conteúdo. Nessa abordagem, o estudante assume papel ativo na construção do conhecimento, desenvolvendo pensamento crítico, capacidade de resolver problemas e de tomar decisões fundamentadas em evidências.

Em consonância com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino de Ciências deve proporcionar experiências que estimulem a formulação de hipóteses, a investigação, a experimentação, a interpretação de dados e a argumentação científica. Dessa forma, o ensino investigativo favorece a aprendizagem significativa ao integrar teoria e prática em situações contextualizadas.

Entre os principais referenciais dessa abordagem, Sasseron (2013) destaca que a investigação em sala de aula ultrapassa a realização de experimentos, envolvendo problematização, elaboração de perguntas, construção e teste de hipóteses, análise de evidências e comunicação dos resultados. Nesse processo, o professor atua como mediador, criando condições para que os estudantes desenvolvam autonomia e participem ativamente da construção do conhecimento científico.

A autora também defende a inserção das práticas investigativas desde os primeiros anos de escolarização, favorecendo a formação de uma postura investigativa permanente. Essa perspectiva é compartilhada por Lorenzetti e Delizoicov (2001), que ressaltam a importância do ensino investigativo para o desenvolvimento do pensamento crítico e da compreensão dos fenômenos científicos.

Entretanto, a implementação dessa metodologia exige mudanças na prática docente. O professor deixa de ser o transmissor do conhecimento para assumir o papel de orientador das investigações, o que demanda formação continuada e segurança na utilização de metodologias investigativas. Além

disso, limitações de infraestrutura, escassez de materiais e tempo reduzido para atividades práticas ainda representam obstáculos frequentes nas escolas públicas (Sasseron, 2013).

Apesar desses desafios, diversos estudos evidenciam resultados positivos. Sasseron e Duschl (2016) apontam que o ensino investigativo amplia a compreensão dos conceitos científicos e favorece o desenvolvimento da argumentação, da comunicação e da colaboração. Da mesma forma, Hodson (2003) destaca que essa metodologia promove uma aprendizagem ativa e reflexiva, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e participativos.

Bastos (2023) reforça que a implementação da BNCC ampliou a necessidade de práticas investigativas no ensino de Ciências da Natureza, incentivando metodologias que valorizem o protagonismo estudantil, a resolução de problemas e a construção do conhecimento a partir das experiências dos alunos. Segundo o autor, estratégias como sequências didáticas, atividades experimentais, laboratórios virtuais e recursos tecnológicos favorecem a compreensão de conteúdos científicos complexos, embora ainda sejam pouco exploradas nas escolas.

A revisão da literatura demonstra que o ensino de Ciências por Investigação representa uma abordagem coerente com as atuais demandas da educação científica. Ao promover o protagonismo discente, a contextualização dos conteúdos e o desenvolvimento de competências investigativas, essa metodologia contribui para uma aprendizagem mais significativa. Entretanto, sua consolidação depende de investimentos em formação docente, infraestrutura escolar e planejamento pedagógico que possibilitem a efetiva implementação das práticas investigativas.

5.1 Análise de dados empíricos sobre a aplicação do ensino investigativo em salas de aula de química

A aplicação do ensino investigativo em aulas de Química tem sido amplamente investigada por pesquisas que evidenciam sua contribuição para uma aprendizagem mais significativa e para o desenvolvimento de competências científicas. Ao colocar o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, essa abordagem estimula a formulação de hipóteses, a

experimentação, a análise de resultados e a construção de explicações fundamentadas em evidências.

Sasseron e Carvalho (2014) verificaram que estudantes do Ensino Médio submetidos a atividades investigativas apresentaram maior compreensão dos conceitos químicos quando comparados àqueles que participaram de aulas tradicionais. Além da assimilação conceitual, observaram avanços na argumentação científica, na resolução de problemas e na capacidade de relacionar teoria e prática, favorecendo a construção de um pensamento mais crítico.

Resultados semelhantes foram apresentados por Lopes e Oliveira (2013), que identificaram maior motivação, participação e envolvimento dos estudantes durante atividades investigativas sobre reações químicas. Os autores destacam que essa metodologia favorece a contextualização dos conteúdos e amplia a compreensão da natureza da ciência, permitindo que os alunos estabeleçam relações entre os conhecimentos científicos e situações do cotidiano.

Apesar dos benefícios, a implementação do ensino investigativo ainda enfrenta desafios. Sasseron (2013) aponta que muitos professores demonstram insegurança na adoção dessa metodologia devido à formação insuficiente e à permanência de práticas tradicionais de ensino. Soma-se a isso a limitação de infraestrutura, a escassez de materiais e a ausência de laboratórios adequados, fatores que dificultam o desenvolvimento de atividades experimentais.

Outro aspecto destacado por Albrecht, Raimundo e Torres (2022) refere-se ao tempo necessário para o planejamento e a realização das investigações. Como as atividades investigativas exigem maior participação dos estudantes e aprofundamento das discussões, sua aplicação demanda organização pedagógica e apoio institucional para garantir condições adequadas de execução.

Mesmo diante dessas limitações, os estudos demonstram que os benefícios superam os desafios. Hodson (2003) afirma que o ensino investigativo favorece o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como análise, síntese e resolução de problemas, competências essenciais para a formação científica e cidadã.

Corroborando esses resultados, Sasseron (2021) verificou que estudantes envolvidos em sequências didáticas investigativas apresentaram maior interesse pelas aulas, utilizaram linguagem científica com maior precisão e construíram argumentações mais consistentes. Os registros produzidos durante as atividades evidenciaram avanços na comunicação científica, na autonomia e na capacidade de justificar conclusões com base em evidências. Além disso, observou-se maior integração entre teoria e prática, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

Em conjunto, as pesquisas analisadas demonstram que o ensino investigativo constitui uma estratégia eficaz para o ensino de Química, promovendo alfabetização científica, desenvolvimento do pensamento crítico, autonomia, argumentação e resolução de problemas. Entretanto, sua consolidação nas escolas depende de investimentos em formação continuada, infraestrutura e planejamento pedagógico que possibilitem a efetiva implementação dessa abordagem.

5.2 O processo de ensino e aprendizagem de química

A Química é frequentemente apontada pelos estudantes do Ensino Médio como uma disciplina de difícil compreensão, principalmente devido ao elevado grau de abstração de seus conceitos e à dificuldade em relacioná-los aos fenômenos observáveis. Para minimizar essas dificuldades, torna-se fundamental adotar estratégias que aproximem teoria e prática, favorecendo a compreensão dos conteúdos por meio de atividades experimentais, recursos tecnológicos e metodologias contextualizadas.

Nesse processo, a avaliação diagnóstica assume papel relevante ao permitir que o professor identifique os conhecimentos prévios construídos pelos estudantes durante o Ensino Fundamental. Essa sondagem possibilita reconhecer conceitos já consolidados e identificar dificuldades que podem comprometer novas aprendizagens, orientando o planejamento de intervenções pedagógicas mais adequadas.

A articulação entre os conteúdos de Ciências do Ensino Fundamental e de Química no Ensino Médio também é essencial. Segundo Lottermann e

Zanon (2012), a utilização gradual da linguagem científica desde os anos finais do Ensino Fundamental favorece a construção progressiva dos conceitos, mesmo quando os estudantes ainda não apresentam maturidade para compreendê-los plenamente. Dessa forma, os significados são ampliados ao longo da escolarização, contribuindo para uma aprendizagem mais consistente.

Além das atividades experimentais, diferentes recursos didáticos, como analogias, modelos, simuladores e tecnologias digitais, podem facilitar a compreensão de conteúdos abstratos. Entretanto, a escolha dessas estratégias deve considerar as características da turma, os objetivos de aprendizagem e a mediação do professor, evitando interpretações equivocadas dos conceitos científicos.

No currículo paulista, os conteúdos iniciais do primeiro ano do Ensino Médio priorizam a identificação e a classificação das reações químicas, favorecendo o uso de experimentos como recurso para contextualizar os fenômenos estudados. Posteriormente, temas como balanceamento de equações e cálculos estequiométricos podem ser enriquecidos pelo uso de softwares educativos, desde que acompanhados por uma mediação docente que favoreça a construção correta dos conceitos.

O ensino de Química exige que o estudante compreenda modelos e explicações relacionadas a fenômenos que nem sempre são diretamente observáveis. Nesse contexto, a linguagem científica desempenha papel central na construção do conhecimento, uma vez que possibilita aos alunos interpretar, comunicar e atribuir significado aos conceitos trabalhados em sala de aula (Lottermann; Zanon, 2012).

Defendemos o uso intencional das 'palavras da escola', ou seja, com o uso da linguagem química, ao longo de todas as séries finais do Ensino Fundamental, mesmo que os estudantes não consigam significar de fato os conceitos abordados. Por exemplo, na 5ª série, o nível de maturidade dos educandos ainda é insuficiente para compreenderem o que é um átomo, uma substância, um elemento, mas, no entanto, o ensino já permite a produção de sentidos aos conceitos, os quais nunca são fossilizáveis, pois estão em permanente transformação, nas interações (Lottermann; Zanon, 2012, p. 9).

Quando o estudante encontra dificuldades para compreender os conteúdos, tende a reduzir seu interesse pela disciplina, comprometendo sua participação e aprendizagem. Por isso, cabe ao professor criar situações de aprendizagem que despertem a curiosidade, favoreçam a participação ativa e

estabeleçam relações entre os conhecimentos científicos e a realidade dos alunos.

Martins (2023) ressalta que o ensino de Química deve ultrapassar a memorização de fórmulas e definições, valorizando os conhecimentos prévios e as experiências dos estudantes. Para a autora, metodologias que estimulam a investigação, a experimentação, a resolução de problemas e o uso de recursos tecnológicos tornam a aprendizagem mais significativa, pois permitem ao aluno levantar hipóteses, analisar evidências e construir explicações fundamentadas.

A autora destaca ainda que a qualidade das intervenções pedagógicas influencia diretamente o envolvimento dos estudantes. Um planejamento que considere o nível de desenvolvimento da turma, utilize linguagem acessível e estabeleça conexões entre teoria e prática favorece a construção coletiva do conhecimento e amplia a compreensão dos fenômenos químicos.

Assim, o processo de ensino e aprendizagem de Química requer uma prática pedagógica reflexiva, contextualizada e investigativa, em que o professor atue como mediador da aprendizagem. Ao promover a participação ativa dos estudantes e integrar diferentes estratégias didáticas, torna-se possível desenvolver o pensamento científico, a autonomia e uma compreensão mais significativa dos conhecimentos químicos.

5.3 Análise dos conceitos de frases investigativas e níveis de investigação no ensino de química

A investigação científica constitui uma abordagem pedagógica que favorece o desenvolvimento da capacidade de formular perguntas, elaborar hipóteses, realizar experimentos, analisar evidências e comunicar resultados. No ensino de Química, a utilização de frases investigativas e dos diferentes níveis de investigação promove uma aprendizagem mais ativa, crítica e contextualizada.

As frases investigativas são questões abertas que despertam a curiosidade dos estudantes e orientam o processo investigativo. Segundo

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), essas questões devem incentivar diferentes possibilidades de resposta, estimulando a reflexão, a formulação de hipóteses e a experimentação. Perguntas como "Quais fatores influenciam a velocidade de uma reação química?" exemplificam esse tipo de abordagem, pois levam os alunos a investigar variáveis, interpretar resultados e construir explicações fundamentadas.

A BNCC reforça essa perspectiva ao destacar que o ensino de Ciências deve desenvolver competências relacionadas à investigação, à análise crítica e à resolução de problemas, tornando a investigação uma prática permanente no processo de aprendizagem (Brasil, 2017).

Os níveis de investigação podem ser classificados em estruturado, guiado e aberto. Na investigação estruturada, o professor apresenta o problema e define os procedimentos, cabendo aos alunos executar as atividades e analisar os resultados. Essa modalidade é indicada para introduzir os estudantes ao método científico e às práticas laboratoriais.

Na investigação guiada, o problema continua sendo proposto pelo professor, mas os alunos assumem a responsabilidade pelo planejamento dos procedimentos experimentais, desenvolvendo maior autonomia, criatividade e capacidade de tomada de decisões.

Já na investigação aberta, os próprios estudantes identificam os problemas, formulam hipóteses, planejam e executam as investigações, assumindo integralmente o processo investigativo. Esse nível favorece o desenvolvimento da autonomia, da responsabilidade e da capacidade de trabalhar colaborativamente na busca de soluções para problemas científicos.

De acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), a progressão entre esses níveis deve ocorrer de forma gradual, permitindo que os estudantes desenvolvam segurança e competências investigativas ao longo do processo de aprendizagem.

Ao incentivar a formulação de perguntas, a análise de evidências e a comunicação dos resultados, as práticas investigativas contribuem para o desenvolvimento das competências previstas pela BNCC, preparando os estudantes para compreender fenômenos científicos, tomar decisões fundamentadas e atuar de forma crítica diante dos desafios da sociedade contemporânea.

5.4 Competências e habilidades promovidas por práticas investigativas

As práticas investigativas no ensino de Química favorecem o desenvolvimento de competências e habilidades alinhadas às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), contribuindo para uma formação científica que ultrapassa a aquisição de conceitos e estimula a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento.

Ao investigar problemas, elaborar hipóteses, realizar experimentos e interpretar evidências, os alunos desenvolvem competências relacionadas à resolução de problemas, ao pensamento crítico e à tomada de decisões fundamentadas. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), esse processo possibilita a compreensão dos fenômenos científicos por meio da análise de dados e da construção de explicações baseadas em evidências.

A BNCC destaca que o ensino de Ciências deve preparar os estudantes para investigar problemas científicos, ambientais e sociais, utilizando conhecimentos científicos na busca de soluções para situações reais (Brasil, 2017). Dessa forma, a investigação favorece a articulação entre os conteúdos escolares e o cotidiano, tornando a aprendizagem mais significativa.

Outro aspecto relevante refere-se ao desenvolvimento da comunicação científica. Durante as atividades investigativas, os estudantes registram procedimentos, analisam resultados, apresentam conclusões e defendem seus argumentos, aprimorando a linguagem científica e a capacidade de comunicar ideias com clareza. Conforme Moraes e Galiuzzi (2016), esse processo fortalece tanto a comunicação oral quanto a escrita, além de estimular a argumentação fundamentada.

As práticas investigativas também promovem o trabalho colaborativo, incentivando o diálogo, o respeito às diferentes opiniões e a construção coletiva do conhecimento. Ao atuarem em grupo, os estudantes desenvolvem habilidades sociais, aprendem a compartilhar responsabilidades e ampliam sua capacidade de resolver problemas de forma cooperativa.

Sasseron (2021) ressalta que o ensino por investigação fortalece a autonomia intelectual ao incentivar os estudantes a formular perguntas, justificar conclusões e refletir sobre suas estratégias de aprendizagem. Nesse contexto, o professor exerce papel fundamental como mediador, planejando situações-problema capazes de despertar a curiosidade e favorecer o desenvolvimento do raciocínio científico.

Assim, as práticas investigativas contribuem para o desenvolvimento integrado de competências cognitivas, científicas, comunicativas e socioemocionais, preparando os estudantes para compreender fenômenos naturais, tomar decisões fundamentadas e participar de forma crítica e responsável na sociedade.

5.5 Estratégias para a implementação de níveis de investigação na sala de aula de química

A implementação dos níveis de investigação no ensino de Química requer planejamento didático e organização das atividades para que os estudantes desenvolvam, de forma progressiva, autonomia e pensamento científico. A adoção dessa abordagem implica substituir práticas centradas na transmissão de conteúdos por metodologias que estimulem a investigação, a experimentação e a resolução de problemas.

A introdução das atividades investigativas deve ocorrer de maneira gradual. Inicialmente, recomenda-se a investigação estruturada, em que o professor apresenta o problema, organiza os procedimentos e orienta a realização da atividade, possibilitando aos estudantes a familiarização com os métodos científicos e as práticas experimentais (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018).

À medida que os alunos desenvolvem maior segurança, pode-se avançar para a investigação guiada, modalidade em que o problema permanece definido pelo professor, mas o planejamento experimental passa a ser elaborado pelos estudantes. Essa etapa favorece o desenvolvimento da autonomia, da criatividade e da capacidade de tomar decisões durante a investigação (Moraes; Galiazzi, 2016).

Na investigação aberta, os estudantes assumem integralmente o processo investigativo, desde a definição do problema até a elaboração das hipóteses, planejamento, execução e análise dos resultados. Esse nível amplia a responsabilidade dos alunos sobre sua aprendizagem e fortalece competências relacionadas ao pensamento crítico, à resolução de problemas e ao trabalho colaborativo.

As situações-problema ou frases problematizadoras desempenham papel central nesse processo, pois despertam a curiosidade, orientam a investigação e incentivam a busca por explicações fundamentadas em evidências. Questões abertas relacionadas a fenômenos do cotidiano favorecem a contextualização dos conteúdos e aproximam o conhecimento científico da realidade dos estudantes.

A implementação dessa metodologia exige que o planejamento esteja alinhado às competências previstas pela BNCC, priorizando atividades que estimulem a investigação, a análise crítica, a comunicação científica e a construção colaborativa do conhecimento.

Outro aspecto indispensável é a formação continuada dos professores, que precisam dominar os princípios do ensino investigativo para atuar como mediadores da aprendizagem. Da mesma forma, a disponibilidade de recursos didáticos, espaços adequados e materiais experimentais amplia as possibilidades de desenvolvimento das atividades investigativas.

Por fim, a avaliação deve assumir caráter processual e formativo, considerando não apenas os resultados obtidos, mas também o percurso investigativo dos estudantes, sua participação, argumentação, capacidade de formular hipóteses, interpretar evidências e comunicar conclusões. Dessa forma, a avaliação acompanha o desenvolvimento das competências científicas e fornece subsídios para o aperfeiçoamento das práticas pedagógicas.

Assim, a implementação gradual dos níveis de investigação, associada ao planejamento pedagógico, à formação docente e à utilização de estratégias problematizadoras, constitui um caminho consistente para promover uma aprendizagem mais significativa, crítica e participativa no ensino de Química.

6. A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ESTRUTURA ATÔMICA

Desde a Antiguidade, os seres humanos buscam compreender a constituição da matéria. Os primeiros registros sobre a estrutura atômica remontam à filosofia grega, com Leucipo e Demócrito propondo a existência de partículas indivisíveis, os "átomos". No entanto, foi somente com o avanço da ciência experimental, especialmente, a partir do século XIX, que surgiram modelos atômicos embasados em evidências empíricas, propostos por cientistas como Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e Schrödinger, que redefiniram constantemente a compreensão da estrutura atômica.

No contexto do ensino de química, abordar a evolução histórica da estrutura atômica é essencial para que os estudantes compreendam a construção do conhecimento científico como um processo dinâmico e cumulativo. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) reforçam que o ensino de ciências deve estar alinhado com práticas investigativas, permitindo que os estudantes compreendam não apenas os modelos teóricos, mas também as condições históricas e sociais que influenciaram seu desenvolvimento. Sasseron (2013), por sua vez, destaca a importância da alfabetização científica, que possibilita aos estudantes um olhar crítico e reflexivo sobre os conceitos científicos e sua evolução.

A BNCC enfatiza que o ensino de ciências deve proporcionar um ambiente que favoreça a problematização e a reflexão sobre o conhecimento científico, incentivando a argumentação e a compreensão crítica das transformações científicas ao longo do tempo. Com base nesses pressupostos, este projeto busca investigar a evolução dos modelos atômicos, evidenciando a relação entre avanços científicos e transformações na compreensão da matéria. Através de uma abordagem histórica e investigativa, pretende-se proporcionar uma aprendizagem mais significativa e contextualizada aos estudantes.

6.1 Investigação das principais concepções filosóficas e científicas sobre a estrutura da matéria ao longo da história

A compreensão da estrutura da matéria passou por profundas transformações ao longo da história, refletindo diferentes perspectivas filosóficas e avanços científicos. Desde as primeiras especulações dos filósofos gregos até os modelos contemporâneos, a evolução da teoria atômica evidencia a forma como o conhecimento científico é construído e reformulado com base em novas evidências e tecnologias.

Os primeiros conceitos sobre a constituição da matéria remontam à Grécia Antiga, onde filósofos como Leucipo e Demócrito propuseram a teoria atomista, segundo a qual toda matéria seria composta por partículas indivisíveis e eternas chamadas átomos. Em contraposição, Aristóteles rejeitou essa concepção e postulou que a matéria era contínua e composta pelos quatro elementos fundamentais: terra, água, ar e fogo. Essa visão aristotélica predominou durante séculos, influenciando o pensamento científico da Idade Média.

Somente no início do século XIX, com John Dalton, a teoria atômica voltou a ganhar força. Dalton propôs que os átomos eram partículas esféricas indivisíveis que se combinavam em proporções fixas para formar substâncias químicas. Essa hipótese, fundamentada em experimentos químicos, trouxe um caráter quantitativo à teoria atômica e marcou a transição do pensamento filosófico para uma abordagem científica.

No final do século XIX, novas descobertas desafiaram a ideia da indivisibilidade atômica. J. J. Thomson, ao estudar os raios catódicos, identificou partículas subatômicas negativas – os elétrons – e propôs o modelo do pudim de passas, no qual os elétrons estariam imersos em uma esfera positiva. Posteriormente, Ernest Rutherford, por meio do experimento da lâmina de ouro, demonstrou que o átomo possuía um núcleo central denso e positivo, ao redor do qual os elétrons orbitavam, introduzindo um modelo mais preciso da estrutura atômica.

No início do século XX, Niels Bohr aprimorou o modelo Rutherford ao sugerir que os elétrons se movem em níveis de energia quantizados, explicando a estabilidade do átomo e os espectros de emissão dos elementos. Mais tarde,

com a formulação da mecânica quântica, Schrödinger e Heisenberg reformularam a teoria atômica, introduzindo o conceito de orbitais eletrônicos e estabelecendo a base do modelo atômico aceito atualmente.

De acordo com Lorenzetti e Delizoicov (2001), a evolução dos modelos atômicos demonstra que o conhecimento científico não é absoluto, mas sim um processo contínuo de refinamento e reconstrução. Essa perspectiva é essencial no ensino de Química, pois permite aos estudantes compreenderem que a ciência não é um conjunto de verdades imutáveis, mas um campo dinâmico e investigativo. Sasseron (2013) enfatiza que a alfabetização científica deve incluir a história da ciência como ferramenta para promover a argumentação e o pensamento crítico, favorecendo uma compreensão mais aprofundada dos conceitos químicos.

A BNCC também destaca a importância de se contextualizar o ensino de ciências a partir da perspectiva histórica, para permitir que os alunos percebam a evolução do conhecimento científico e as suas implicações para a sociedade. Dessa forma, ao investigar as concepções filosóficas e científicas sobre a estrutura da matéria, os estudantes desenvolvem não apenas conhecimento técnico, mas também habilidades argumentativas e reflexivas fundamentais para a formação cidadã.

6.2 Explorando abordagens didáticas baseadas na investigação científica para a compreensão dos modelos atômicos

A investigação científica no ensino de química tem se mostrado uma abordagem fundamental para favorecer a compreensão dos modelos atômicos pelos estudantes. As metodologias ativas desempenham um papel essencial nesse processo, pois permitem que os alunos se tornem protagonistas da própria aprendizagem, desenvolvendo habilidades de pensamento crítico, argumentação e experimentação. Segundo Bacich e Moran (2018), as metodologias ativas são estratégias didáticas que colocam o estudante no centro do processo educativo, estimulando sua participação ativa na construção do conhecimento.

No contexto do ensino de modelos atômicos, a abordagem investigativa possibilita aos estudantes compreenderem que a ciência é um

processo dinâmico, baseado na formulação de hipóteses, experimentação e reformulação de teorias. Sasseron e Carvalho (2014) destacam que a alfabetização científica está diretamente relacionada ao desenvolvimento de práticas investigativas, que permitem ao estudante questionar, analisar evidências e construir explicações científicas fundamentadas.

Uma das estratégias eficazes para a investigação científica no ensino de modelos atômicos é o uso de simulações computacionais, como as disponíveis no PhET Interactive Simulations. Esses recursos permitem que os alunos visualizem fenômenos atômicos abstratos de maneira interativa, o que favorece a compreensão de conceitos, como orbitais eletrônicos e níveis de energia, e facilita a aprendizagem ao proporcionar um ambiente experimental seguro e acessível.

Além das simulações, a aprendizagem baseada em problemas (*Problem-Based Learning* – PBL) é uma metodologia ativa que favorece a investigação científica. No ensino dos modelos atômicos, essa estratégia pode ser aplicada ao propor desafios relacionados à evolução da teoria atômica, incentivando os estudantes a pesquisarem e argumentarem sobre diferentes concepções científicas. Segundo Barrows (1986), a PBL estimula o desenvolvimento da autonomia e do raciocínio crítico, fundamentais para a construção do conhecimento científico.

Outra abordagem relevante é o ensino por investigação, que consiste na formulação de questões-problema pelos próprios alunos e na busca ativa por respostas por meio da experimentação e análise de dados. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), essa abordagem possibilita que os estudantes compreendam a ciência como um processo contínuo de descobertas, em vez de um conjunto de verdades absolutas. Aplicar essa estratégia no estudo dos modelos atômicos ajuda os alunos a contextualizarem as mudanças nas teorias científicas ao longo do tempo.

Além disso, a aprendizagem cooperativa pode ser utilizada para promover discussões entre os estudantes sobre a evolução dos modelos atômicos. Johnson, Johnson e Holubec (1998) afirmam que o trabalho em grupo favorece a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento, possibilitando um aprendizado mais significativo e contextualizado.

Dessa forma, a utilização de metodologias ativas aliadas à investigação científica no ensino dos modelos atômicos promove uma aprendizagem mais interativa, crítica e reflexiva. O ensino investigativo não apenas melhora a compreensão dos conceitos químicos, mas também contribui para a formação de cidadãos mais preparados para interpretar e interagir com o mundo científico e tecnológico. Conforme destaca Freire (1996), a educação deve ser um processo libertador, que estimule a curiosidade e a capacidade de transformação do indivíduo. Nesse sentido, as abordagens didáticas baseadas na investigação científica representam um caminho essencial para tornar o ensino de química mais dinâmico e envolvente.

Ao ensinar conceitos que envolvem o estudo da História da Ciência, é necessário que o professor tome alguns cuidados, pois como afirmam Marques e Caluzi (2003), tornar clara a visão científica em relação à ciência é extremamente importante durante o processo de aprendizagem. Concordar com os aspectos positivos do trabalho com a História da Ciência no ensino é fácil, mas é importante ter atenção nos motivos pelos quais os professores podem ignorar o seu uso, como apontou em pesquisa, Scoaris, Benevides-Pereira e Santin Filho (2009, p. 907):

1. A dificuldade de acesso a materiais históricos apropriados.
2. A escassez de textos de História da Ciência que contemplem a necessidades específicas do ensino de ciências nos Ensinos Fundamental e Médio.
3. A discordância acerca de quais seriam os relatos históricos mais rigorosos e apropriados.
4. A necessidade de uma revisão das prioridades do ensino de ciências – focar somente no produto da atividade científica ou no processo de produção de conhecimentos e nas relações entre ciência e sociedade.

Porém, não se pode paralisar diante das dificuldades, pois os alunos precisam compreender que as abordagens históricas possibilitam o conhecimento dos meios pelos quais ela percorreu (Scoaris; Benevides-Pereira; Santin Filho, 2009). A utilização do livro didático nos momentos em que são explicitadas as evoluções históricas de um conceito deve ser cautelosa, uma vez que trabalhar a História e a Filosofia da Ciência (HFC) apenas de forma cronológica não apresenta claramente o conceito de evolução.

De acordo com Marques e Caluzi (2003) não significa apenas uma inclusão passiva no ensino, mas sim uma inclusão ativa que proporcione aos estudantes a chance de entender e interpretar o mundo tecnológico de hoje; que possa relacionar e perceber que os conceitos dominantes hoje, na ciência, são frutos de um processo dinâmico desenvolvido no decorrer de anos, que teve influência direta de aspectos políticos, sociais, econômicos e culturais. Nesse sentido, cabe ao professor analisar criticamente o material didático, pois, em sua maioria, utilizam-no como um “cânon, ou seja, considerando o seu conteúdo como algo acabado, verdadeiro, longe de qualquer tipo de crítica ou objeção” (Marques, 2006, p. 26).

Para discutir o conceito de átomo, faz-se necessário conhecer a evolução histórica da estrutura e dos modelos atômicos, conforme as 21 descobertas científicas que ocorreram e foram fomentadas pela curiosidade científica. Os dados apresentados até o final deste capítulo são baseados na consulta à obra *Química Geral* (Russel, 1981).

Os filósofos da Grécia Antiga discutiam a matéria, buscando compreender do que ela era feita. Dentre algumas teorias, Demócrito e Leucipo acreditavam que a matéria seria composta pela menor parte de si mesma, ou seja, dividindo-a em partes menores, chegar-se-ia um momento em que não seria mais possível fazer a divisão. Esse seria o átomo, termo de origem grega, que deriva de "a + *thomos*", que significa "sem divisão". Essa teoria perpetuou por mais de 20 séculos. Atualmente, continuamos a chamar tais partículas de átomos, embora divisíveis, constituídos por um núcleo central (de carga positiva) rodeado por elétrons (carga negativa) podendo “ser vistos” com o uso de microscópios de varredura por efeito túnel, criado em 1982, pelo físico suíço Heinrich Rohrer. Ademais, a ideia da existência dos átomos foi largamente debatida durante séculos, mas não se chegou a nenhuma conclusão porque não se podia provar a sua existência. Assim, não foi possível resolver essa questão antes do desenvolvimento, pelos cientistas, de técnicas e tecnologias para realizar experiências que pudessem diferenciar a matéria “contínua” da “descontínua”.

Nos séculos XIX e XX, houve uma enorme diversidade de experiências que sugeriam a existência de átomos, tornando a sua aceitação cada vez mais consensual. Em 1803, John Dalton, químico, meteorologista e

físico, retomou as ideias de Demócrito e Leucipo. O modelo atômico que desenvolveu, representava o átomo como uma partícula maciça, com formato de pequenas esferas, indivisíveis, de reduzidas dimensões, sendo a sua massa uma característica de cada tipo de átomos. Ficou então conhecido como o modelo da "bola de bilhar", também chamado de modelo de Dalton.

Figura 2 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Dalton: bola de bilhar



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br>

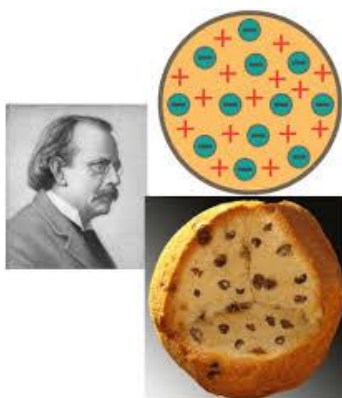
Assim, Dalton retomou a ideia de que os átomos eram os constituintes básicos da matéria. Para ele, cada elemento químico seria constituído por tipos de átomos iguais entre si, os quais, quando combinados formariam compostos novos. Então, concluiu que: os átomos que pertencem a elementos químicos diferentes, apresentam massas diferentes, assim como propriedades químicas diferentes; os compostos são associações de átomos de elementos químicos diferentes; e as reações químicas podem ser explicadas com base no rearranjo dos átomos, de acordo com a lei de Lavoisier.

Para que houvesse a evolução do conceito, fez-se necessária a ocorrência de experimentos, esses possibilitando as devidas rupturas entre uma teoria e outra, entre um chamado modelo e outro, tornando-se a teoria átomo agora, experimental. Em 1897, Joseph John Thomson por meio dos seus experimentos que visavam investigar os raios catódicos, pôde perceber a existência dos elétrons, sendo esses, partículas com massa extremamente pequenas, menores que o átomo de hidrogênio, o que possibilitou a ruptura entre o que se pensava, de que átomo seria indivisível, pois nesse momento se descobria a existência de algo extremamente menor dentro de sua própria estrutura (Rancheiro, 2014, p. 77).

A partir dessas observações realizadas experimentalmente é que ele propôs um novo modelo para o átomo, o qual seria uma esfera massiva de carga positiva, distribuída uniformemente, estando os elétrons dispersos no seu interior em número suficiente para que se tornasse uma partícula neutra. Dessa

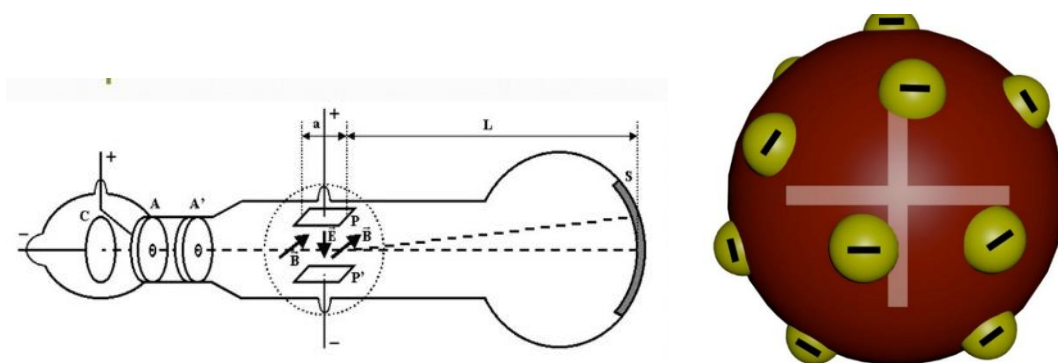
maneira, a estrutura atômica 23 se demonstraria sem muitos espaços, com aparência mais compacta. Ficou, então, conhecido como “pudim de passas”, também chamado de modelo de Thomson, conforme demonstram as Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Thomson: pudim de passas (a)



Fonte: <https://vestibulandamedblog.wordpress.com>

Figura 4 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Thomson: pudim de passas (b)



Fonte: <https://vestibulandamedblog.wordpress.com>

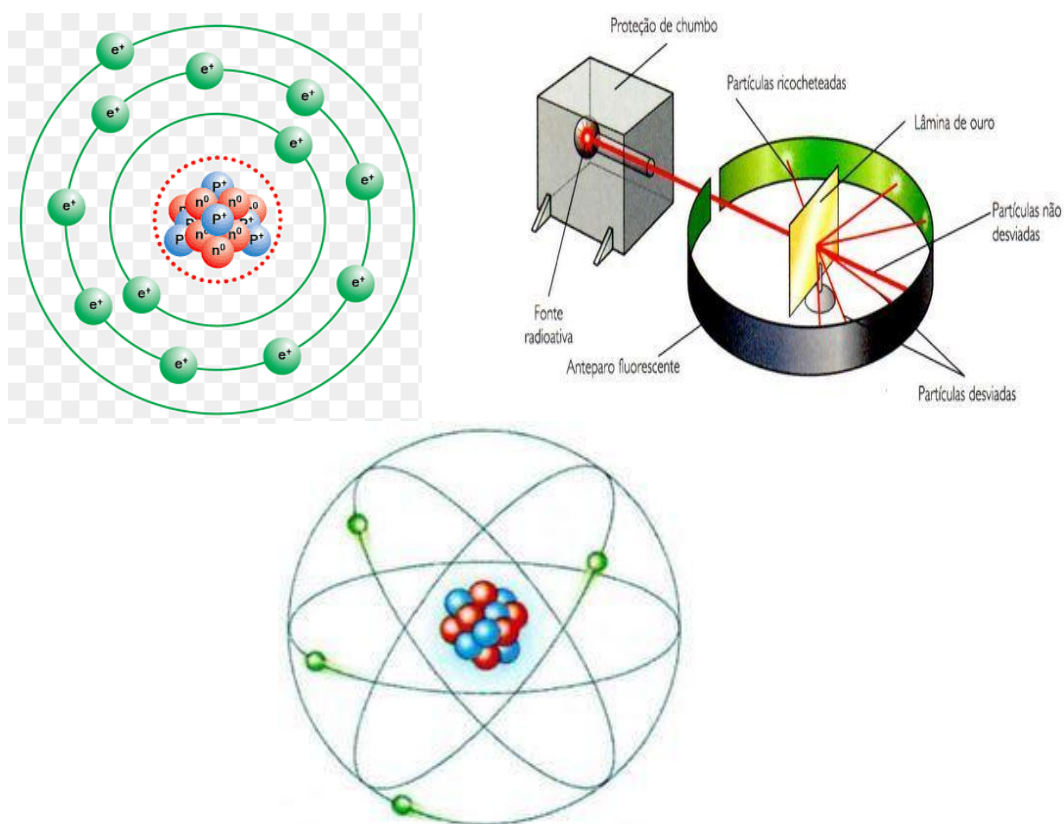
Ernest Rutherford, físico e químico neozelandês, orientando de Thomson, conhecido como o Pai da Física nuclear fez uma investigação sobre as propriedades de raios X e emissões radioativas.

Partículas alfa foram emitidas sob uma partícula de ouro – material inerte (pouco reativo) escolhido para a experiência – e os resultados esperados, considerando o modelo atômico de Thomson, eram que algumas das partículas emitidas sofressem pequenos desvios em suas trajetórias ocasionados pelas

variações de densidade de carga em diferentes regiões do átomo. Porém, o resultado observado foi diferente: ainda que muitas partículas realmente sofressem pequenos desvios, ou não sofressem desvios, algumas pouquíssimas sofreram grandes desvios.

Dessa forma, concluiu-se que os átomos não podiam ser compactos, como defendia Thomson e que a maior parte do espaço dos átomos é vazio, existindo no seu interior uma pequena região central positiva muito densa, em relação à densidade de uma carga elétrica, a que chamou de núcleo e em volta do qual giram os elétrons com órbitas bem definidas, conforme demonstra a Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Representação da estrutura atômica segundo o modelo de Rutherford



Fonte: <https://www.coladaweb.com/quimica/quimica-geral/modelo-atomico-rutherford>

O nome núcleo, para a porção central e visivelmente menor da estrutura atômica, aparece a partir da teoria de Rutherford que descreveu esta, sendo composta de prótons e nêutrons, o qual Rutherford fez a sua previsão de existência, tendo em vista que na sua concepção deveria existir alguma forma de estabilização. O núcleo teria então em volta elétrons girando em órbitas bem definidas. Contudo, o modelo atômico de Rutherford possuía alguns erros, pois o elétron possui carga negativa, portanto, se ele orbitasse ao redor do núcleo, que é positivo, ele iria perder energia na forma de radiação, com isso, as suas órbitas iriam diminuir significativamente e os elétrons iriam adquirir um movimento em espiral, acabando por chocar com o núcleo (Rancheiro, 2014, p. 80).

Uma carga elétrica em movimento emite ondas eletromagnéticas e, em detrimento dessa ocorrência, é que o átomo entraria em colapso. Foi, então, que, em 1913, Niels Bohr, físico dinamarquês, propôs um modelo que se baseou no modelo de Rutherford, apenas aprimorando-o: os elétrons só podem ocupar níveis de energia bem definidos e orbitam em torno do núcleo em órbitas circulares, com energias distintas, pois, em sua teoria, ele fez a inclusão da teoria de quantização de energia e ainda dos postulados que diziam que os elétrons só ocupariam níveis de energias definidos, garantindo, dessa forma, que não houvesse o colapso do núcleo.

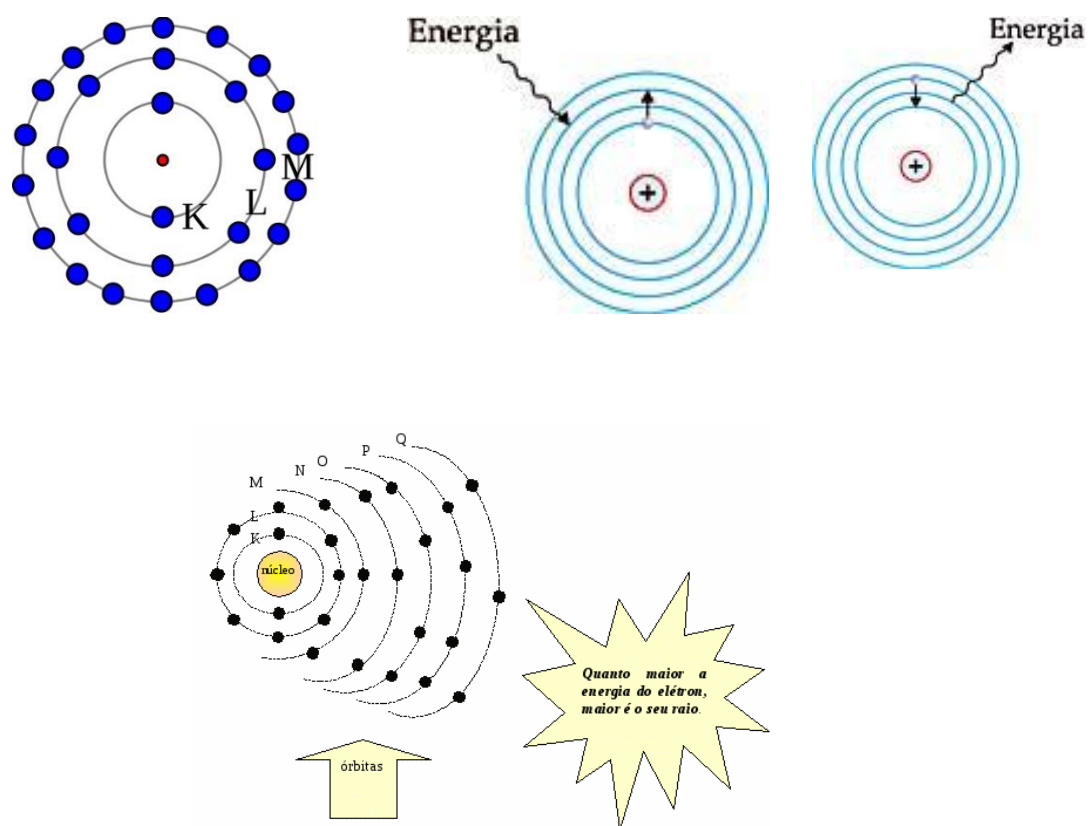
As órbitas interiores apresentam um nível de energia inferior, contudo, à medida que se encontram mais afastadas do núcleo, o valor da sua energia aumenta. Quando um elétron recebe energia suficiente, passa a ocupar uma órbita mais externa (com maior valor de energia) ficando o átomo num estado excitado. Contudo, se um elétron passar de uma órbita de nível superior para uma órbita de nível inferior, libera energia, pois os elétrons tendem a ir para uma situação de menor energia, designado estado fundamental do átomo.

Niels Bohr (1885–1962) estabeleceu a primeira conexão das ideias quânticas sobre átomos excitados de Planck e Einstein (Kotz *et al.*, 2009, p. 267). Bohr definiu o átomo como um núcleo carregado de carga positiva e cercado por uma eletrosfera dividida em níveis de energia, na qual estão presentes os elétrons, com carga negativa. Kotz *et al.* (2009, p. 268) trazem a definição estabelecida por Bohr sobre o estado fundamental e o estado excitado do elétron, utilizando como exemplo o hidrogênio:

Diz-se que um átomo com seus elétrons nos níveis de energia mais baixo possíveis se encontra em seu estado fundamental. Quando o elétron de um átomo de hidrogênio ocupa uma órbita com n maior do que 1, o elétron está mais distante do núcleo, o valor de sua energia é menos negativo e, então, dizemos que ele está em estado excitado.

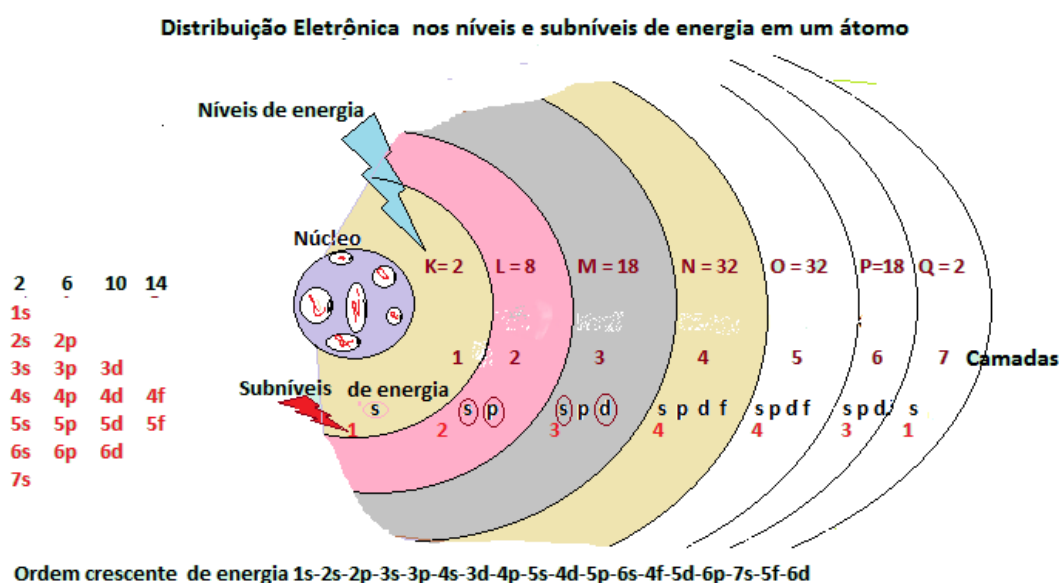
Essas constatações feitas por Bohr são de grande importância até os dias de hoje. As definições estabelecidas pela observação e pela experimentação com o átomo de hidrogênio foram uma inovação para a época. A partir dos conceitos estabelecidos por Niels Bohr, derivou-se a explicação. Assim, passou a ser chamado de modelo atômico de Bohr, conforme demonstra a Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Representação da estrutura atômica segundo o Modelo de Bohr



Fonte: <https://www.vestibulandoweb.com.br/quimica/modelos-atomicos>

Figura 7 – Distribuição eletrônica: modelo atômico de Bohr



Fonte: <https://blogdequimica2014.blogspot.com/2014/08/modelo-atomico-de-bohr.html>

Como docente, em muitos casos, é comum deparar-se com este questionamento: “como iniciar uma aula sobre estrutura atômica?”. A maneira mais tradicional de tratar o tema é fazendo a abordagem histórica, como uma linha do tempo. Alguns professores utilizam-se dessa técnica de maneira rápida e resumida, usando aproximadamente duas aulas, enquanto outros preferem focar nas características de maneira detalhada de cada um dos modelos, dessa maneira, levando mais tempo para terminar a evolução histórica da estrutura atômica com os alunos.

Investir em aulas para que o aluno compreenda a evolução histórica, portanto, pode ser realmente importante para que o aluno compreenda como as ideias não surgem do nada e como a ciência está sempre em busca de encontrar respostas para o que se observa acontecer.

Com respeito à aprendizagem desse conceito, trabalhos dedicados à análise da abordagem da estrutura atômica no ensino de química da escola básica têm mostrado sua inadequação e apontado a necessidade de se elaborar novas abordagens para o seu ensino (Enchler; Del Pino, 2000, p. 836).

Existem professores que aproveitam para, nesse momento, colocar o aluno no lugar dos cientistas, ou seja, perguntar a partir das evidências como o aluno desenharia o átomo. É ainda mais importante para que se invista em algum

método de ensino, verificar se ele tem potencialidades para levar o aluno a uma aprendizagem significativa como afirmam Trindade e Hartwig (2012, p. 84):

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo. Essa condição implica que o aprendiz tenha disponíveis, em sua estrutura cognitiva, os subsunçores adequados. A outra condição é que ele manifeste disposição positiva para relacionar os novos conhecimentos aos prévios para que a aprendizagem possa ser significativa.

Hoje, sabe-se que não são usadas apenas as aulas expositivas e expositivas dialogadas, que são, em sua maior parte, puramente teóricas. Tem-se uma tendência, em aulas relacionadas às ciências, como física, química e biologia, o emprego de aulas demonstrativas, ou seja, o próprio professor realiza a parte experimental no intuito de que o aluno possa observar. As aulas também podem ocorrer de maneira experimental, assim sendo, o próprio aluno realiza as etapas experimentais e faz as observações das ocorrências.

As aulas práticas apresentam diversas potencialidades, porém, nem todos os temas possuem atividades experimentais que podem ser realizadas em sala de aula, ou por trabalhar com materiais de difícil acesso e com pouca possibilidade de adaptação, ou ainda por se tratar de algo a realizar em uma sala com diversos alunos. Outro fator que oferece dificuldade para que seja usado é o método de aulas prática, em que os temas são teóricos e abstratos, como a estrutura atômica. Como afirmam Roque e Silva (2008, p. 923), “temos que elaborar estratégias de ensino apropriadas aos estudantes, estabelecendo relações entre os materiais macroscópicos e suas representações microscópicas, discutindo os modelos químicos em detalhe”.

Tendo em vista a dificuldade no entendimento devido à necessidade de abstração para a compreensão do conteúdo do átomo, é comum, nesse caso, recorrer às analogias, que consistem em apoiar o aluno no processo de entendimento e assimilação da estrutura atômica, mas que também podem gerar confusão e fazer com que se acabe por entender como verdade o que deveria ser apenas uma analogia. Sobre o uso dessa metodologia, Gomes e Oliveira (2007) propõem a analogia dos andaimes, ou seja, algo temporariamente utilizado para se atingir um determinado fim.

O conceito de estrutura atômica é difícil para os alunos, pois envolve noções abstratas. Assim sendo,

Para superar tais dificuldades, professores utilizam de analogias e outras ferramentas pedagógicas, que remetem aspectos relacionados diretamente ao imaginário discente, o que por muitas vezes implicam uma fixação por parte dos estudantes na ferramenta, que passa então de apoio pedagógico a objeto de estudo, não apresentando resultados satisfatórios quando o foco é o processo de ensino-aprendizagem da estrutura atômica (Silva, 2023, p. 31).

Grande parte das escolas, hoje em dia, possui uma sala de informática, com número variado de computadores, na maioria das vezes, usados em conjunto por dois a três alunos. Existem docentes que se aproveitam dessa facilidade de maneira produtiva e utilizam softwares disponíveis gratuitamente para que eles possam visualizar como é a estrutura do átomo e como já se acreditou que ele poderia ser. Como afirmam Gomes e Oliveira (2007, p. 107-106),

A dificuldade de superação dos modelos utilizados, considerando inclusive que muitos deles não são atualmente aceitos, mas são mostrados com a finalidade de fazer uma abordagem histórica são bons exemplos de possíveis entraves. Para a aprendizagem do conhecimento científico, é preciso que se tenha um modelo apenas como uma representação, havendo necessidade de abstrair de suas figuras e esquemas para que haja verdadeira compreensão.

Nesse contexto, os recursos tecnológicos disponíveis nas escolas, como laboratórios de informática e softwares educacionais gratuitos, constituem importantes ferramentas para o ensino de Química, especialmente na representação de conceitos abstratos relacionados à estrutura atômica. Ao possibilitarem a visualização dos diferentes modelos propostos ao longo da história da ciência, esses recursos favorecem a compreensão de que tais modelos são representações construídas para explicar fenômenos, e não reproduções exatas da realidade.

Como destacam Gomes e Oliveira (2007), a aprendizagem exige que o estudante compreenda o caráter representacional dos modelos científicos, superando a interpretação meramente visual. Essa perspectiva torna-se especialmente relevante no estudo do modelo atômico de Bohr, cuja compreensão depende da capacidade de relacionar suas representações aos conceitos de níveis de energia, eletrosfera e comportamento dos elétrons, justificando a adoção de estratégias investigativas e recursos didáticos que favoreçam a construção desse conhecimento.

7. MÉTODO DA PESQUISA

Esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa, com caráter interventivo e descritivo, voltada para a elaboração, a aplicação e a avaliação de uma sequência didática sobre o modelo atômico de Bohr, utilizando a experimentação investigativa como estratégia central de ensino. A investigação foi conduzida em uma escola pública do estado de São Paulo, com estudantes da 1ª Série do Ensino Médio, durante o ano letivo de 2024.

A coleta de dados foi realizada por meio de três instrumentos principais: questionários diagnósticos, registros das aulas (como anotações da pesquisadora, fotos e vídeos das atividades práticas) e questionários de avaliação final, todos aplicados antes e após a implementação da sequência didática. Esses instrumentos permitiram identificar as concepções prévias dos alunos sobre o conceito de átomo, especialmente, no que se refere ao modelo de Bohr, e acompanhar o desenvolvimento cognitivo ao longo das atividades propostas.

A sequência didática foi composta por quatro encontros, com duração média de 50 minutos cada, abordando progressivamente os conceitos de estrutura atômica, níveis de energia, emissão de luz e quantização. Cada aula incluiu momentos de problematização, planejamento de experimentos pelos alunos, realização das práticas investigativas com materiais de baixo custo, discussão coletiva e sistematização dos conhecimentos adquiridos. As atividades experimentais foram planejadas de acordo com os níveis de investigação científica (estruturada, guiada e aberta), conforme proposto por Sasseron (2013) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018).

O exame dos dados seguiu os princípios da análise de conteúdo, proposta por Bardin (2011), permitindo categorizar e interpretar qualitativamente as respostas dos alunos, as suas falas durante as atividades e os resultados obtidos nas avaliações. A triangulação dos dados (questionários, observações e desempenho nas atividades) buscou garantir maior confiabilidade e validade às interpretações.

Por fim, os resultados foram confrontados com os objetivos da pesquisa, verificando se a abordagem investigativa contribuiu para a superação

de concepções equivocadas, a construção significativa do modelo atômico e o desenvolvimento de competências previstas pela BNCC, como pensamento crítico, autonomia e argumentação científica.

7.1 O contexto da investigação

O projeto está sendo realizado em uma escola situada em um distrito da cidade de Sertãozinho no interior de São Paulo. Já foi mencionada anteriormente a proposta curricular para o ensino de química nas escolas estaduais do estado de São Paulo, que é o caso da instituição escolhida para aplicação do projeto, mas é necessário que se conheça as particularidades desse local e desses alunos estudados.

Por ser uma escola distrital, a dificuldade em encontrar professores para todas as disciplinas é grande, e a defasagem cresce enormemente com esse problema. Os alunos que realizaram as atividades estão na 1ª Série do Ensino Médio e se queixam da falta de professores das disciplinas de química e física no ano anterior.

Outro fator importante a ser apontado quando pensamos nessa escola e nos alunos, é a falta de perspectiva para o futuro. Para a maioria deles, a escola é apenas uma obrigação, e não é agradável. Mesmo com esses pontos que, podemos dizer, negativos, no que se refere ao comportamento, não é uma escola que possui muitos problemas. Existe até, em alguns casos, uma relação mais afetiva quando comparado com outras escolas públicas do estado.

As maiores dificuldades dos alunos são as relações matemáticas e a interpretação de texto. A falta de comprometimento na realização de atividades é outro problema comum encontrado nas escolas, que pode ser um complicador para que tais dificuldades sejam superadas.

Existem sete turmas de 1ª Série do Ensino Médio regular no período diurno e apenas uma no período noturno. A turma em que as atividades foram aplicadas e computadas para a pesquisa é do período diurno, e foi escolhida de forma aleatória, sem que houvesse algum pré-julgamento em relação à aprendizagem mais ou não significativa dos alunos matriculados na turma.

A aplicação teve início no segundo bimestre do ano letivo de 2024 e foi concluída após as férias, no início do terceiro bimestre do mesmo ano. Os

alunos foram agrupados em duplas após a primeira atividade, e o agrupamento foi realizado priorizando a união de alunos com concepções diferentes em relação ao tema.

A aplicação das atividades ocorreu durante a aula de química, lembrando que a professora pesquisadora leciona a disciplina para a turma. É importante relatar que o número de ausências da turma é naturalmente grande, sendo esse um fator complicador para que a maioria realizasse todas as etapas da situação de ensino.

7.2 Desenvolvimento da situação de ensino

O ensino foi estruturado em atividades com o objetivo de que os alunos compreendessem que a teoria atômica foi construída ao longo do tempo, em vez de ser uma descoberta isolada posteriormente estudada. Durante a elaboração dessas atividades, houve uma ênfase na participação ativa dos alunos, com o papel do estudante sendo central nas atividades propostas.

É essencial explicitar os diferentes modelos atômicos; contudo, é necessário garantir que as rupturas necessárias no entendimento dos alunos ocorram de forma que a explanação construa uma linha de raciocínio que leve à aprendizagem significativa.

A primeira atividade da sequência didática solicitou que os alunos fizessem um registro escrito de suas concepções sobre o átomo, com a escolha do gênero textual livre. O objetivo dessa atividade foi identificar as concepções iniciais dos alunos sobre o conceito de átomo. A duração prevista para essa atividade foi de uma aula, ao final da qual os alunos apresentaram suas respostas oralmente, com intervenções da professora para esclarecer dúvidas.

A pergunta direcionada aos alunos foi: "quais são as suas concepções sobre o átomo?" As respostas foram analisadas e agrupadas conforme suas semelhanças, originando as seguintes categorias de concepções: (1) não sabe ou não respondeu; (2) remete ao modelo de Dalton, representado por círculos; (3) remete ao modelo de Thompson, com sinais positivos e negativos dentro de um círculo; (4) remete ao modelo de Rutherford, com orbitais que lembram o modelo planetário; e (5) confusão entre átomo e molécula.

Os alunos foram organizados em grupos, unindo aqueles com concepções diferentes, de modo a estimular o diálogo e a troca de justificativas sobre suas definições de átomo. A partir disso, eles analisaram as concepções e os roteiros elaborados por seus colegas, buscando identificar qual resposta melhor respondia à questão: "o que é um átomo?". Após a discussão, cada grupo registrou sua conclusão por escrito e a apresentou à turma, com a professora mediando as discussões e esclarecendo as dúvidas.

Um desafio identificado foi fazer com que os alunos compreendessem a relevância do estudo do átomo. Para abordar essa questão, foi desenvolvida uma atividade utilizando simuladores, promovendo debates e registros escritos individuais dos entendimentos dos alunos. Essa atividade foi fundamental para desenvolver a capacidade argumentativa dos alunos.

A atividade foi realizada na sala de informática da escola, onde os alunos, com orientação da professora, acessaram o simulador Modelos do Átomo de Hidrogênio, disponível no site PhET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/). A professora destacou os princípios básicos de cada modelo e os aspectos da evolução histórica, permitindo que os alunos percebessem a importância dos cientistas do passado e as suas contribuições para os avanços científicos.

As aulas de química nas escolas estaduais de São Paulo ocorrem uma vez por semana, e a turma em questão seguiu essa programação. A duração da quarta atividade foi de três aulas, com toda a dinâmica do simulador sendo realizada no mesmo dia. Na semana seguinte, foi aplicada uma atividade escrita com questões relacionadas aos temas abordados durante o uso do simulador, permitindo a verificação da memorização e da capacidade de síntese dos alunos.

Para consolidar os modelos estudados, foi realizada uma aula experimental na qual cada equipe desenvolveu seus experimentos conforme os roteiros previamente descritos, identificando a emissão de luz na faixa do visível.

Como última atividade, a professora levou os alunos ao laboratório, fornecendo os materiais necessários para o desenvolvimento de experimentos práticos com reagentes. Os experimentos foram escolhidos considerando sua aplicabilidade no cotidiano e preferência pelos próprios alunos.

O Quadro 5, a seguir, sintetiza as atividades realizadas.

Quadro 5 – Programa das atividades (a)

Atividade	Atuação dos participantes	Objetivos
Primeira atividade: representação dos modelos atômicos.	Alunos: – Registro escrito (pré-roteiro, texto). Pesquisadora: – Oral: exposição de uma questão, explicação e resolução de dúvidas. Duração: uma aula.	Identificar as concepções iniciais dos alunos sobre o átomo.

Fonte: a autora.

7.3 Plano de ensino

Questão de pesquisa: como desenvolver uma sequência didática e uma situação de ensino que, por meio de aulas experimentais, facilitem o entendimento dos alunos sobre a construção da teoria atômica? Quais compreensões foram promovidas e quais dificuldades foram identificadas?

Fundamento 1: a compreensão dos alunos deve evoluir da visão de que o átomo foi simplesmente descoberto e depois estudado para a noção de que sua teoria foi construída gradualmente ao longo do tempo.

Fundamento 2: a situação de ensino deve ser planejada de forma a priorizar o papel ativo do aluno, destacando-o como protagonista no processo de aprendizagem.

Fundamento 3: embora seja essencial explicitar os diferentes modelos atômicos, é crucial garantir que as rupturas cognitivas necessárias ocorram, conduzindo a explicações que sigam uma linha de raciocínio lógica e promova uma aprendizagem significativa.

Quadro 6 – Programa das atividades (b)

Atividade	Atuação dos participantes	Objetivos
Primeira atividade: representação do átomo utilizando a	Alunos: – Registro escrito	Identificar as concepções iniciais dos alunos sobre o átomo.

Atividade	Atuação dos participantes	Objetivos
tecnologia. Duração: uma aula.	– Gênero: desenho, texto. Pesquisadora: – Oral: exposição de uma questão, explicação e resolução de dúvidas.	
Segunda atividade: socialização das representações. Duração: uma aula.	Alunos: – Escrito: análise dos modelos dos colegas. – Oral: discussão e apresentação. Pesquisadora: – Oral: explicação e resolução de dúvidas. – Uso do vídeo (imagem). – Escrita na lousa da síntese dos grupos.	Apresentar e discutir em grupos e no coletivo as ideias iniciais sobre o átomo e as aulas experimentais.
Terceira atividade: – O átomo e a sua relevância em estudá-lo. – Pesquisa e experimentos. Duração: duas aulas.	Alunos: – Oral: perguntas. – Escrito: registro escrito individual (entendimentos). Pesquisadora: – Oral: leitura do caso, estímulo ao debate, ao interesse e ao registro cuidadoso das ideias iniciais. – Uso do roteiro (imagem).	– Entender que as aulas práticas do cotidiano têm uma interpretação química. – Contextualizar o assunto. – Desenvolver a habilidade de argumentação.
Quarta atividade: – Objeto de aprendizagem: simulador	Alunos: – Procedimental: interação com o simulador. – Escrito: síntese.	– Perceber a importância dos cientistas do passado e as suas contribuições para os avanços

Atividade	Atuação dos participantes	Objetivos
– História da ciência. Duração: três aulas.	– Oral: relato e comunicação. Pesquisadora: – Oral: destacar os aspectos dos modelos atômicos e a evolução histórica. – Estimular atividades de síntese (esquemas, memórias).	científicos. – Entender a evolução dos modelos atômicos e o impacto da primeira imagem do átomo.
Quinta atividade: construção de um átomo. Duração: duas aulas.	Alunos: – Representação do roteiro de pesquisa. Pesquisadora: – Oral: explicação e resolução de dúvidas.	– Construir roteiro experimental. – Saber identificar emissão de luz no visível, fluorescência e fosforescência.
Sexta atividade: laboratório. Duração: duas aulas.	Alunos e pesquisadora: – Desenvolver o pré-roteiro da aula experimental. – Discutir as linhas de análise para que os alunos possam identificar características.	Identificar a utilização dos conhecimentos em contextos sociais, econômicos e culturais.
Sétima atividade: – Fechamento – A conversa com os dados. Duração: uma aula.	Alunos: – Escrito: retomada do conceito. – Oral: apresentação de ideias. Pesquisadora: – Oral: explicação e resolução de dúvidas.	– Explicar os conceitos químicos e interligá-los às temáticas discutidas em sala. – Realizar experimentos em equipe, anotando os resultados obtidos.
Total de duração: 12 horas/aula.		

Fonte: a autora.

7.3.1 Primeira atividade: análise dos registros

Questão: quais são as suas concepções sobre o átomo? O que você sabe sobre ele?

Agrupamento em categorias: as respostas dos alunos foram organizadas em categorias com base em características comuns, a saber:

- Não sabe ou não respondeu.
- Remete ao modelo de Dalton: representado por círculos.
- Remete ao modelo de Thomson: inclui sinais positivos e negativos dentro de um círculo.
- Remete ao modelo de Rutherford: apresenta orbitais que lembram o modelo planetário.
- Confusão entre átomo e molécula: os dois termos são considerados como tendo o mesmo significado.

Quantificação e tabelamento: as respostas foram quantificadas e organizadas em uma tabela, permitindo a identificação da frequência com que certas ideias e concepções foram retratadas pelos estudantes.

Átomo: representação.

Tabela 1 – Concepções iniciais dos alunos sobre o átomo (1º A/1º B/1ºD)

Categoria	Número de alunos	%
Não sabe ou não respondeu	5	17
Átomo e Células	9	32
Modelo de Dalton	7	25
Modelo de Thompson	2	7
Modelo de Rutherford	3	10
Modelo de Bohr	2	7
TOTAL	—	100,0

Fonte: a autora.

7.3.2 Quinta atividade: simulador com aula expositiva dialogada

A quinta atividade proposta para o estudo dos modelos atômicos, intitulada Simulador com Aula Expositiva Dialogada, foi realizada na sala de

informática, com o simulador, disponível no link do PhET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom). O objetivo é proporcionar aos alunos uma compreensão mais profunda sobre a importância dos cientistas do passado e as suas contribuições para os avanços científicos, assim como entender a evolução dos modelos atômicos ao longo do tempo.

7.3.2.1 Primeira etapa: interação com o simulador

Nesta primeira etapa, os alunos são incentivados a explorar o simulador, que permite visualizar diferentes modelos do átomo de hidrogênio. Essa interação visa facilitar o entendimento das estruturas atômicas e despertar a curiosidade sobre como essas ideias foram desenvolvidas ao longo da história.

Segundo Jaime e Leonel (2024), a utilização de simuladores em sala de aula promove uma aprendizagem ativa, na qual o estudante participa do processo de construção do conhecimento de forma dinâmica e contextualizada. A partir dessa perspectiva, o simulador torna-se uma ferramenta essencial para concretizar conceitos teóricos e visualizar os diferentes modelos atômicos propostos por cientistas ao longo dos séculos.

7.3.2.2 Segunda etapa: produção de relato e discussão sobre a história da ciência

Após a interação com o simulador, os alunos devem produzir um relato detalhado sobre os modelos atômicos estudados e refletir sobre a importância da produção científica ao longo do tempo. Essa etapa é fundamental para promover uma compreensão crítica da ciência como um processo histórico e cumulativo. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a importância de se compreender a ciência como uma construção humana, em constante evolução, fruto de diversas contribuições ao longo do tempo (Brasil, 2017).

Durante a produção do relato, é essencial estruturar debates que tomem como referência a metodologia da História da Ciência, abordando a evolução dos modelos atômicos desde Dalton até Bohr e Schrödinger, e discutindo como esses modelos refletem o avanço das técnicas experimentais e teóricas. O estudo dessa disciplina permite aos estudantes perceber que o

conhecimento científico é fruto de um processo contínuo de investigação e revisão, o que fortalece a compreensão de que a ciência está em constante transformação.

A BNCC reforça a importância de atividades como essa ao destacar a necessidade de desenvolver nos estudantes a capacidade de compreender a ciência como uma forma de explicar e intervir na realidade, reconhecendo suas limitações e as implicações éticas de suas práticas (Brasil, 2017). Essa atividade, portanto, não apenas contribui para o desenvolvimento do conhecimento científico, mas também estimula a reflexão crítica sobre a ciência e o seu papel na sociedade.

A atividade Simulador com Aula Expositiva Dialogada proporciona uma oportunidade única para os alunos explorarem os modelos atômicos de forma interativa, compreendendo a evolução da ciência ao longo do tempo e refletindo sobre o papel fundamental dos cientistas do passado. Ao integrar a História da Ciência na aula, os alunos não apenas aprendem sobre os conceitos científicos, mas também desenvolvem uma visão crítica e contextualizada do conhecimento científico, em conformidade com os objetivos estabelecidos pela BNCC.

7.3.3 Sexta atividade : construção do roteiro do experimento

A sexta atividade visa consolidar o conhecimento adquirido na atividade anterior, em que os alunos exploraram modelos atômicos utilizando o simulador. Com base nesses conhecimentos, aqui, os estudantes devem elaborar um pré-roteiro para uma aula experimental em laboratório, na qual a prática investigativa será o foco. A professora pesquisadora fornece os materiais necessários, incluindo reagentes, como folhas de vegetais verdes, para que os alunos apliquem os conceitos já adquiridos.

Durante essa atividade, os alunos discutem e identificam as características dos experimentos, considerando suas implicações em contextos sociais, econômicos e culturais. Como destaca Lima (2018), o ensino de ciências deve ser contextualizado, de modo que os estudantes consigam relacionar os conhecimentos adquiridos na sala de aula com situações do cotidiano e compreender a ciência como parte integrante da cultura humana. Assim, ao

relacionar os experimentos com diferentes contextos, os alunos não apenas reforçam o conteúdo científico, mas também desenvolvem uma visão crítica sobre a aplicação da ciência na sociedade.

A atividade é realizada ao longo de duas aulas, permitindo tempo suficiente para que os alunos discutam as linhas gerais do experimento, formulem hipóteses e estabeleçam os procedimentos a serem seguidos.

7.3.4 Sétima atividade: fechamento: a conversa com os dados

A sétima e última atividade serve como uma conclusão do ciclo investigativo iniciado nas atividades anteriores. Nessa etapa, os alunos retomam os conceitos explorados durante o experimento e apresentam suas ideias de forma escrita e oral. Essa atividade promove a articulação entre a teoria e a prática, permitindo que os alunos reflitam sobre os resultados obtidos e discutam suas implicações.

No aspecto escrito, os alunos devem produzir um relato detalhado, no qual retomam os conceitos químicos abordados e os relacionam com as temáticas discutidas em sala de aula. A apresentação oral, por sua vez, permite que as equipes compartilhem suas observações, suas hipóteses e suas conclusões com o restante da turma. A comunicação dos resultados é, portanto, uma etapa essencial no processo científico, pois permite a validação das descobertas e a construção coletiva do conhecimento.

A professora pesquisadora tem um papel fundamental, pois oferece explicações adicionais e resolve dúvidas emergidas durante a discussão. Essa atividade tem a sua importância reforçada pela BNCC, uma vez que é o momento em os estudantes sintetizam os conhecimentos adquiridos, desenvolvem a capacidade de argumentação e refletem sobre a importância da ciência para a compreensão do mundo (Brasil, 2017).

As atividades de construção do roteiro experimental e o fechamento, através da Conversa com os Dados, oferecem uma oportunidade para os alunos aplicarem o conhecimento teórico, desenvolvendo habilidades investigativas e de comunicação científica. A integração de contextos sociais, econômicos e culturais na discussão dos experimentos enriquece a

aprendizagem, proporcionando uma visão crítica e contextualizada da ciência, conforme preconizado pela BNCC.

7.4 QUÍMICA EM AÇÃO: EXPERIMENTOS DE FLUORESCÊNCIA COM BOHR

A O ensino da Química no Ensino Médio apresenta desafios relacionados à compreensão de conceitos abstratos, especialmente aqueles associados à estrutura da matéria e aos modelos atômicos. A natureza microscópica desses conteúdos dificulta sua visualização pelos estudantes, tornando necessária a utilização de estratégias didáticas que promovam a aproximação entre os conhecimentos teóricos e os fenômenos observáveis. Nesse contexto, a experimentação investigativa constitui uma importante ferramenta pedagógica, pois favorece a construção do conhecimento científico por meio da observação, da formulação de hipóteses, da análise de evidências e da resolução de problemas.

Segundo Nardi (2015), a experimentação representa um dos principais recursos para favorecer a compreensão dos fenômenos químicos, uma vez que possibilita ao estudante relacionar os conteúdos científicos às situações vivenciadas durante as atividades práticas. Além de tornar os conceitos menos abstratos, as aulas experimentais promovem a integração entre diferentes áreas do conhecimento, fortalecendo o caráter interdisciplinar da Química e contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Ao manipular materiais, observar fenômenos e interpretar resultados, os estudantes desenvolvem habilidades cognitivas importantes para a aprendizagem científica, como a capacidade de argumentação, análise crítica, levantamento de hipóteses e tomada de decisões. Nardi (2015) ressalta ainda que a participação ativa dos estudantes durante as atividades experimentais desperta o interesse pela investigação científica e favorece o desenvolvimento de uma postura investigativa diante dos fenômenos naturais.

Essa perspectiva aproxima-se da teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1918–2008), segundo a qual novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva do estudante quando estabelecem relações com conhecimentos previamente construídos. Dessa forma, a experimentação permite que os conceitos químicos deixem de ser apenas representações

teóricas para se tornarem experiências concretas, facilitando a compreensão dos conteúdos e sua aplicação em diferentes contextos.

No ensino dos modelos atômicos, essa abordagem assume papel ainda mais relevante, pois possibilita transformar conceitos altamente abstratos em situações observáveis e passíveis de investigação. Marchesi e Custódio (2023) afirmam que a compreensão da estrutura atômica é favorecida quando os conteúdos são apresentados por meio de atividades que envolvem experimentação e contato direto com os fenômenos estudados. Nessa perspectiva, o estudante passa a compreender que os modelos científicos constituem representações elaboradas a partir de evidências experimentais e constantemente aperfeiçoadas ao longo da evolução da ciência.

Os autores destacam que a evolução histórica dos modelos atômicos representa uma oportunidade para evidenciar o caráter dinâmico da construção do conhecimento científico. Desde as primeiras concepções filosóficas até o desenvolvimento da mecânica quântica, os diferentes modelos refletem o avanço das investigações científicas e demonstram que a ciência se desenvolve mediante questionamentos, observações, experimentações e reformulações constantes. Essa compreensão contribui para superar concepções alternativas frequentemente apresentadas pelos estudantes e favorece uma visão mais crítica da natureza da ciência (Marchesi; Custódio, 2023).

Nesse contexto, a utilização de atividades experimentais possibilita estabelecer relações entre os modelos teóricos e as evidências que lhes deram origem. Ao observar fenômenos relacionados à emissão e à absorção de energia, por exemplo, os estudantes conseguem compreender que o modelo atômico de Bohr surgiu para explicar resultados experimentais que não eram satisfatoriamente interpretados pelos modelos anteriores. Segundo Marchesi e Custódio (2023), essa aproximação entre teoria e prática favorece o desenvolvimento da curiosidade científica, da autonomia intelectual e da capacidade de análise dos estudantes.

Além da aprendizagem conceitual, a experimentação investigativa promove mudanças significativas na atitude dos estudantes em relação à disciplina. A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017) destaca que o ensino de Ciências deve estimular a curiosidade, o pensamento crítico, a investigação e a resolução de problemas, competências que podem ser

desenvolvidas por meio de práticas experimentais que valorizem a participação ativa dos estudantes.

Nessa perspectiva, Santos (2023) afirma que o interesse pela aprendizagem aumenta quando os estudantes reconhecem a aplicabilidade dos conteúdos científicos em situações concretas. Da mesma forma, Almeida et al. (2008) demonstram que atividades experimentais favorecem maior envolvimento dos alunos durante as aulas, tornando-os protagonistas da construção do próprio conhecimento.

Costa (2016) acrescenta que as atividades práticas contribuem para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da interpretação de resultados e da análise crítica, competências essenciais para a formação científica dos estudantes. Complementando essa discussão, Amaral (2019) ressalta que a experimentação também favorece habilidades como observação, resolução de problemas e tomada de decisões, enquanto Oliveira (2021) destaca que essas atividades reduzem a insegurança frequentemente associada ao estudo da Química, criando um ambiente mais favorável à aprendizagem.

Além dos aspectos cognitivos, Lima (2018) observa que a experimentação fortalece competências socioemocionais, como trabalho em equipe, comunicação, cooperação e responsabilidade. Essas habilidades estão alinhadas às competências gerais previstas pela BNCC (Brasil, 2017), que propõe uma formação integral dos estudantes, contemplando dimensões cognitivas, sociais e emocionais.

Dessa forma, a experimentação investigativa deixa de constituir apenas um recurso complementar às aulas expositivas e passa a desempenhar papel central na construção do conhecimento científico. Ao integrar teoria, prática e investigação, cria condições para que o estudante compreenda os fenômenos químicos de maneira mais significativa, desenvolvendo competências indispensáveis à alfabetização científica e à formação de cidadãos críticos e participativos.

7.4.1. O modelo atômico de Bohr e suas contribuições para o ensino de Química

Entre os modelos que marcaram a evolução da teoria atômica, o modelo proposto por Niels Bohr, em 1913, representa um dos principais avanços na compreensão da estrutura da matéria. Fundamentado nos resultados experimentais obtidos por Rutherford e incorporando os princípios da quantização da energia propostos por Max Planck, Bohr apresentou um modelo capaz de explicar fenômenos que permaneciam sem interpretação satisfatória, especialmente aqueles relacionados aos espectros de emissão e absorção dos elementos químicos (Silva, 2023).

A principal inovação introduzida por Bohr consistiu na proposição de que os elétrons ocupam níveis de energia bem definidos ao redor do núcleo, permanecendo em órbitas estacionárias nas quais não ocorre perda de energia. A emissão ou absorção de radiação acontece somente quando o elétron realiza transições entre esses níveis energéticos, emitindo ou absorvendo uma quantidade específica de energia correspondente à diferença entre eles. Essa hipótese representou um marco para a consolidação da teoria quântica e modificou profundamente a compreensão da estrutura atômica (Peduzzi; Basso, 2005).

Segundo Mendes (2010), a compreensão dos postulados de Bohr constitui etapa fundamental para o estudo da eletrosfera, uma vez que permite interpretar a organização eletrônica dos átomos e compreender a relação existente entre os níveis de energia e os fenômenos luminosos observados experimentalmente. Dessa forma, o modelo ultrapassa a simples representação estrutural do átomo, oferecendo uma explicação coerente para processos físicos e químicos presentes na natureza.

Uma das maiores contribuições do modelo foi explicar as linhas espectrais do hidrogênio, cuja origem permanecia desconhecida até então. A emissão de radiação por um átomo não ocorre de maneira contínua, mas por meio de frequências específicas que correspondem às transições eletrônicas entre níveis energéticos. Conforme destacam Atkins e Jones (2006, p. 128),

A série de linhas discretas que formam o espectro dos átomos de hidrogênio foi um enigma para os espectroscopistas da época. Eles se perguntavam como um átomo podia emitir exclusivamente certas frequências de radiação eletromagnética e não todas simultaneamente (Atkins; Jones, 2006, p. 128).

A interpretação proposta por Bohr demonstrou que cada linha espectral corresponde à emissão ou absorção de um fóton durante a mudança de um elétron entre dois níveis de energia. Essa explicação tornou-se um dos pilares da Física Atômica e da Química Moderna, fornecendo evidências experimentais para a existência da quantização da energia (Peduzzi; Basso, 2005).

Outro aspecto relevante do modelo refere-se à introdução do conceito de níveis de energia, essencial para compreender a distribuição eletrônica dos elementos químicos. Embora posteriormente substituído por modelos baseados na mecânica quântica, o modelo de Bohr permanece como importante ferramenta didática, pois possibilita ao estudante construir uma compreensão inicial sobre a organização da eletrosfera antes da abordagem de conceitos mais complexos (Atkins; Jones, 2006).

É importante reconhecer, entretanto, que o modelo apresenta limitações. Sua aplicação restringe-se principalmente ao átomo de hidrogênio espécies com um único elétron, não sendo suficiente para explicar completamente o comportamento de átomos mais complexos. Além disso, não contempla conceitos posteriormente incorporados pela mecânica quântica, como a natureza probabilística da localização dos elétrons. Apesar dessas limitações, Silva (2023) ressalta que sua importância histórica permanece inquestionável, pois representou um passo decisivo para o desenvolvimento das teorias atômicas contemporâneas.

As contribuições do modelo de Bohr extrapolam o campo teórico e alcançam diferentes áreas da ciência e da tecnologia. Os princípios relacionados à quantização da energia constituíram a base para o desenvolvimento da espectroscopia moderna e contribuíram para avanços em áreas como Física, Química, Medicina, Astronomia e Nanotecnologia. Técnicas amplamente utilizadas na atualidade, como a espectroscopia de emissão e a ressonância magnética nuclear, fundamentam-se em conceitos cuja origem remonta aos estudos iniciados por Bohr (Silva, 2023).

No contexto educacional, o modelo permanece como um dos conteúdos estruturantes do currículo de Química do Ensino Médio por permitir que os estudantes compreendam a evolução histórica das teorias científicas e reconheçam que o conhecimento científico é construído continuamente a partir

da investigação, da experimentação e da revisão de modelos explicativos. Essa perspectiva favorece uma compreensão mais ampla da natureza da ciência e fortalece a alfabetização científica dos estudantes.

Nesse sentido, Lima (2018) destaca que o ensino do modelo de Bohr deve ultrapassar a simples memorização de postulados, priorizando metodologias que possibilitem ao estudante investigar fenômenos, levantar hipóteses, confrontar evidências experimentais e construir explicações fundamentadas. A utilização de experimentos, simulações computacionais, modelos físicos e atividades investigativas favorece essa compreensão, tornando conteúdos abstratos mais acessíveis e significativos.

A articulação entre os modelos de Thomson, Rutherford e Bohr também desempenha papel importante no processo de ensino e aprendizagem, pois evidencia a evolução do pensamento científico. Ao compreender que cada modelo foi desenvolvido para responder às limitações do anterior, os estudantes passam a perceber a ciência como um processo dinâmico, fundamentado em evidências e permanentemente sujeito à revisão.

Conforme salientam Marchesi e Custódio (2023), essa abordagem histórica contribui para superar concepções alternativas frequentemente presentes entre os estudantes e fortalece a compreensão de que os modelos científicos não representam verdades absolutas, mas construções elaboradas para explicar os fenômenos observados. Assim, o estudo do modelo de Bohr deixa de ser apenas um conteúdo curricular e passa a constituir uma oportunidade para desenvolver competências relacionadas à investigação científica, à argumentação e ao pensamento crítico.

Sob essa perspectiva, a integração entre experimentação investigativa e modelo atômico de Bohr favorece uma aprendizagem contextualizada, permitindo que os estudantes estabeleçam relações entre os conceitos teóricos, as evidências experimentais e as aplicações tecnológicas decorrentes do desenvolvimento da Física e da Química modernas.

7.4.2. A experimentação investigativa no ensino do modelo atômico de Bohr

O ensino do modelo atômico de Bohr torna-se mais significativo quando fundamentado em metodologias que favoreçam a participação ativa dos estudantes e a construção do conhecimento científico por meio da investigação. Nesse contexto, a experimentação investigativa destaca-se como uma estratégia capaz de aproximar conceitos abstratos das evidências observáveis, permitindo que os estudantes compreendam a relação entre teoria, experimentação e desenvolvimento científico.

Ao estudar a estrutura atômica, muitos estudantes apresentam dificuldades para compreender conceitos como níveis de energia, transições eletrônicas, emissão de luz e espectros atômicos, por se tratarem de fenômenos que não podem ser observados diretamente. Dessa forma, a utilização de atividades experimentais, simulações e modelos didáticos possibilita transformar representações abstratas em situações concretas de aprendizagem, favorecendo a construção de significados.

Segundo Oliveira (2021), recursos como experimentos de baixo custo, modelos físicos e simulações computacionais ampliam a compreensão da eletrosfera ao permitir que os estudantes visualizem fenômenos relacionados às transições eletrônicas. Essa aproximação entre teoria e prática reduz o caráter abstrato do conteúdo e favorece a compreensão dos princípios fundamentais do modelo de Bohr.

Além da visualização dos fenômenos, a experimentação investigativa promove o desenvolvimento de competências científicas ao incentivar os estudantes a observar, levantar hipóteses, testar explicações, interpretar resultados e comunicar conclusões. Essa dinâmica transforma a sala de aula em um ambiente de investigação, no qual o professor atua como mediador da aprendizagem e os estudantes assumem papel protagonista na construção do conhecimento.

Conforme argumenta Pereira (2019), estratégias baseadas em questionamentos, discussões coletivas e resolução de problemas favorecem a aprendizagem colaborativa, estimulando o diálogo científico e a troca de argumentos entre os estudantes. Esse processo contribui para o desenvolvimento da autonomia intelectual e fortalece a compreensão dos conceitos científicos por meio da argumentação fundamentada.

A elaboração de uma sequência didática investigativa requer organização gradual das atividades, respeitando o nível de desenvolvimento dos estudantes e possibilitando que cada etapa amplie os conhecimentos construídos anteriormente. Lima (2018) destaca que a diversidade de estilos de aprendizagem exige propostas flexíveis, capazes de adaptar-se às necessidades da turma sem perder de vista os objetivos conceituais e investigativos.

Nessa perspectiva, a sequência didática pode iniciar com a contextualização histórica da evolução dos modelos atômicos, permitindo que os estudantes compreendam as limitações dos modelos anteriores e reconheçam a importância das contribuições de Bohr para a ciência. Em seguida, atividades experimentais relacionadas à emissão de luz e aos espectros atômicos favorecem a compreensão dos postulados do modelo, permitindo que os fenômenos observados sejam interpretados à luz da teoria.

A utilização de experimentos envolvendo fluorescência representa uma alternativa didática especialmente adequada para esse objetivo. Ao observar materiais fluorescentes submetidos à radiação ultravioleta, os estudantes conseguem relacionar a emissão de luz às transições eletrônicas entre níveis de energia, estabelecendo conexões entre os fenômenos experimentais e as explicações propostas pelo modelo de Bohr. Embora esses experimentos não representem literalmente o comportamento dos átomos, constituem modelos didáticos capazes de favorecer a compreensão dos conceitos envolvidos.

Essa abordagem permite integrar conhecimentos de Química, Física e História da Ciência, evidenciando que o desenvolvimento dos modelos científicos resulta de um processo contínuo de investigação, observação e reformulação de hipóteses. Dessa forma, os estudantes compreendem que a ciência não é composta por verdades definitivas, mas por explicações construídas a partir das evidências disponíveis em cada momento histórico.

Como ressalta Lima (2018), contextualizar as descobertas científicas e discutir as limitações dos modelos favorece uma compreensão mais crítica da natureza da ciência. Ao reconhecerem que o modelo de Bohr representou um avanço importante, mas posteriormente foi ampliado pela mecânica quântica, os

estudantes desenvolvem uma visão mais realista sobre a produção do conhecimento científico.

Outro aspecto relevante refere-se à interação entre professor e estudantes durante o desenvolvimento das atividades. A aprendizagem investigativa pressupõe momentos de discussão coletiva, nos quais hipóteses são confrontadas com os resultados experimentais e diferentes interpretações são analisadas de forma colaborativa. Essas interações favorecem o desenvolvimento da argumentação científica, da comunicação e da capacidade de justificar conclusões com base em evidências.

Além dos conhecimentos conceituais, a experimentação investigativa contribui para o desenvolvimento de competências previstas pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017), como pensamento científico, resolução de problemas, colaboração, comunicação e autonomia. Dessa maneira, o ensino do modelo atômico de Bohr deixa de restringir-se à memorização de conceitos e passa a promover a formação integral dos estudantes.

Ao integrar atividades experimentais, investigação científica e reflexão histórica, a sequência didática favorece uma aprendizagem contextualizada e significativa, aproximando os estudantes da prática científica e fortalecendo sua alfabetização científica. Mais do que compreender o funcionamento da eletrosfera, os estudantes passam a reconhecer como o conhecimento científico é produzido, validado e continuamente aperfeiçoado, desenvolvendo uma postura investigativa diante dos fenômenos naturais.

7.4.3. Contribuições da experimentação investigativa para a aprendizagem do modelo atômico de Bohr

O estudo da estrutura atômica representa um dos pilares da Química e da Física, pois fornece os fundamentos necessários para compreender a constituição da matéria e os fenômenos que dela decorrem. Entretanto, devido ao elevado grau de abstração desses conteúdos, seu ensino exige estratégias que favoreçam a construção de significados e aproximem os estudantes dos processos de produção do conhecimento científico.

Nesse sentido, a abordagem investigativa associada à experimentação contribui para transformar conceitos abstratos em experiências

de aprendizagem mais concretas e contextualizadas. Ao investigar fenômenos relacionados à emissão de luz e aos espectros atômicos, os estudantes compreendem que o modelo de Bohr não surgiu como uma teoria isolada, mas como resposta às evidências experimentais produzidas pela comunidade científica ao longo da evolução dos modelos atômicos.

Gleiser (2006) destaca que o estudo do átomo ultrapassa a compreensão da matéria em sua dimensão microscópica, constituindo uma das principais formas de interpretar o universo. Ao compreender a estrutura atômica, o estudante amplia sua percepção sobre os fenômenos naturais e reconhece que os mesmos princípios científicos estão presentes desde os materiais que utiliza diariamente até a constituição das estrelas e das galáxias. Essa perspectiva amplia o significado da aprendizagem e evidencia a importância da Química para a compreensão do mundo.

De maneira semelhante, Knobel (2020) ressalta que os modelos científicos representam construções elaboradas para interpretar a realidade, sendo continuamente aperfeiçoados à medida que novos conhecimentos são produzidos. Essa compreensão é particularmente importante no ensino dos modelos atômicos, pois permite aos estudantes reconhecerem que o conhecimento científico possui caráter provisório, dinâmico e fundamentado em evidências experimentais.

No contexto educacional, Kenski (2010) enfatiza que o ensino dos modelos atômicos favorece a formação científica dos estudantes ao possibilitar a articulação entre diferentes níveis de representação da matéria. A compreensão dos fenômenos microscópicos permite interpretar situações macroscópicas observadas no cotidiano, fortalecendo o desenvolvimento do pensamento científico e a capacidade de estabelecer relações entre teoria e prática.

Sob essa perspectiva, a experimentação investigativa assume papel central no processo de ensino e aprendizagem, pois cria condições para que os estudantes participem ativamente da construção do conhecimento. Durante as atividades experimentais, deixam de ocupar uma posição exclusivamente receptiva para observar fenômenos, formular hipóteses, discutir resultados, interpretar evidências e construir explicações fundamentadas cientificamente. Esse processo favorece o desenvolvimento da autonomia, da argumentação, do

pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas, competências indispensáveis para a alfabetização científica.

Outro aspecto relevante refere-se ao caráter interdisciplinar proporcionado pelo estudo do modelo atômico de Bohr. A relação entre Química, Física e História da Ciência possibilita compreender como diferentes áreas do conhecimento contribuem para explicar um mesmo fenômeno. Essa integração amplia a visão dos estudantes sobre a ciência e evidencia que a produção do conhecimento resulta da colaboração entre diferentes campos científicos.

Além disso, a utilização de experimentos de baixo custo demonstra que a experimentação pode ser incorporada ao cotidiano escolar mesmo em instituições que apresentam limitações de infraestrutura. A adoção de materiais alternativos amplia as possibilidades de realização de atividades investigativas, tornando o ensino experimental mais acessível e favorecendo a implementação de práticas pedagógicas compatíveis com a realidade das escolas públicas.

Nesse contexto, a sequência didática investigativa constitui uma alternativa metodológica capaz de integrar conteúdos conceituais, procedimentos científicos e atitudes investigativas em um mesmo processo de aprendizagem. Ao organizar as atividades de forma progressiva, respeitando os conhecimentos prévios dos estudantes e promovendo situações de investigação, cria-se um ambiente favorável à aprendizagem significativa e ao desenvolvimento das competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017).

A mediação do professor desempenha papel fundamental durante esse processo. Cabe ao docente propor problemas, orientar as investigações, estimular a argumentação científica e favorecer momentos de reflexão sobre os resultados obtidos. Dessa maneira, o ensino deixa de estar centrado na transmissão de informações e passa a valorizar a construção coletiva do conhecimento, fortalecendo a participação dos estudantes durante todas as etapas da aprendizagem.

A avaliação, por sua vez, deve contemplar não apenas a assimilação dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr, mas também o desenvolvimento das competências investigativas construídas ao longo da sequência didática. A observação das discussões, da formulação de hipóteses, da interpretação dos resultados experimentais e da argumentação científica

oferece indicadores importantes sobre a aprendizagem dos estudantes e possibilita ao professor reorientar sua prática pedagógica sempre que necessário.

Assim, a experimentação investigativa evidencia-se como uma estratégia capaz de aproximar teoria e prática, favorecer a compreensão do modelo atômico de Bohr e promover uma aprendizagem mais significativa. Ao vivenciar situações de investigação, os estudantes desenvolvem conhecimentos científicos, habilidades cognitivas e competências essenciais para compreender a natureza da ciência e sua relação com o cotidiano. Dessa forma, o ensino da estrutura atômica deixa de constituir apenas um conjunto de conceitos abstratos e passa a representar uma oportunidade para formar sujeitos críticos, investigativos e capazes de utilizar o conhecimento científico na interpretação da realidade.

8. CONSTRUÇÃO DOS PRÉ-ROTEIROS EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVOS

Com o intuito de nortear e instruir os educandos, foram elaborados pré-roteiros experimentais abordando o modelo de Bohr e o salto quântico, a partir de pesquisas em livros didáticos e paradidáticos de química, além de sites e artigos científicos.

Os pré-roteiros experimentais investigativos foram elaborados a partir da exposição de um texto informativo o qual deu suporte à sistematização dos conhecimentos dos educandos envolvidos, seguido de uma situação-problema. Na sequência, foram descritos os conteúdos científicos para auxiliar a equipe na execução de sua prática experimental e no planejamento das exposições para os demais colegas. A atividade também contou com perguntas sobre o funcionamento da proposta experimental, sendo finalizada com a apresentação dos colegas de sala sobre a proposta executada na resolução do problema em questão.

Os pré-roteiros tinham a função de nortear os alunos nas etapas de desenvolvimento dos experimentos de acordo com cada tópico estudado em sala de aula. Vale salientar que estavam sujeitos a mudanças e adaptações pelos sujeitos da pesquisa. Essas alterações e resultados foram apresentados no formato de seminário em sala de aula ou no laboratório de ciências da escola. Produziu-se um total de cinco propostas de atividades experimentais investigativas, as quais foram validadas por 35 alunos do 1º Ano e pela pesquisadora da escola E.E. Professor Plínio Berardo.

8.1 Abordagem metodológica

A presente pesquisa se define por ser qualitativa, pois o objeto de estudo analisa como as atividades experimentais investigativas podem contribuir no processo de aquisição do conhecimento. É também do tipo pesquisa-ação, pois o pesquisador possui vínculo com os sujeitos analisados, assim pode proporcionar uma associação entre as teorias e as práticas, intervindo em uma situação-problema (Lüdke; André, 1986).

A pesquisa preocupa-se, portanto, com o aspecto da realidade que não pode ser quantificado, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica.

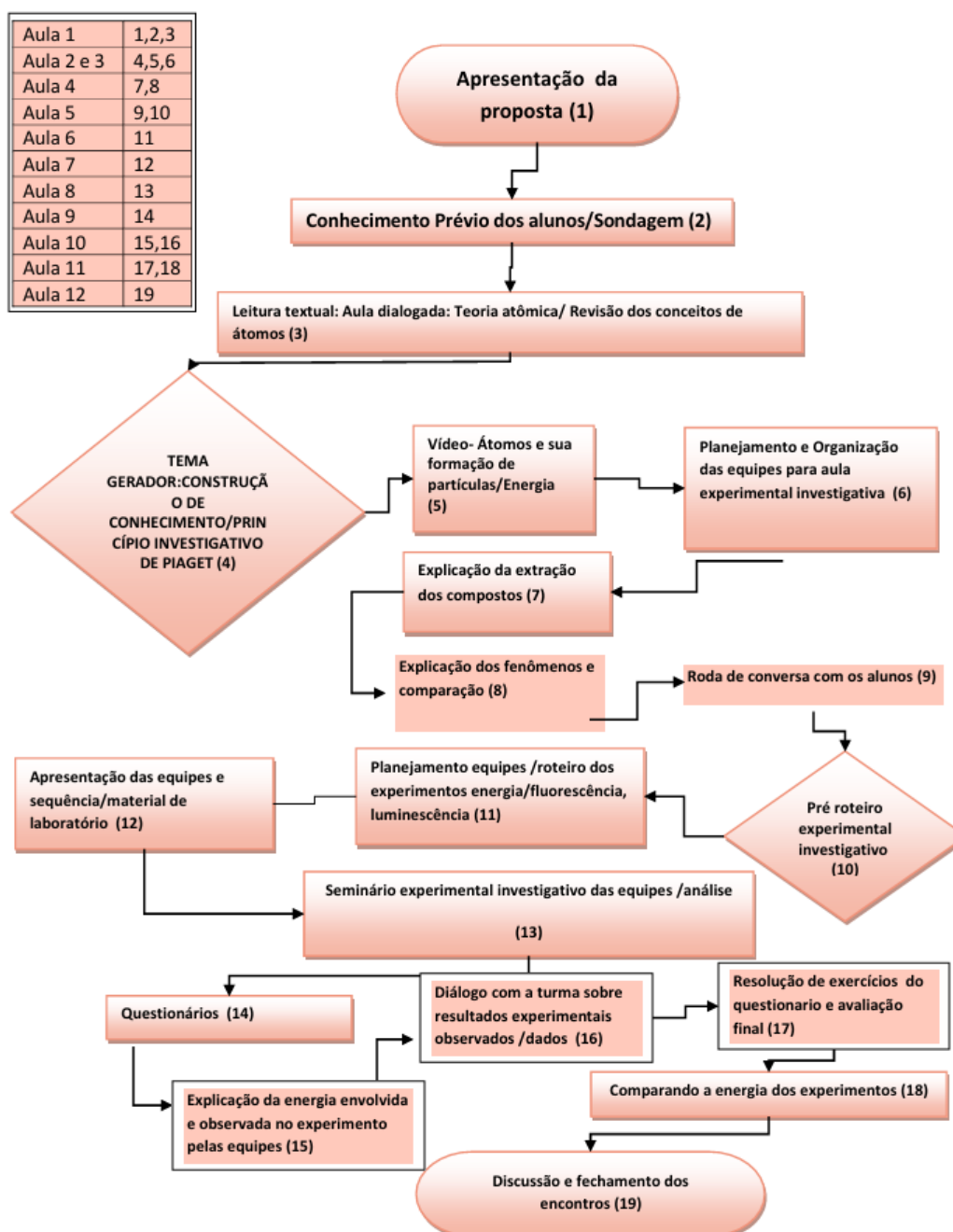
Assim, desenvolveu-se uma sequência didática que trabalhasse a experimentação por investigação, chamada de atividades experimentais investigativas, nas quais os alunos puderam desenvolver, em grupo, o papel ativo na aquisição e na construção do conhecimento, cabendo à professora pesquisadora organizar, orientar e auxiliar nas etapas da sequência.

Optou-se por uma sequência didática dividida em momentos e estruturada em tema geral ligado ao contexto, aos conceitos científicos explorados, às competências e às habilidades, ao tempo estimado por aula, aos recursos necessários, às orientações para o professor, à avaliação e às referências bibliográficas. Dividiu-se a sequência em momentos didáticos (planos de aula para cada momento nos apêndices), que envolvam diversas atividades educacionais, porém, com foco nas práticas experimentais investigativas. O fluxograma mostra os momentos e as atividades desenvolvidas durante a aplicação da sequência, e, logo depois, é apresentada uma descrição das atividades.

A pesquisa ocorreu seguindo uma sequência de ações que nortearam a sua construção, como demonstra a Figura 8 a seguir.

Figura 8 – Sequência didática

PLANO ELABORADO DE PESQUISA



Fonte: a autora.

8.2 Realização de uma experiência prática de fluorescência em relação ao modelo atômico de Bohr: integrando teoria e prática

A experiência prática de fluorescência foi realizada em uma turma do 1º Ano do Ensino Médio, durante o segundo semestre de 2023/2024, seguindo as diretrizes do Referencial Curricular de São Paulo. Esse currículo é fundamentado em princípios pedagógicos que visam proporcionar uma formação sólida aos estudantes, alinhando-se às demandas contemporâneas e integrando teoria e prática para promover uma educação significativa.

O fenômeno da luminescência é visualmente atraente e desperta a curiosidade. Trata-se da emissão de luz resultante de um processo de excitação eletrônica, que pode ocorrer na forma de fluorescência (na qual a emissão de luz cessa quando a fonte de energia é desligada) ou como fosforescência (que pode durar horas mesmo depois de desligada a fonte de luz).

A utilização do fenômeno de fluorescência como estratégia de ensino para desenvolvimento do tema estrutura atômica; mais especificamente, do modelo atômico de Bohr. O fenômeno da fluorescência pode ser facilmente demonstrado através da utilização de materiais acessíveis como água tônica, chicória ou hortelã, marca texto e casca de ovo marrom.

Ao integrar a atividade de fluorescência ao planejamento pedagógico, a pesquisadora buscou alinhar-se às competências e às habilidades específicas propostas pelo Referencial Curricular. Esse alinhamento é vital para assegurar que os estudantes estejam não apenas adquirindo conhecimento, mas também desenvolvendo habilidades essenciais para a sua formação. Segundo o documento, o ensino de química deve proporcionar ao aluno uma visão do mundo que o cerca, possibilitando a compreensão dos fenômenos naturais e sociais.

Quadro 7 – Procedimentos para realização da experiência

Passo 1: introdução ao conceito de fluorescência
Antes de iniciar a experiência prática, é essencial realizar uma breve introdução ao conceito de fluorescência e como ela se relaciona ao modelo atômico de Bohr. Explique aos alunos que a fluorescência é um fenômeno em que um material absorve luz em uma determinada faixa de comprimento de onda e emite luz de comprimento de onda maior. Destaque que esse fenômeno está diretamente ligado à transição de elétrons entre níveis de energia em átomos, um conceito fundamental do modelo atômico de Bohr.
Passo 2: materiais necessários
• Lâmpada UV; • Substância fluorescente (pode ser um marcador de texto fluorescente ou uma substância específica); e • Sala de aula ou ambiente escuro para melhor observação.
Passo 3: Procedimento Experimental
• Escolha um local escuro para realizar a experiência, garantindo que a sala esteja livre de luz ambiente. • Cubra as janelas e desligue as luzes, garantindo um ambiente propício para observação. • Utilize a fita adesiva para prender o papel alumínio em uma parede, criando uma superfície reflexiva. • Posicione a lâmpada UV em frente ao papel alumínio para que a luz seja refletida de volta para a sala. • Aplique a substância fluorescente na mão ou em qualquer objeto. Pode ser útil utilizar um marcador de texto fluorescente para essa etapa. • Aproxime a mão ou o objeto da lâmpada UV e observe a fluorescência ocorrendo. Explique aos alunos que a luz UV absorvida pelos átomos da substância é reemitida em um comprimento de onda visível, produzindo cores características.

Passo 4: discussão e análise

- Após a observação, conduza uma discussão em sala de aula sobre os resultados. Relacione a experiência à teoria de Bohr, destacando como os elétrons ao absorverem a luz UV transitam para níveis de energia superiores e, ao retornarem, emitem luz visível.
- Incentive os alunos a relacionarem os resultados com os conceitos aprendidos em aulas teóricas sobre a estrutura atômica.

Fonte: a autora.

A condução de experiências práticas é uma estratégia pedagógica valiosa para consolidar os conceitos teóricos e proporcionar aos alunos a compreensão mais profunda e palpável da ciência. No âmbito da química, a fluorescência, quando associada ao modelo atômico de Bohr, oferece uma oportunidade única de explorar, na prática, a relação entre transições eletrônicas e a emissão de luz. Nesse contexto, Nardi (2015) defende que a experimentação é um instrumento poderoso para a construção do conhecimento, permitindo que os alunos explorem e compreendam os fenômenos científicos de maneira mais significativa.

A transição dos conceitos teóricos para a prática é um momento crucial na experiência de fluorescência associada ao modelo atômico de Bohr. A teoria quântica, conforme delineada por Nussenzveig (2018), é o alicerce para a compreensão dos fenômenos observados na experiência. O modelo de Bohr, ao destacar as órbitas quantizadas e as transições energéticas dos elétrons, fornece uma estrutura teórica clara que orienta a condução e a interpretação da experiência prática.

A condução da experiência prática envolve uma interação dinâmica entre o educador e os alunos, a qual promove um ambiente de aprendizado colaborativo, no qual os estudantes são desafiados a aplicarem os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula. O diálogo constante entre educador e alunos estimula questionamentos e reflexões, enriquecendo a compreensão coletiva do fenômeno da fluorescência.

Durante a execução da experiência prática, é crucial incentivar a exploração do erro como um elemento intrínseco ao método científico. Amaral

(2019) argumenta que a experimentação, ao permitir a ocorrência de equívocos, oferece oportunidades valiosas para o aprendizado, desenvolvendo nos alunos uma abordagem mais resiliente e investigativa diante dos desafios científicos.

A experiência prática não se limita apenas à observação de fenômenos; ela estimula a curiosidade e o espírito investigativo dos alunos. Ao vivenciar a fluorescência, os estudantes são incentivados a formular perguntas, propor hipóteses e buscar respostas de maneira autônoma. Nardi (2015) destaca que a experimentação é uma ferramenta essencial para cultivar a autonomia intelectual dos alunos.

Além de explorar os fundamentos científicos, a experiência prática de fluorescência proporciona uma oportunidade para a reflexão sobre as aplicações desses conhecimentos e seus impactos sociais. Discutir, por exemplo, como a fluorescência é utilizada em diversas tecnologias contemporâneas amplia a visão dos alunos sobre a relevância e as implicações reais da ciência em suas vidas.

Nesse contexto, a experiência transcende a simples execução de um experimento, transformando-se em uma jornada educacional que estimula o pensamento crítico, a colaboração e a aplicação dos conceitos teóricos, fortalecendo, assim, a formação científica dos estudantes.

O experimento de fluorescência relacionado ao modelo atômico de Bohr está fundamentado na teoria quântica, que descreve o comportamento dos elétrons em átomos. De acordo com Nussenzveig (2018), os modelos atômicos são essenciais para interpretar e explicar os fenômenos observados em experimentos e, assim, são uma parte fundamental do aprendizado em ciências. O modelo de Bohr, em particular, destaca as órbitas quantizadas dos elétrons e as suas transições entre níveis de energia.

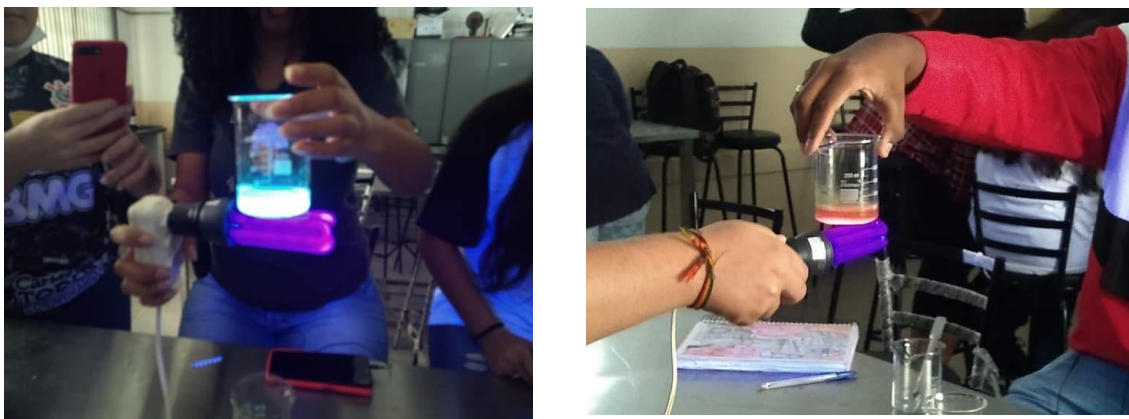
O experimento envolve a utilização de uma lâmpada UV para excitar uma substância fluorescente, permitindo que os alunos observem o fenômeno da fluorescência. Seguindo as diretrizes de Oliveira (2021) sobre práticas experimentais, o ambiente da sala de aula é preparado adequadamente, com a explicação prévia do procedimento e das expectativas. Os alunos, ao aplicarem os conceitos de Bohr, têm a oportunidade de visualizar a absorção de energia pelos elétrons e a subsequente emissão de luz visível.

Durante a discussão pós-experimento, é crucial instigar a reflexão dos alunos sobre as observações feitas e relacioná-las aos princípios teóricos do modelo atômico de Bohr. A análise crítica dos resultados experimentais é essencial para consolidar o entendimento dos alunos e promover uma aprendizagem significativa. Essa etapa permite que os estudantes internalizem a conexão entre teoria e prática, desenvolvendo uma compreensão mais sólida e duradoura dos conceitos quânticos.

Ao finalizar a experiência, é importante considerar o impacto pedagógico dessa abordagem. A integração entre teoria e prática não apenas fortalece o aprendizado dos alunos, mas também estimula o desenvolvimento do pensamento científico. Nas palavras de Amaral (2019), a experimentação não é apenas um complemento ao ensino teórico, mas uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento das habilidades investigativas dos estudantes. Assim, ao realizar essa experiência de fluorescência, ancorada no modelo atômico de Bohr, a intenção é não apenas transmitir conhecimento, mas instigar a paixão pela exploração e pela compreensão mais profunda da ciência.

8.3 Relato e análise da reação dos alunos durante a experiência prática de fluorescência

Durante a execução da experiência prática de fluorescência relacionada ao modelo atômico de Bohr, uma observação cuidadosa dos alunos foi conduzida, com o intuito de compreender as variações de suas reações, identificando possíveis transformações em suas atitudes, seus níveis de engajamento e sua compreensão, tendo em vista que a interação dos alunos com experimentos não é apenas uma questão de aplicação de teorias, mas uma oportunidade de observar como o conhecimento é internalizado e transformado.

Figura 9 – Realização da atividade prática

Fonte: a autora.

Ao iniciar a atividade experimental, percebeu-se um aumento notável no nível de entusiasmo dos alunos. Amaral (2019) destaca que a experimentação ativa a curiosidade natural dos estudantes, tornando o processo de aprendizado mais atrativo e dinâmico. Os alunos, ao vivenciarem a fluorescência, demonstraram um interesse palpável, evidenciado por expressões faciais envolventes, questionamentos instigantes e interações entre os colegas.

Figura 10 – Observação qualitativa da fluorescência (a)

Fonte: a autora.

Figura 11 – Observação qualitativa da fluorescência (b)



Fonte: a autora.

Durante a execução da experiência, observou-se uma mudança perceptível nas atitudes dos alunos em relação à disciplina de química. A participação ativa na atividade experimental pareceu despertar um senso de relevância, conectando os conceitos teóricos às aplicações práticas, reforçando a importância do conteúdo estudado.

A interação entre os alunos durante a atividade também foi notável. A colaboração entre os estudantes, a troca de ideias e a resolução conjunta de desafios práticos demonstraram uma dinâmica de aprendizado colaborativo. Nesse contexto, Nardi (2015) enfatiza que a experimentação não é apenas um meio de aplicar teorias, mas também uma oportunidade para o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas.

O relato, a seguir, é de um aluno após participar da atividade prática:

Cara, a aula de química, hoje, foi irada demais! O professor veio com uma ideia diferente, uma experiência prática sobre fluorescência relacionada ao tal modelo atômico de Bohr. Confesso que não sabia muito bem o que esperar, mas foi sensacional ver na prática o que a gente estuda nos livros. A sala ficou toda iluminada com a lâmpada UV, e as substâncias começaram a brilhar, tipo um show de luzes. A gente se sentiu meio cientista, saca? Trocamos ideia, tentamos entender o porquê das coisas e, no final, até rolou uma discussão massa na turma. Aquela química que parecia distante ficou mais real, mais nossa. Essa aula mudou meu jeito de ver a matéria, entende? Agora, Bohr e a fluorescência não são só palavras nos livros, são tipo amigos que a gente conhece de verdade. Foi demais, mal posso esperar pela próxima experiência! (Relato de aluno coletado pela autora).

A interação entre os alunos durante a atividade experimental não apenas reflete a eficácia da aprendizagem colaborativa, mas também desencadeia desdobramentos significativos. Como Costa (2016) destaca, a colaboração não se limita à resolução de desafios específicos da prática, mas se estende para além da sala de aula, contribuindo para a construção de uma comunidade de aprendizado. A dinâmica colaborativa durante a atividade prática pode ter implicações positivas não apenas nos resultados imediatos, mas também na cultura de aprendizado.

A troca de ideias e a resolução conjunta de desafios práticos durante a experiência prática não apenas fortalecem o aprendizado cognitivo, mas também contribuem para o desenvolvimento de competências sociais entre os alunos. Amaral (2019) ressalta que atividades práticas proporcionam um ambiente propício para aprimorar habilidades interpessoais, como comunicação eficaz, trabalho em equipe e empatia. Essas competências são cruciais não apenas no contexto acadêmico, mas também na formação de indivíduos preparados para enfrentar desafios colaborativos em diferentes esferas da vida.

A abordagem colaborativa durante a atividade prática suscita uma reflexão sobre a natureza da aprendizagem dos alunos. Nardi (2015) destaca que a experimentação proporciona momentos de reflexão crítica, nos quais os estudantes podem avaliar não apenas os resultados obtidos, mas também o processo de aprendizado em si. A discussão coletiva sobre a experiência não apenas solidifica a compreensão individual, mas também promove uma avaliação conjunta do papel da colaboração no processo de construção do conhecimento.

A dinâmica colaborativa também amplia a visão dos alunos sobre a natureza da ciência. Ao experimentarem a colaboração na prática, os estudantes podem perceber que a ciência não é um empreendimento isolado, mas sim um esforço conjunto para explorar e compreender o mundo. Essa percepção, de acordo com Nussenzveig (2018), é fundamental para a formação de uma mentalidade científica, na qual a ciência é vista como uma construção coletiva do conhecimento.

A observação da interação entre os alunos durante a atividade prática de fluorescência revela não apenas um aprendizado efetivo dos conceitos químicos, mas também uma promoção ativa de habilidades sociais e cognitivas.

O ambiente colaborativo não apenas facilita a resolução de desafios práticos, mas também contribui para a formação de cidadãos capazes de aplicarem o conhecimento de maneira eficaz e colaborativa em diversos contextos.

Ao encerrar a experiência, as discussões em sala de aula revelaram uma maior compreensão dos conceitos abordados. A análise dos resultados permitiu identificar não apenas a absorção de conhecimento, mas também a capacidade dos alunos de aplicar os conceitos teóricos na interpretação dos resultados experimentais.

Além de explorar os fundamentos científicos, a experiência prática de fluorescência proporciona uma oportunidade para a reflexão sobre as aplicações práticas desses conhecimentos e seus impactos sociais. Discutir, por exemplo, como a fluorescência é utilizada em diversas tecnologias contemporâneas amplia a visão dos alunos sobre a relevância e as implicações reais da ciência em suas vidas.

Figura 12 – Realização da atividade de fluorescência



Fonte: a autora.

A experiência prática de fluorescência não apenas proporcionou uma aplicação efetiva dos conceitos teóricos, mas também desencadeou mudanças observáveis nas atitudes, nos níveis de engajamento e na compreensão dos alunos. Segundo Nussenzweig (2018), a experimentação não é apenas um meio de ensinar ciência; é uma forma de cultivar a curiosidade, a criatividade e o pensamento crítico dos estudantes. Essas mudanças refletem não apenas uma absorção de conhecimento, mas uma transformação mais ampla no processo de aprendizagem.

A experiência prática não se limitou à execução do experimento; ela também integrou uma avaliação formativa. O professor utilizou a observação dos alunos durante a atividade, suas interações e as discussões pós-experimento como indicadores para compreender o nível de compreensão dos conceitos. Essa abordagem alinhada ao Referencial Curricular de São Paulo destaca a importância da avaliação formativa como ferramenta de acompanhamento contínuo do aprendizado, permitindo ajustes e melhorias no processo educacional. A atividade de fluorescência, nesse contexto, proporcionou uma oportunidade de reflexão tanto para os alunos quanto para o educador, fortalecendo a qualidade do ensino.

9. AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS NA AULA DE QUÍMICA: A FLUORESCÊNCIA E O MODELO DO ÁTOMO DE BOHR

O ensino de química, muitas vezes, é visto pelos alunos como abstrato e difícil de entender, especialmente, quando envolve conceitos teóricos como o modelo atômico de Bohr e os fenômenos relacionados à fluorescência. Para facilitar o aprendizado, experimentos práticos podem ajudar os alunos a visualizar esses conceitos, tornando a matéria mais acessível e interessante. Assim sendo, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a eficácia de uma atividade experimental focada na fluorescência do átomo de Bohr, analisando como ela mudou a visão dos alunos sobre a química e as suas implicações no processo de ensino-aprendizagem.

9.1 Metodologia

A atividade foi implementada em uma turma de 120 alunos do Ensino Médio, com o objetivo de aprofundar a compreensão dos conceitos do modelo atômico de Bohr, especialmente, em relação às transições eletrônicas e ao fenômeno da fluorescência. A metodologia adotada foi dividida em três fases distintas, permitindo uma abordagem estruturada e abrangente ao aprendizado.

Pré-atividade: a primeira etapa consistiu na aplicação de um questionário inicial, projetado para avaliar o nível de entendimento prévio dos alunos sobre o modelo atômico e o fenômeno da fluorescência. Esse questionário não apenas proporcionou um diagnóstico do conhecimento existente, mas também incentivou os alunos a refletirem sobre suas percepções e suas expectativas em relação à atividade. Essa etapa inicial foi fundamental para entender a linha de base do aprendizado dos alunos e adaptar a metodologia conforme necessário.

Atividade experimental: na segunda fase, os alunos participaram ativamente da execução do experimento, que envolveu o uso de fontes de luz, espectroscópios e materiais fluorescentes. Durante a atividade, os alunos puderam observar as transições eletrônicas de maneira prática, visualizando como a luz interage com os elétrons em diferentes níveis de energia. A atividade

foi particularmente eficaz, pois permitiu aos alunos analisar e compreender como as cores observadas estão relacionadas às transições eletrônicas específicas. Essa experiência prática não apenas facilitou a visualização dos conceitos teóricos, mas também promoveu um ambiente de aprendizado ativo e colaborativo, em que os alunos puderam discutir e compartilhar suas observações.

Pós-atividade: após a realização do experimento, foi aplicado um segundo questionário para avaliar as mudanças na compreensão dos alunos e comparar o aprendizado antes e depois da atividade experimental. Essa avaliação foi crucial para identificar o impacto da experiência prática na percepção dos alunos sobre os conceitos de fluorescência e transições eletrônicas.

Os dados coletados foram analisados de maneira quantitativa e qualitativa. Utilizando gráficos, foi possível ilustrar claramente a mudança na percepção dos alunos sobre os conceitos abordados, demonstrando a eficácia da metodologia experimental. Além disso, foi elaborada uma tabela que descreve as atividades realizadas e sua contribuição para a média de notas dos alunos. Essa tabela não apenas proporcionou uma visão clara da correlação entre a prática experimental e o desempenho acadêmico, mas também reforçou a importância de abordagens práticas no ensino de química, alinhando-se aos preceitos da BNCC, que valoriza o aprendizado significativo e a investigação científica como pilares da educação.

Em suma, a experiência demonstrou que a integração de atividades práticas no currículo de química pode resultar em um aprendizado mais eficaz e significativo, transformando a forma como os alunos percebem e interagem com conceitos científicos complexos.

9.2 Instrumentos de coleta e análise dos dados

Para a coleta de dados, elaboraram-se três instrumentos, dos quais dois eram questionários individuais e o último consistiu no manuseio de um roteiro experimental investigativo prévio.

A análise dos dados foi guiada pelos estudos de Bardin (2011), os quais definem a análise do conteúdo como um conjunto de técnicas de análise

de documentos de comunicações que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa de conteúdos/dados. As fases da análise do conteúdo foram organizadas em uma sequência cronológica de três etapas: 1) pré-análise; 2) exploração do material; e 3) interpretação.

A pré-análise tem por meta a elaboração do material, etapa na qual se definem: os documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos; e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final.

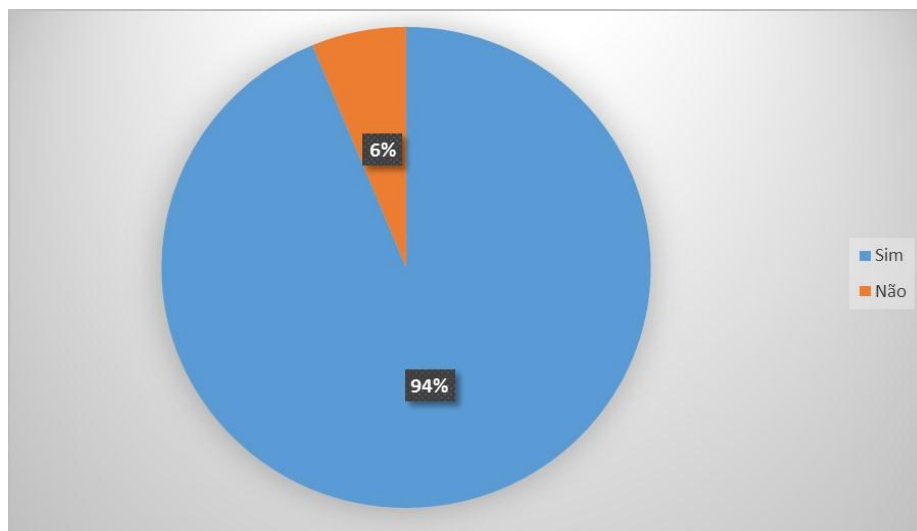
9.3 Análise das respostas dos alunos (pré e pós-atividade)

Como já foi mencionado, para a análise dos dados da presente pesquisa, tomou-se como referência a sequência didática “Modelo Atômico de Bohr”. Em primeiro lugar, realizou-se a transcrição e a análise do discurso de algumas falas produzidas no decorrer da aula, depois, fez-se o levantamento de algumas categorias que ajudaram a melhor sintetizar os resultados da presente pesquisa. Utilizou-se letras acompanhadas de números para nos referir aos sujeitos pesquisados e para identificar a pesquisadora, utilizamos a letra P.

As falas coletadas foram mantidas, já os dados coletados por meio da escrita foram corrigidos ortograficamente, deixando à mostra somente os erros gramaticais, de coerência e coesão.

Os gráficos, a seguir, apresentam a comparação entre as respostas dos alunos antes e após a aplicação da atividade experimental.

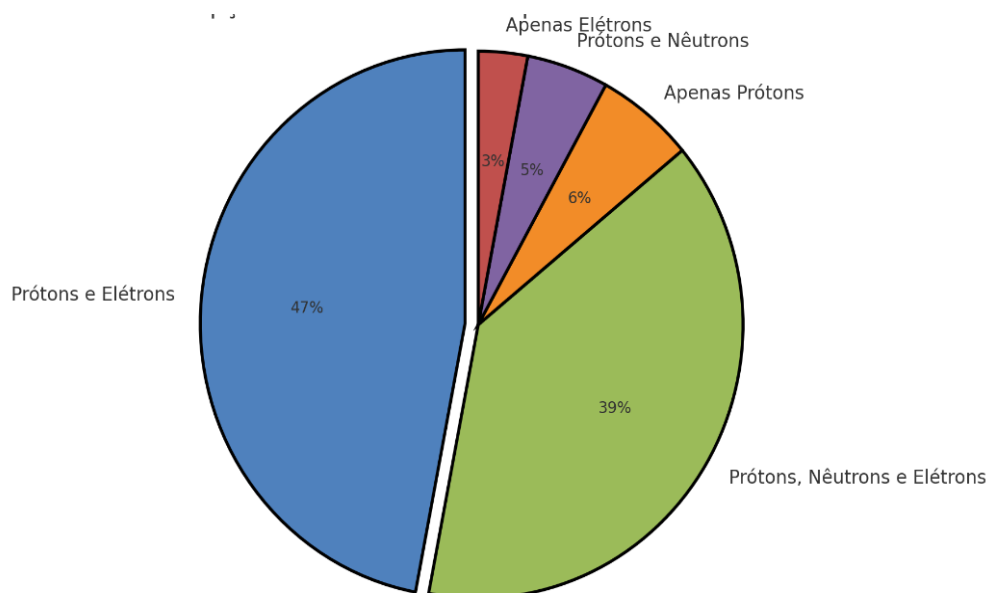
Gráfico 1 – Distribuição das opiniões dos alunos sobre a natureza do movimento eletrônico"



Fonte: a autora.

O Gráfico 1 mostra que do total de 64 alunos pesquisados, 60 alunos (94%) afirmaram que já ouviram falar no conceito de átomo e apenas quatro alunos (6%) disseram desconhecer esse conceito.

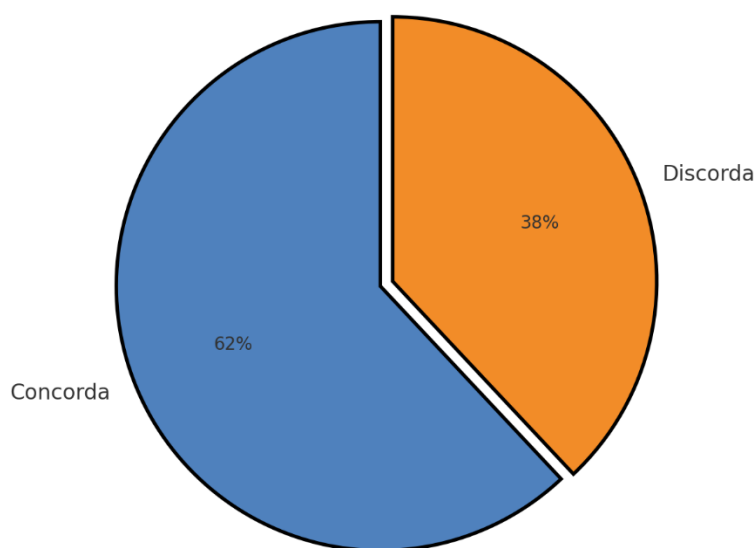
Gráfico 2 –Distribuição das opiniões dos alunos sobre a natureza da constituição atômica"



Fonte: a autora.

O Gráfico 2 se refere às respostas dos alunos sobre quais são as partículas fundamentais do átomo. Do total de respostas, 47% dos discentes afirmam que o átomo é composto por prótons e elétrons; seguido de 39% que responderam prótons, nêutrons e elétrons; 6% que responderam apenas prótons; 5% que responderam apenas prótons e nêutrons; e os últimos 3% que afirmaram que o átomo é formado apenas por elétrons.

Gráfico 3 – "Respostas dos alunos quanto à localização das cargas negativas."



Fonte: a autora.

Na terceira questão, perguntou-se sobre a localização da carga negativa no átomo, e observou-se que 62% concordam que ela segue órbitas bem definidas, seguido de 38% que discordam dessa afirmação. Algumas respostas fornecidas pelos participantes no item foram:

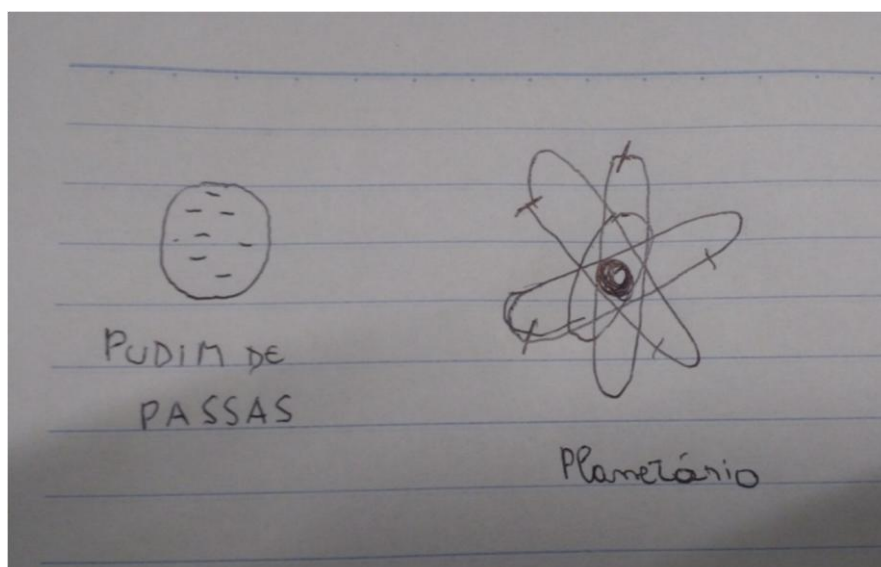
Aluno [A]: "Concordo. Acho que vi isso ano passado."

Aluno [B]: "Discordo. Acho que fica no centro professora..."

Aluno [C]: "É, concordo..."

No tocante à Questão 4, os alunos foram perguntados se eles conheciam algum modelo que pudesse representar o átomo: 77% afirmaram que conhecem algum modelo que poderia representar; e apenas 33% dos discentes não tinham conhecimento. A Figura 13, mostra algumas das representações feitas pelos alunos.

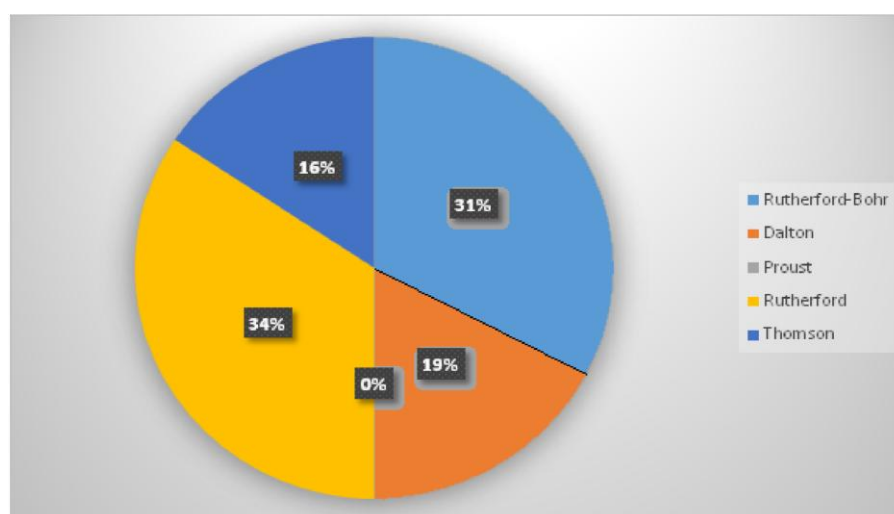
Figura 13 – Representações feitas pelos alunos para o átomo



Fonte: a autora.

Observa-se, na Figura 13, que os discentes apresentam conhecimento acerca de alguns modelos para o átomo propostos por alguns cientistas. Ao serem questionados posteriormente a respeito da evolução desses modelos, todos os discentes que fizeram ou não sabiam desse processo evolutivo. Conforme Oliveira *et al.* (2013, p. 147), “os estudantes frequentemente não compreendem que não existe um modelo ideal que explique a complexidade do átomo, e que os modelos atômicos são criações humanas com um objetivo comum: o de explicar o comportamento da matéria”.

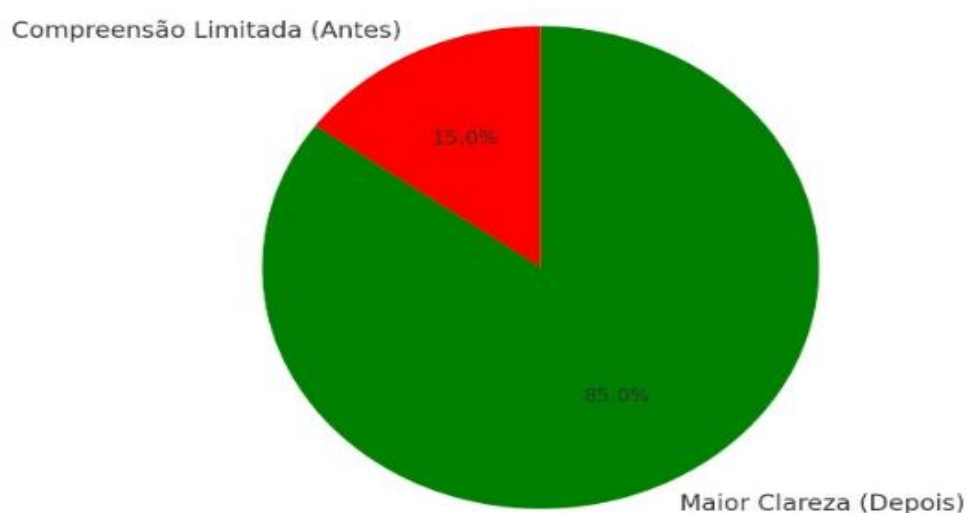
Gráfico 4 – Respostas dos alunos sobre a natureza da coloração de fogos de artifício."



Fonte: a autora.

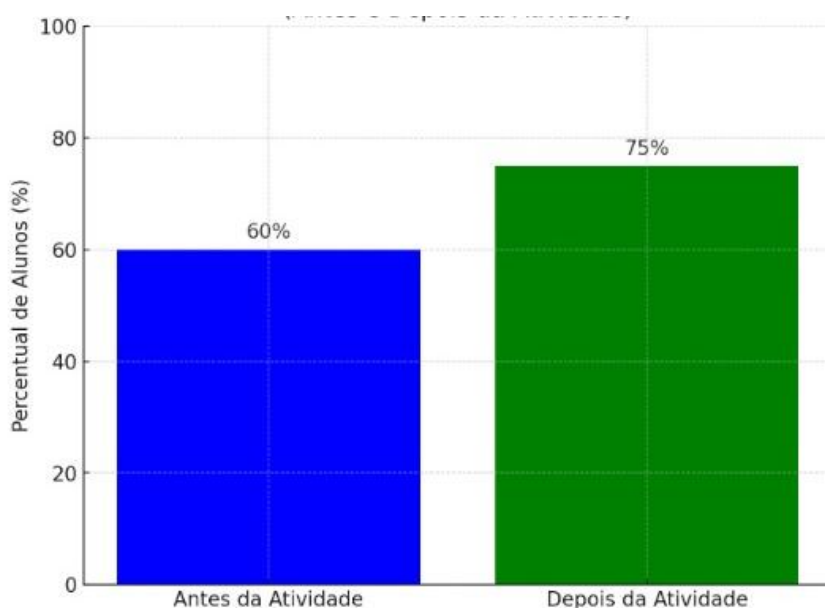
No Gráfico 4, que diz respeito à Questão 5, a qual indagava aos discentes qual seria o modelo atômico que poderia explicar as cores dos fogos de artifícios, 22 alunos, que representam 34% do total dos entrevistados, disseram que o modelo atômico é o de Rutherford; 20 alunos (31%) afirmaram que foi o modelo mais adequado seria o de Rutherford-Bohr; dez alunos (16%) disseram ser o modelo de Thomson e os 12 alunos (19%) restantes afirmaram que seria o modelo de Dalton e nenhum aluno citou o modelo de Proust.

Gráfico 5 – Percepção dos alunos sobre o modelo atômico de Bohr (antes e depois da atividade)



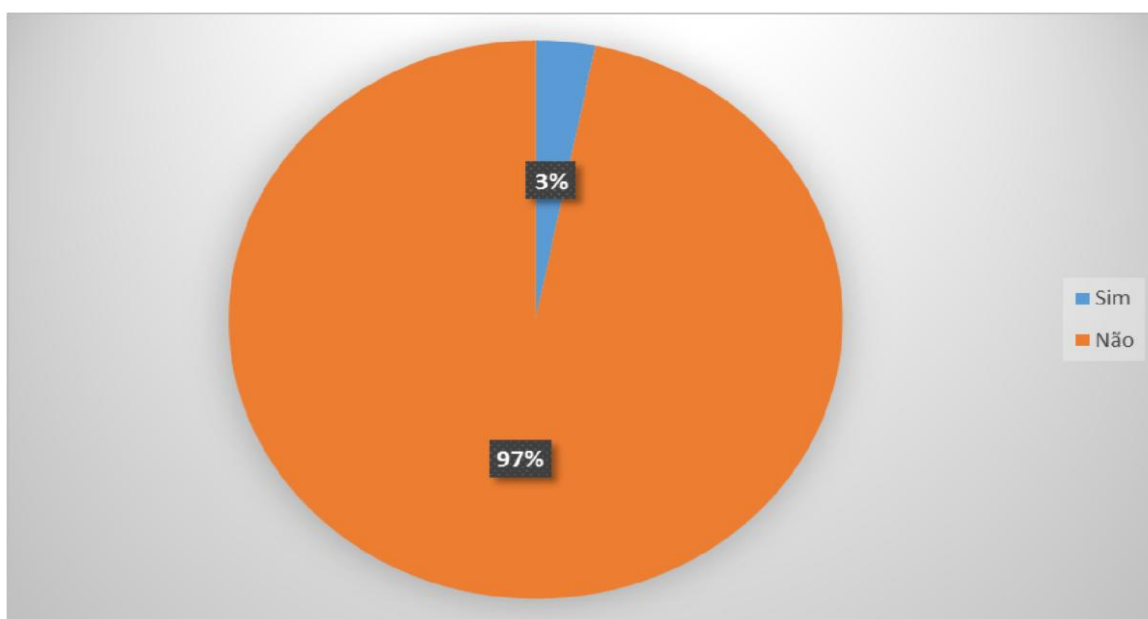
Fonte: a autora.

Antes da atividade, a maioria dos alunos tinha uma compreensão limitada do modelo atômico e de suas aplicações. Depois da atividade, a percepção deles sobre o modelo de Bohr melhorou significativamente, com 85% dos estudantes relatando maior clareza sobre o conceito de transições eletrônicas.

Gráfico 6 – Mudança na visão dos alunos sobre a química (antes e depois da atividade)

Fonte: a autora.

Antes da atividade, 60% dos alunos consideravam a química uma disciplina difícil e desinteressante, pois não a entendiam muito bem. Depois da atividade, 75% dos alunos afirmaram que a prática experimental aumentou seu interesse pela disciplina demonstrando o desejo de realizar os experimentos novamente.

Gráfico 7 – Percepção da realização de experimentos pelos alunos

Fonte: a autora.

Na Questão 6, os alunos foram perguntados a respeito da utilização de práticas experimentais nas aulas na disciplina de química. Do total, 97% (62) dos alunos afirmaram que não; e apenas 3% (2) dos alunos disseram que sim, porém, apenas um estudante comentou que houve o uso das práticas apenas uma vez no ano anterior.

Já na última questão desse questionário, foi perguntado aos alunos se era interessante utilizar experimentação nas aulas de química. Do total de perguntas, os 64 alunos, ou seja, 100%, responderam afirmativamente, isto é, não houve discordância. Algumas das respostas dadas por alguns alunos foram:

Aluno [A]: “Seria muito legal... eu iria adorar!”

Aluno [B]: “Acho que me ajudaria a entender essa disciplina.”

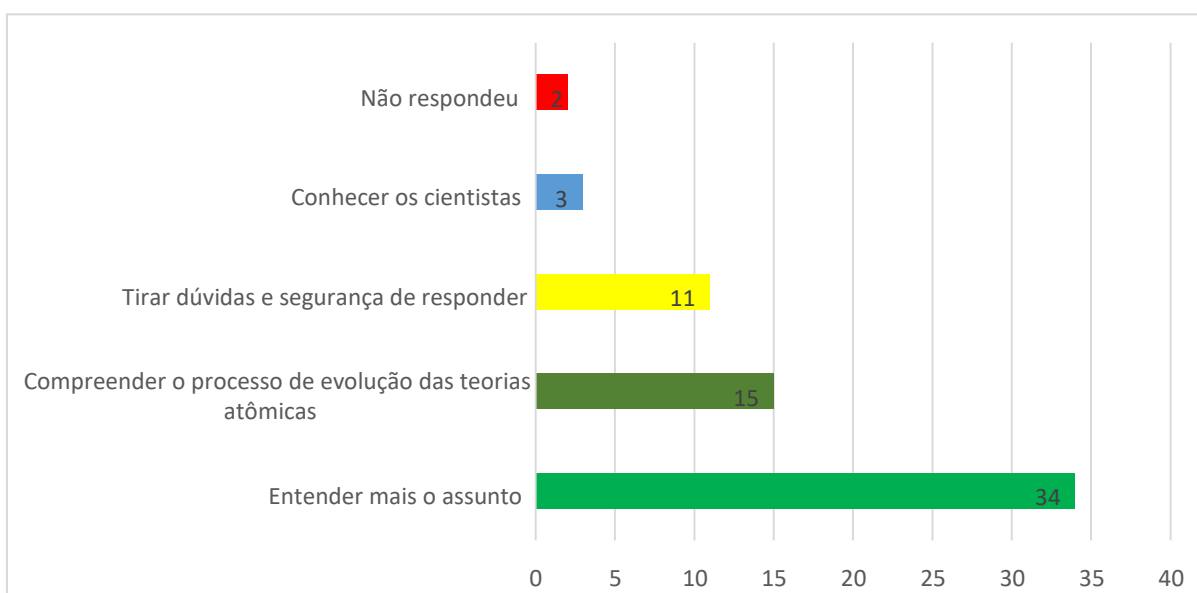
Aluno [C]: “Sim... Seria divertido.”

Tabela 2 – Tabela de descrição da atividade e contribuição para a média de notas

Atividade	Descrição	Média das notas
Modelos atômicos	Aula expositiva com uso de slides e simuladores.	7,2
Teoria do átomo de Bohr	Observação da prática.	9,0
Discussão e reflexão em grupo	Discussão sobre a aplicação do experimento.	8,5
Avaliação final	Avaliação, modelo de Bohr e fluorescência	7,8
Média geral		8,0

Fonte: a autora.

A Tabela 2 resume as atividades aplicadas e as suas respectivas contribuições para a média final dos alunos. O experimento prático teve a maior média de notas (9,0), destacando-se como a atividade que mais favoreceu o aprendizado dos estudantes.

Gráfico 8 – Percepção dos alunos quanto à contribuição para compreensão do conteúdo.

Fonte: a autora.

Na Questão 2, foi perguntado: qual a contribuição na compreensão desse conteúdo? Nesse quesito, 34 alunos responderam entender mais o assunto, 15 compreender o processo de evolução das teorias atômicas, 11 tirar dúvidas e ter segurança ao responder, três alunos conhecer os cientistas; e apenas dois não responderam.

A Questão 3 dizia: você acha que essa forma de ensino pode contribuir de alguma forma em sua aprendizagem? Algumas das respostas dadas pelos discentes foram:

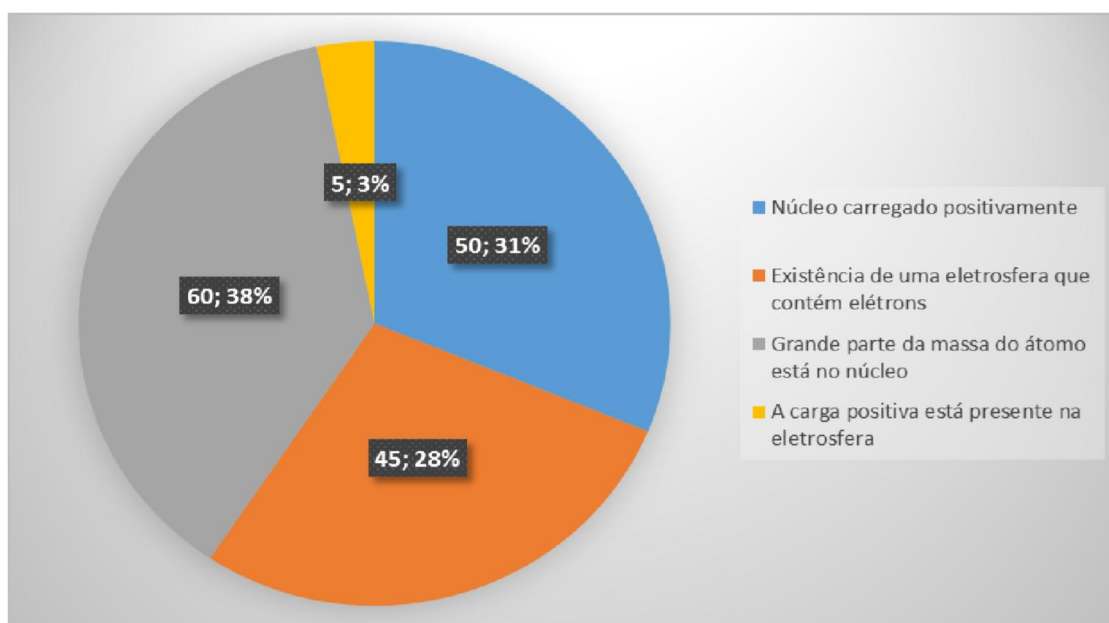
Aluno [5]: “Eu gostei porque é muito legal de se aprender.”

Aluno [8]: “Todas as aulas de Química deveriam ser assim.”

Aluno [35]: “É um modo bem diferente de aprender.”

Já na Questão 4, os alunos foram perguntados novamente a respeito de quais seriam as partículas fundamentais de um átomo. No questionário de sondagem, observou-se que apenas 39% dos alunos teriam conhecimento acerca da existência das três partículas (prótons, nêutrons e elétrons) fundamentais do átomo. Em contrapartida no QF, percebemos que 95% dos discentes afirmaram a existência das três partículas fundamentais e apenas 5% dos alunos afirmaram ser formado apenas de prótons e nêutrons.

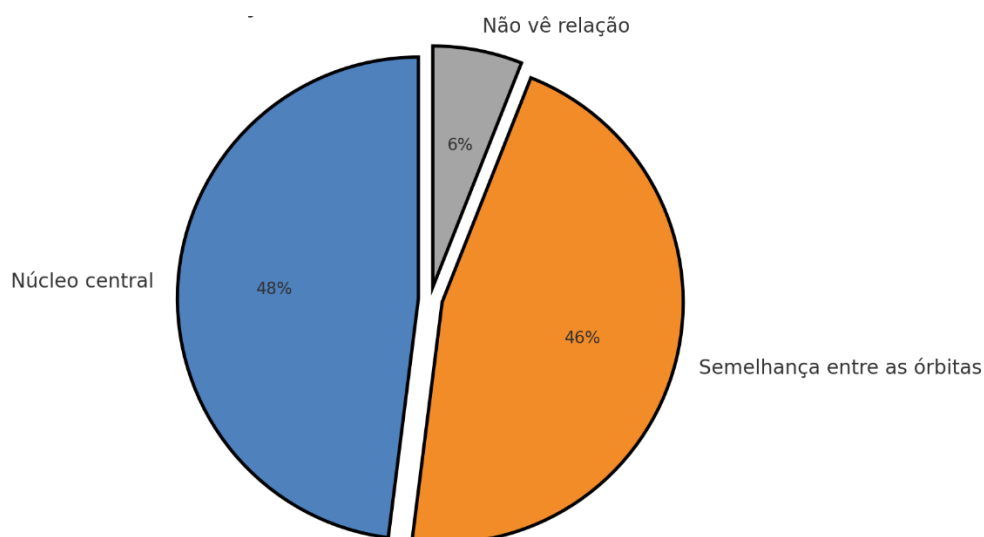
Gráfico 9 – Percepção por parte dos alunos quanto á contribuição de Rutherford para evolução do modelo atômico.



Fonte: a autora.

O Gráfico 9 apresenta um universo de respostas superior a 64, já que os alunos deveriam marcar quais as contribuições de Rutherford para a teoria atômica e mais de uma alternativa poderia ser assinalada. Do total de respostas, observa-se que 31% dos discentes afirmaram que grande parte da massa do átomo está presente no núcleo e que o núcleo é carregado positivamente; 28% responderam: a existência de uma eletrosfera que contém elétrons; e apenas 3% dos alunos afirmaram que a carga positiva está presente na eletrosfera.

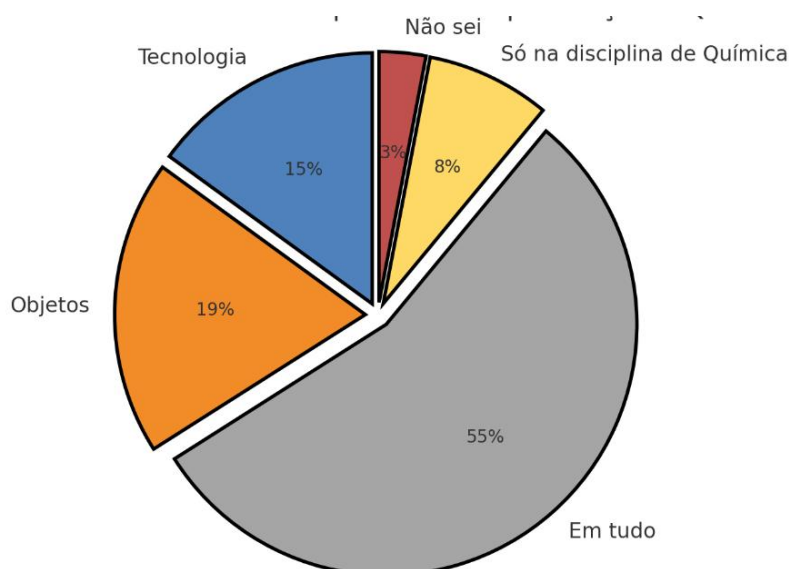
Gráfico 10 – Percepção dos estudantes quanto à analogia entre o modelo atômico de Rutherford e o sistema solar.



Fonte: a autora.

Na Questão 6, quando perguntados sobre a semelhança existente entre o modelo atômico de Rutherford-Bohr e a representação do sistema solar, os discentes responderam: núcleo central (18%), semelhança entre as orbitas dos planetas e os orbitais atômicos (46%) e não vê relação (6%).

Gráfico 11 – Percepção dos alunos quanto à importância do conhecimento do conceito de átomo no cotidiano.



Fonte: a autora.

Na Questão 7, os discentes foram questionados sobre qual seria a relação entre seu dia a dia e o átomo. No total de pesquisados, 55% dos alunos afirmaram que o átomo se relacionava com tudo; 8% disseram que estava presente somente na disciplina de química.

9.4 Sistematização de dados da pesquisa

Os quadros, a seguir, compilam e sistematizam dados analíticos importantes levantados na pesquisa.

Quadro 8 – Integração da problematização, objetivos e competências curriculares

Categoria	Descrição	Referência Curricular	
Problematização	Na busca por responder ao seguinte questionamento: “De que forma incluir significativamente o uso de experimentos nas propostas metodológicas?”, o foco está em estimular o questionamento, o engajamento e a participação dos estudantes.	—	
Objetivos	Através desta SDI, busca-se promover uma investigação sobre o tema Modelos Atômicos, com ênfase	—	

Categoria	Descrição	Referência Curricular	
	nas características do modelo atômico apresentado por Bohr. A proposta visa explicar a Química nos contextos naturais, como fluorescência e emissão de luz, favorecendo a compreensão do conteúdo de forma significativa.		
Compreender a natureza da ciência	Entender que o conhecimento científico é uma construção histórica e dinâmica, essencial para explicar a evolução dos modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr).	Competência de Área 2 – BNCC	
Explicar o modelo atômico de Bohr	Identificar os postulados de Bohr, incluindo os conceitos de níveis de energia quantizados e estabilidade atômica, e compreender sua importância para o avanço da ciência atômica.	Competência Específica 1 – BNCC	

Categoria	Descrição	Referência Curricular	
Analisar o fenômeno do salto quântico	Relacionar a absorção e emissão de energia pelos elétrons (salto quântico) com a formação de luz, como observado nos experimentos com fluorescência.	Competência Específica 1 – BNCC	
Realizar experimentação investigativa	Formular hipóteses, planejar e executar experimentos com fluorescência, utilizando procedimentos de investigação científica (observação, registro e análise de dados).	Competência Específica 3 – BNCC	
Conectar teoria e fenômeno	Articular o modelo de Bohr à observação prática da fluorescência como evidência concreta do comportamento eletrônico.	Competência Específica 5 – BNCC	

Fonte: a autora.

Quadro 9 – Análise das explicações dos participantes após atividade de sistematização e contextualização do conteúdo

Categoria da explicação	Característica e significado	Exemplo de comentário (no contexto de modelos atômicos e fluorescência)
Explicações que permanecem a	O participante repete a explicação inicial ou a	"O marca-texto brilha na luz negra porque tem uma coisa

Categoria da explicação	Característica e significado	Exemplo de comentário (no contexto de modelos atômicos e fluorescência)
mesma (sem evolução)	descrição do fenômeno observada na experimentação, sem incorporar os conceitos discutidos na sistematização ou na contextualização social. Não há apropriação do conhecimento científico ou da relevância social.	nele que faz a cor aparecer. É só isso." (Repetição da descrição sem uso dos termos científicos como salto quântico ou fluorescência).
Explicações com ampliações (evidência de aprendizagem)	O participante demonstra ter incorporado novos conceitos da sistematização e/ou da contextualização social. A explicação inicial é expandida para incluir termos científicos (ex: salto quântico, níveis de energia, fluorescência) e, possivelmente, uma conexão com o contexto social (ex: aplicação em segurança ou pesquisa).	"A fluorescência do marcador não é só uma cor, é o elétron do átomo que volta do nível mais alto para o nível original, liberando a luz. Na água tônica, isso é usado para verificação em laboratório, o que tem relevância para a saúde." (Incorpora termos técnicos e contextualização social).
Explicações sem argumentação (afirmação não sustentada)	O participante faz uma afirmação ou chega a uma conclusão correta ou incorreta, mas não utiliza dados, evidências ou justificativas teóricas discutidas na aula para sustentá-la. A explicação é baseada apenas na opinião ou em fatos isolados.	"A clorofila deixou de brilhar porque ela roubou a energia da luz negra, ponto final." (Afirmação sem a justificativa científica de por que a clorofila "roubaria" a energia – ausência de ligação com níveis de energia ou transferência de fótons).
Explicações com argumentação (ideal)	O participante apresenta a explicação (a tese) e a suporta com justificativas que se baseiam em dados	"Acredito que o boldo cortou o brilho do marca-texto porque, assim como o modelo de Bohr explica o

Categoria da explicação	Característica e significado	Exemplo de comentário (no contexto de modelos atômicos e fluorescência)
	(observações do experimento) e/ou conceitos teóricos (Bohr, Salto Quântico). Há uma estrutura afirmação-evidência-justificativa.	salto, a clorofila (boldo) absorveu a energia UV (evidência), impedindo que ela excitasse o marcador e, por isso, não houve o 'salto quântico' e a liberação de luz visível (justificativa)."

Fonte: a autora.

Quadro 10 – Habilidades avaliadas na sequência de ensino investigativa

Habilidade avaliada	Categoria (prática científica ou argumentativa)	Exemplo na SEI com modelos atômicos e fluorescência
Comunicação de Hipóteses	Argumentação (Justificativa e Previsão) / Comunicação	Os alunos apresentam verbalmente suas expectativas sobre o que fará o marcador florescer e o que fará a fluorescência diminuir, justificando a previsão com base no Modelo Atômico de Bohr.
Manipulação de Variáveis	Investigação / Planejamento Experimental	Os alunos identificam, controlam e variam intencionalmente elementos no experimento, como a concentração do <i>marca-texto</i> , a adição de <i>clorofila</i> (boldo/chicória) ou a substituição por <i>água tônica</i> , para observar o efeito na fluorescência (salto quântico).
Colaboração na Resolução de Problema	Prática Social da Ciência / Interação Discursiva	O grupo divide tarefas (preparar soluções, manipular a luz negra, registrar observações) e negocia qual variável será testada a seguir, buscando juntos a melhor explicação para o fenômeno.

Habilidade avaliada	Categoria (prática científica ou argumentativa)	Exemplo na SEI com modelos atômicos e fluorescência
Argumentação dos Modelos Atômicos de Bohr	Argumentação (Avaliação de Evidências e Conclusão)	Após o experimento, os alunos utilizam os dados observados (ex.: cores da fluorescência e seu desaparecimento) como evidência para sustentar ou refutar o mecanismo do salto quântico e a aplicação do modelo atômico de Bohr.
Interpretação de Fenômenos (implícito)	Alfabetização Científica / Raciocínio Lógico	Os alunos conectam o fenômeno macroscópico da fluorescência e do desaparecimento da cor (fenômeno químico) à teoria microscópica do salto quântico (elétrons que absorvem e emitem energia).

Fonte: a autora.

Quadro 11 – O modelo dos níveis investigativos segundo Banchi e Bell

Nível de investigação	Questão (problema)	Procedimento (método)	Solução (resultado)	Característica principal
1. Aprovação	Professor	Professor	Professor	Os alunos apenas verificam um conceito já ensinado. Uso para prática de habilidades específicas (coleta de dados).
2. Estruturada	Professor	Professor	Estudante	Os alunos seguem um método dado, mas descobrem/geram a explicação (solução) com base nas evidências.
3. Conduzida	Professor	Estudante	Estudante	O professor propõe o problema, e os alunos planejam o método e chegam às

Nível de investigação	Questão (problema)	Procedimento (método)	Solução (resultado)	Característica principal
				conclusões. Maior engajamento no planejamento.
4. Aberta	Estudante	Estudante	Estudante	Os alunos atuam como cientistas: formulando a questão, planejando e concluindo. Máximo grau de autonomia.

Fonte: adaptado de Banchi e Bell (2008).

Quadro 12 – Elementos e categorias de análise segundo Sasseron

Elemento/indicador	Categoria analisada (ação do aluno)	Aplicação (exemplo na SEI)
1. Seriação	Capacidade de ordenar informações (sequenciar eventos ou etapas).	O aluno descreve a ordem correta dos passos do experimento (Ex: 1º: Acender a luz negra; 2º: Inserir o marca-texto; 3º: Adicionar a clorofila).
2. Organização	Capacidade de agrupar, tabelar ou organizar dados de forma coerente.	O aluno constrói uma tabela comparativa com as diferentes soluções (marca-texto, boldo, água tônica) e registra as observações de brilho (Sim/Não/Fraco).
3. Classificação	Capacidade de distinguir e agrupar objetos ou fenômenos com base em critérios.	O aluno separa as substâncias em "Fluorescentes" (marca-texto, água tônica) e "Não Fluorescentes" (clorofila, água

Elemento/indicador	Categoria analisada (ação do aluno)	Aplicação (exemplo na SEI)
		comum), estabelecendo critérios de comparação.

Fonte: a autora.

Quadro 13 – Indicadores relacionados ao raciocínio lógico

Elemento/indicador	Categoria analisada (ação do aluno)	Aplicação (exemplo na SEI)
4. Raciocínio Lógico	Estabelecimento de relações lógicas (causa e efeito, condições).	O aluno conclui: <i>"Se o boldo cortou o brilho, deve haver algo nele que impede a luz de chegar no marcador"</i> (relação lógica, mesmo que a explicação científica do porquê ainda esteja em construção).
5. Raciocínio Proporcional	Uso de relações de grandeza (o quanto algo afeta outra coisa).	O aluno observa: <i>"Quanto mais concentrada a água tônica, mais intenso o brilho, o que sugere que o número de moléculas excitadas é importante."</i>

Fonte: a autora.

Quadro 14 – Indicadores relacionados à argumentação

Elemento/indicador	Categoria analisada (ação do aluno)	Aplicação (exemplo na SEI)
6. Levantamento e Teste de Hipótese	Proposição de uma explicação	O aluno sugere: <i>"Minha hipótese é que a clorofila</i>

Elemento/indicador	Categoria analisada (ação do aluno)	Aplicação (exemplo na SEI)
	provisória para o fenômeno.	<i>absorve a energia UV, por isso não vemos o salto quântico no marcador."</i>
7. Justificativa	Apresentação de razões para sustentar uma ideia, hipótese ou previsão.	O aluno afirma: "A cor azul desaparece (afirmação) porque a energia absorvida é devolvida para a molécula e não liberada como luz visível (justificativa teórica)."
8. Previsão	Declaração sobre o que pode acontecer sob certas condições.	O aluno prevê: "Se adicionarmos gelo à solução, a intensidade da fluorescência deve diminuir , pois a energia seria usada em movimento (cinética) e não liberada como luz."
9. Explicação	Construção da explicação final, estabelecendo relações entre dados e teoria.	O aluno sintetiza: "A fluorescência é causada pelo salto quântico (Modelo de Bohr) porque a luz UV (dado) excita os elétrons, que caem de volta para o nível original, emitindo a cor azul (explicação baseada em dados e teoria)."

Fonte: a autora.

Quadro 15 – Quadro de análise simplificado dos níveis investigativos e da AC

Eixo de análise	Categoria (nível de abertura)	Critério de observação na aula	Ind. de qualidade (Sasseron)	Pont. média (0 a 4)
I. Questão/ Problema	(1) Confirmação ou (2) Estruturada	A questão é fornecida pelo professor e busca apenas ilustrar ou verificar um conceito.	Previsão e/ou Sieriação simples.	
(Autonomia)	(3) Guiada ou (4) Aberta	A questão é formulada pelo aluno ou exige que ele reformule o problema inicial.	Levantamento de Hipótese, Justificativa.	
II. Procedimento	(1) Prescrito	O professor fornece um roteiro passo a passo (o aluno apenas executa).	Organização e Classificação de Informações (simples).	
(Método)	(2) Parcialmente Aberto	Os alunos sugerem ou adaptam variáveis/métodos, mas a estrutura básica é dada.	Raciocínio Lógico (ao decidir como testar as variáveis).	
III. Solução/ Conclusão	(1) Fechada/Teórica	A conclusão já é conhecida; os alunos apenas a repetem ou a confirmam.	Ausência de Justificativa ou Explicação.	
(Resultado)	(2) Aberta/Baseada em Evidência	Os alunos usam os próprios dados para	Justificativa e/ou Explicação	

Eixo de análise	Categoria (nível de abertura)	Critério de observação na aula	Ind. de qualidade (Sasseron)	Pont. média (0 a 4)
		construir uma explicação.	(alta qualidade).	
IV. Qualidade da Argumentação	(3) Descritiva	Os alunos apenas descrevem o que viram ou repetem o conceito.	Seriação, Classificação.	
(Sasseron – Ênfase)	(4) Argumentativa	Os alunos relacionam dados (Evidência) com a teoria (Justificativa) para sustentar a Explicação.	Raciocínio Lógico, Justificativa, Explicação.	

Fonte: a autora.

9.5 Análise de diálogo em aula investigativa

O trecho do diálogo, a seguir, contextualiza-se na prática dos alunos, que, ao adicionarem a solução de clorofila (do boldo ou da chicória) à água tônica ou ao marca-texto, observaram que o brilho azul da fluorescência diminuiu ou cessou.

Quadro 16 – Transcrição de trecho de diálogo

Participante	Fala
Professor (P)	"Muito bem, pessoal. Observamos que a clorofila 'corta' o brilho. O que isso nos diz sobre a energia da luz negra e o que está acontecendo com os elétrons do marcador? Por que o brilho desaparece?"
Aluno A	"A clorofila é mais forte. Ela fica com a luz."
Aluno B	"É porque a clorofila tem uma cor escura, então ela suga toda a luz. É tipo um buraco negro."

Aluno C	"Não é só isso. Lembrem do modelo de Bohr. A luz negra é energia para o salto quântico. A clorofila deve estar absorvendo a energia antes do marcador. Se a clorofila absorve essa energia, não sobra para o marcador brilhar."
Professor (P)	"Excelente, C! Mas por que você diz que ela 'deve estar absorvendo' essa energia? O que a clorofila tem que faz isso?"
Aluno C	"Bom, no experimento, vimos que o marcador perdeu a energia (evidência). E a gente sabe que todo átomo tem elétrons. Então, a clorofila tem elétrons que são excitados antes dos elétrons do marcador. Ela compete pela energia. Ela justifica a diminuição do brilho."

Fonte: a autora.

Quadro 17 – Aplicação dos indicadores de alfabetização científica (Sasseron)

Indicador (Sasseron)	Ocorrência (Sim/Não)	Análise Qualitativa da Fala	Nível de Profundidade
Raciocínio Lógico (Grupo 2)	Sim (Aluno B, Aluno C)	Aluno B tenta estabelecer uma relação lógica (<i>cor escura > suga a luz</i>), mas de forma intuitiva e sem base científica. Aluno C estabelece a relação correta de <i>competição</i> pela energia.	Médio (Busca uma causa)
Justificativa (Grupo 3)	Sim (Aluno C)	O Aluno C justifica sua tese (clorofila absorve) usando a teoria do Modelo de Bohr/salto quântico como base: "A luz negra é energia para o salto quântico."	Alto (Usa a teoria como suporte)
Explicação (Grupo 3)	Sim (Aluno C)	O Aluno C constrói uma explicação que conecta a	Alto (Relação completa)

Indicador (Sasseron)	Ocorrência (Sim/Não)	Análise Qualitativa da Fala	Nível de Profundidade
		evidência (<i>marcador perdeu energia</i>) ao conceito teórico (<i>électrons são excitados antes</i>).	
Organização/ Classificação (Grupo 1)	Não (Implícito no experimento)	Não ocorre no diálogo, mas a habilidade de classificar a clorofila como um 'competidor' na reação está subentendida na conclusão de C.	Não Aplicável (à fala)
Nível Investigativo (Banchi; Bell, 2008)	Nível 3 (Guiada)	O professor forneceu a Questão ("Por que o brilho desaparece?") e o Procedimento (o experimento já estava feito), mas exigiu que o aluno fornecesse a Solução/Explicação , elevando o nível de autonomia cognitiva.	Nível 3 (Guiada)

Fonte: a autora.

9.6 Análise do exemplo concreto: planejamento experimental

Após a observação da fluorescência do marca-texto/água tônica pela turma, a professora lança o desafio: **"como podemos testar se a clorofila (boldo/chicória) interfere na fluorescência? Qual a melhor maneira de provar isso?"**

Quadro 18 – Análise dos indicadores de alfabetização científica (Sasseron)

Eixo de análise	Categoria (nível de abertura)	Trecho da interação ou ação observada	Indicadores de qualidade (Sasseron)	Nível de profundidade
I. Questão/ Problema	(3) Guiada	Professor: "Como podemos testar a interferência da clorofila?" (Questão fornecida pelo professor, mas aberta ao procedimento).	Levantamento e Teste de Hipótese.	Nível 3
II. Procedimento	(2) Parcialmente Aberto	Aluno A: "Temos que fazer dois copos: um só com o marcador e outro com o marcador e a clorofila. Se os dois brilharem diferente, a clorofila interfere."	Organização (do método), Seriação (dos passos).	Nível 2-3
(Método)	(3) Guiada	Aluno B: "Mas temos que usar a mesma	Raciocínio Lógico (Controle de variáveis).	Nível 3

Eixo de análise	Categoria (nível de abertura)	Trecho da interação ou ação observada	Indicadores de qualidade (Sasseron)	Nível de profundidade
		quantidade de marcador nos dois copos, se não, não é justo! E a mesma quantidade de água!"		
III. Solução/Conclusão	(2) Aberta/Baseada em Evidência	A conclusão ainda não foi alcançada, mas o processo exige que a explicação seja construída a partir da comparação dos dois copos.	Previsão, Justificativa (futura).	Nível 4 (Potencial)
IV. Qualidade da Argumentação	(4) Argumentativa (Potencial)	A fala do Aluno B justifica a necessidade do controle: "Se não, não é justo!" (Justificativa para a validade do procedimento, essencial na ciência).	Justificativa (do método), Raciocínio Lógico.	Alto

Fonte: a autora.

A autonomia do aluno não é total — o problema foi dado —, mas é alta, pois eles estão ativamente planejando o método de teste.

O estudo desenvolvido com o uso desse quadro ajuda a professora a perceber que, ao fazer a pergunta certa, ela move a aula de uma simples demonstração para um momento em que os alunos exercem a prática científica de planejar e controlar variáveis.

9.7 Os modelos atômicos e o cotidiano

Na tentativa de fazer com que os estudantes desenvolvessem um pensamento crítico e criassem relações entre a química e os fatos do cotidiano, eles foram desafiados a resolver algumas situações-problemas ligadas à estrutura da matéria. Os problemas estavam relacionados a diferentes tópicos, tais como: as cores dos fogos de artifício, os letreiros luminosos de neônio, as pulseiras de neon e os esmaltes fluorescentes. Assim sendo assim, os conceitos abordados nos livros didáticos e a pesquisa na sala de informática, usada como meio para consulta, deveriam auxiliar os alunos na solução dos questionamentos.

Analisando as respostas, alguns alunos, cerca de 20, conseguiram apontar a relação entre os modelos atômicos e alguns fatos presentes em seu cotidiano, além de proporem explicações baseadas na teoria atômica para, pelo menos, um dos fenômenos apresentados anteriormente. Desses 20 estudantes, quatro mencionam o modelo atômico de Thomson, 13 o modelo de Rutherford e três o modelo proposto por Bohr. Alguns relatos são apresentados a seguir:

Estudante 1: Eu sabia que os fogos de artifício são feitos de pólvora e algum corante. Mas durante minha pesquisa nos livros, fiquei sabendo que as cores dos fogos de artifício na verdade, são resultado dos saltos dos elétrons de diferentes metais. Dependendo do metal, a cor será diferente. Isso é explicado pelo modelo de Bohr, da absorção e emissão de energia.

Estudante 14: Aquelas luzes meio amarelas que ficam nos postes das ruas tem um gás dentro, tipo a lâmpada fluorescente. Esse gás, formado por átomos que tem elétrons, recebe um choque (corrente elétrica) e libera luz. Quem explica isso é a teoria do Bohr, encontrei essa informação.

Estudante 20: No livro que eu peguei, ele traz as lâmpadas coloridas de neônio com a explicação do salto do elétron, que é do modelo atômico de Bohr. Mas eu fiquei em dúvida, porque para mim o (modelo) de Rutherford não tá errado, o elétron pode “salta” nele também.

Estudante 26: Eu sei que o que acontece na TV de tubo tem a ver com o modelo atômico de Thomson. O professor de Física um dia explicou sobre uns raios (catódicos) que “batem” na tela e daí fica luminoso. A relação com o modelo de Thomson é por causa do “raio” e não por causa do pudim de passas que a professora falou.

As respostas dos estudantes, com o auxílio das fontes de pesquisa, conseguem expressar algumas ideias, relacionando os fatos apresentados com as teorias atômicas. O relato do Estudante 1 evidencia que a utilização dos meios de consulta o auxiliou a adquirir novas informações sobre os fogos de artifício, além de complementar os conhecimentos em relação à composição deles. Os livros didáticos também contribuíram para que o Estudante 14 conseguisse relacionar o funcionamento das lâmpadas de sódio, utilizadas na iluminação pública, com o modelo atômico de Bohr, apesar de seu relato apresentar alguns erros conceituais.

Destaca-se, também, a resposta do Estudante 20, que, a partir de sua pesquisa, encontrou no modelo atômico de Bohr a explicação para os letreiros luminosos de neônio. Entretanto, esse mesmo estudante não apresenta convicção na explicação encontrada no livro e sugere que o modelo de Rutherford também pode ser utilizado para explicar o salto quântico do elétron. Acreditamos que essa confusão se deve ao fato de que ambos os modelos mencionam a presença de elétrons, na eletrosfera, “girando” ao redor do núcleo, porém, o modelo de Bohr introduz a ideia de que essa eletrosfera seja formada por níveis ou camadas circulares, diferentemente do modelo de Rutherford, também conhecido como modelo planetário, por sua semelhança ao sistema solar. Ressalta-se, ainda, que em muitos livros didáticos, o modelo de Bohr aparece apenas como um aperfeiçoamento do modelo de Rutherford.

Por fim, o Estudante 26, ao tentar explicar como os televisores de tubo funcionam, utiliza conhecimentos adquiridos durante as aulas de física e química. Dessa forma, ele relaciona as explicações do professor de física para justificar a relação entre as televisões de tubo e o modelo atômico de Thomson. Além disso, deixa claro que a explicação para o fenômeno está relacionada aos

raios catódicos mencionados por Thomson, e não pela representação de seu modelo, ou seja, o “pudim de passas”.

Os demais estudantes, um total de 17, apresentam ideias mais gerais sobre as situações problemas, sem mencionarem o modelo atômico específico que as fundamentam, ou ideias confusas e, muitas vezes, equivocadas. Isso pode ser observado nos relatos dos alunos a seguir:

Estudante: Infelizmente não encontrei nenhuma explicação nos livros sobre as pulseirinhas de neon, eu as conheço e acredito que não contenham apenas neon em sua composição.

Estudante: Os fogos de artifício são feitos de pólvora e átomos de elementos químicos que geram a explosão e produzem as cores. Eu peguei um uma vez, mas nunca olhei dentro para ver se tem tudo isso lá dentro.

Estudante: Só sei que bato na pulseirinha pra ela brilhar. Acho que tem um gel especial lá dentro que precisa ser batido pra ela ficar neon.

Estudante: Acho que as pulseiras de neon funcionam como os letreiros de neon, senão não tinha esse nome.

Tais ideias, mesmo que não embasadas em teorias científicas vistas em sala de aula, são importantes, já que demonstram como os estudantes decodificam o mundo a partir dos conhecimentos que possuem. Os relatos dos estudantes evidenciam que, apesar de não encontrarem uma explicação que relacionasse o fenômeno com os conceitos químicos, eles conseguem, dentro do seu próprio modo de ver o mundo e partindo de suas vivências, apontar algumas observações.

O fenômeno de emissão de luz é discutido de diferentes maneiras pelos estudantes. Em sua resposta, um dos estudantes menciona que, durante sua pesquisa, não encontrou nos livros didáticos tópicos que abordassem esse fenômeno, tal fato não foi obstáculo para que ele argumentasse sobre a composição das pulseiras. Outro estudante sugere que a composição das pulseiras encontradas em festas seja a mesma dos letreiros de neon. Essa confusão se deve tanto pela influência da denominação incorreta dada pelo mercado brasileiro às pulseiras, quanto pela semelhança devido à emissão de luz por ambos os objetos.

O Estudante 22 é enfático em seu relato, ao pôr em dúvida a relação entre os esmaltes fluorescentes e a estrutura da matéria: “eu já usei esmalte

fluorescente para ir a uma festa. Não sei como o átomo tem a ver com isso se para o brilho do esmalte aparecer, só precisa de luz negra”.

De maneira geral, os questionamentos levantados, os conhecimentos prévios dos estudantes e a busca por informações nos livros didáticos contribuíram para que eles conseguissem compreender e resolver situações-problemas relacionadas a fenômenos do cotidiano. Tanto os desafios novos quanto aqueles já conhecidos foram interpretados a partir do que os alunos já sabiam. Essas ideias iniciais, conforme destaca Zylbersztajn (1983), precisam ser reconhecidas, valorizadas e trabalhadas pelo professor, pois constituem o ponto de partida para a construção de novos conhecimentos pelos estudantes.

É preciso, portanto, questionar constantemente os conhecimentos trazidos pelos estudantes de suas vivências. Essas noções iniciais nem sempre são um obstáculo à aprendizagem, na verdade, podem auxiliar na identificação de possíveis conceitos alternativos que ainda fazem parte de suas construções mentais.

9.8 Análise e discussão da intervenção — “ligando a luz: excitando os elétrons”

Tendo em vista que a emissão de luz por diferentes materiais e objetos está relacionada ao modelo de Bohr, desenvolveu-se esta atividade experimental para que os estudantes visualizassem os fenômenos de fluorescência. Após a realização do experimento, foi solicitado aos estudantes que respondessem o questionário utilizando as palavras que estavam em um quadro, presente no roteiro que haviam recebido no início da intervenção.

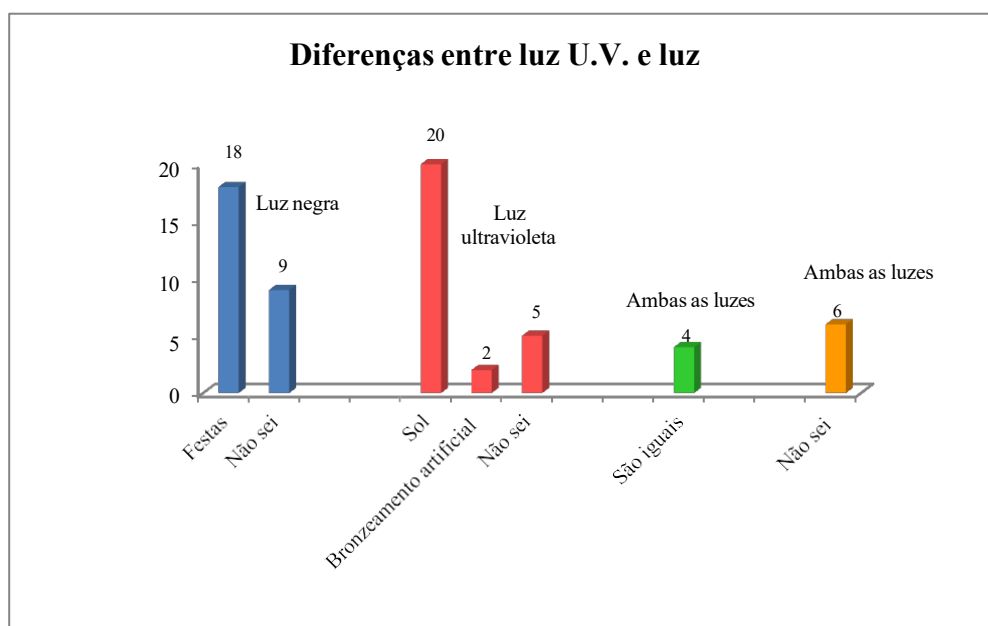
9.9 Ideias dos alunos em relação à luz negra e ultravioleta

Antes da realização da atividade experimental, foi apresentado aos alunos todo o material que seria utilizado no desenvolvimento do experimento, inclusive a lâmpada empregada para verificar a fluorescência de alguns objetos. Nessa ocasião, a lâmpada utilizada era a luz negra. A partir dessa informação, os estudantes foram questionados em relação ao emprego e à diferença

existente entre os dois tipos de lâmpadas. Com base em seus conhecimentos, os alunos apontaram algumas diferenças entre as duas lâmpadas.

Em relação à luz negra, 18 estudantes disseram conhecê-la das festas e das baladas que costumam frequentar, porém, nove alunos disseram não souberam expressar significado da expressão luz negra. Já sobre a luz ultravioleta, verificou-se que 20 estudantes relacionam esse tipo de radiação com a luz do Sol, dois alunos citaram o bronzamento artificial e apenas cinco disseram não saber. Porém, quatro estudantes alegaram que não há diferença entre as duas lâmpadas, dizendo que ambas são a “mesma coisa”, e seis estudantes alegaram não possuir conhecimentos sobre o uso e a diferença entre ambas as luzes.

Gráfico 12 – Diferenças apontadas pelos estudantes em relação à luz negra e ultravioleta



Fonte: a autora.

Alguns relatos dos estudantes corroboram as observações:

Estudante 1: A luz negra, é encontrada em festas, ela realça as roupas de cores mais claras como o branco, por exemplo, mas não sei dizer por que isso acontece. A luz ultravioleta tem relação com o sol.

Estudante 5: A luz negra e a ultravioleta são iguais, são encontradas em festas, e deixam as superfícies brancas com uma cor azul, meio roxa.

Estudante 15: Já tive experiência com a luz negra e minha roupa branca. A luz ultravioleta eu já ouvi falar, é a das camas do bronzeamento.

Estudante 37: Já ouvi falar, mas não sei nada sobre nem para que servem.

As respostas dadas pelos estudantes evidenciam que eles buscam associar o assunto em discussão, nesse caso, os dois tipos de lâmpadas, com situações já vivenciadas, na tentativa de justificar a resposta dada para o desafio apresentado.

9.10 Produção de texto

A segunda parte da intervenção “Ligando a luz: excitando os elétrons” consistia na verificação da emissão de luz, por fluorescência, de soluções com o uso da lâmpada ultravioleta. Optou-se por materiais que de uma forma ou outra estão presentes na vida dos alunos, na tentativa de aproximar suas vivências aos conceitos envolvidos no entendimento do modelo atômico de Bohr. Dessa forma, conforme Pazinato (2012, p. 97), “promover a contextualização pode auxiliar os estudantes na compreensão dos conteúdos curriculares dando significado ao conhecimento, permitindo-os a interpretação de fatos cotidianos por meio dos conceitos aprendidos na escola”.

A fim de contribuir para que essa atividade experimental auxiliasse os estudantes na compreensão dos conceitos químicos, foi pedido a eles que produzissem um texto, após a participação na atividade, utilizando as seguintes palavras: absorção, átomo, Bohr, cor, elétron, energia, liberação, luz, molécula, salto e ultravioleta. Alguns textos produzidos pelos estudantes são apresentados a seguir:

Estudante 1: Vimos que, por exemplo, quando a água tônica entra em contato com a luz ultravioleta, os elétrons de um composto seu são excitados e ao retornarem para suas camadas de origem eles liberam energia na forma de luz, nesse caso a luz azul claro.

Estudante 5: Vimos que a cor muda quando observamos ele na luz branca (do sol e da lâmpada) e na luz ultravioleta. Isso se explica pela excitação dos elétrons dos materiais analisados devido a energia da luz.

Estudante 6: Quando foi colocado a solução da clorofila sob a luz vimos que ela “passou” de verde para vermelho. Isso pode ser explicado pelo modelo de Bohr por causa do salto do elétron. Só fiquei me perguntando uma coisa, como é que pode a teoria de Bohr ser tão antiga e servir ainda hoje para explicar as cores que vimos no experimento.

Estudante 8: Com essa atividade pude observar como as cores das “coisas” mudaram quando elas foram colocadas na luz ultravioleta, pensamos que é uma cor, mas com o auxílio dela (luz ultravioleta) ficou bem diferente. Um exemplo que me chamou a atenção foi o jaleco da professora, a mãe dela tinha lavado o jaleco com sabão em pó, que tem branqueador, por isso a gente enxergava um azul intenso quando a professora colocava a luz no jaleco.

Estudante 15: Durante a atividade eu aprendi a diferença entre as luzes negra e ultravioleta. Também aprendi que a cor “forte” do marca texto está relacionada com a fluorescência e o brilho do interruptor depois que a luz apaga é explicado pela fosforescência. Os dois casos estão relacionados com o modelo de Bohr, a diferença está no tempo que demora o brilho depois de apagar a luz.

A análise dos relatos mostrou que os estudantes recorreram aos termos apresentados no quadro de apoio para descrever o que observaram durante o experimento. Muitos demonstraram surpresa ao perceber que determinados objetos e soluções mudavam de cor quando expostos à luz ultravioleta. O relato do Estudante 6 chama a atenção para a relevância de discutir, em sala de aula, o caráter dinâmico da ciência e a evolução dos conhecimentos científicos, compreendidos como construções que se transformam ao longo do tempo. Embora a teoria proposta por Bohr tenha sido apresentada à comunidade científica em 1913 e posteriormente superada por modelos mais recentes, ela continua sendo utilizada para explicar diversos fenômenos observados no cotidiano.

Quanto ao uso da linguagem científica, observou-se que o Estudante 1 foi o único a empregar o termo “camada” para indicar a região em que ocorre o salto do elétron, além de reconhecer que os elétrons excitados fazem parte de um composto presente na água tônica. O Estudante 15, por sua vez, apresentou uma explicação mais detalhada ao utilizar corretamente os termos “fluorescência” e “fosforescência” para descrever, respectivamente, o comportamento das canetas marca-texto e do interruptor de luz.

A capacidade de produzir registros orais ou escritos para descrever, analisar e organizar fenômenos, experimentos e situações investigadas constitui uma competência fundamental no ensino de ciências.

9.11 Análise e discussão da intervenção — “encerramento das atividades”

Inúmeras foram as opiniões e os comentários elaborados pelos estudantes sobre sua participação neste trabalho, após um período de aproximadamente três meses. Analisando os relatos, fica evidente a satisfação da turma em participar desta pesquisa, conforme alguns textos apresentados a seguir:

Estudante L: Eu simplesmente adorei todas as aulas. A professora nos possibilitou aproximar a teoria com nosso dia a dia. Só tenho a agradecer a professora pelas aulas diversificadas, não queria que acabassem.

Estudante W: Eu gostei de tudo. A cada aula me surpreendia mais. Adorei, a fluorescência. Tudo muito mágico, com a explicação da Química. Minha sugestão é que a escola deveria ter mais trabalhos assim e em todas as disciplinas. Parabéns para a professora, ótimo trabalho, vou sentir muita falta dela.

Estudante M: No início, eu achei meio estranho ter duas professoras de Química, “dando” a teoria e prática. Mas logo depois eu entendi qual era o objetivo do trabalho. Durante esses meses participamos de muitas atividades experimentais, eu achei muito legal a forma como a professora apresentava a teoria, não era tão chato como em sala de aula.

Estudante N: Sinceramente eu esperava ansiosamente para que o dia da aula no laboratório chegasse, pois sabia que as aulas seriam diferentes daquelas que a gente estava acostumada a ter. Essas aulas fizeram com que eu conseguisse relacionar melhor o conteúdo de modelos com as coisas ao meu redor. Outra coisa que eu gostei foi ver que a professora realizou vários experimentos todos eles relacionados com o modelo atômico de Bohr.

Estudante E: Percebi que é possível entender a Química através de experiências, mesmo se tratando do átomo. Achei que como a gente não consegue ver ele não teria alguma experiência que pudesse ser feita para mostrar os fenômenos que ele explica.

Pelos relatos dos estudantes, percebe-se que as diferentes intervenções desenvolvidas durante esta pesquisa possibilitaram a eles relacionar os conceitos químicos aprendidos em sala de aula com os fenômenos presentes em seu cotidiano. Além disso, auxiliaram-nos para que, a partir de suas observações, discussões, interpretações e ideias, formassem suas próprias relações entre o macroscópico e o microscópico.

Essas implicações são importantes para que os educadores repensem sua forma de trabalhar em sala de aula, proporcionando aos estudantes aulas diferenciadas na tentativa de que eles consigam identificar e relacionar a química como parte integrante de suas vidas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada nesta dissertação partiu do estudo de um tema específico, ou seja, o modelo atômico de Bohr. Com base nesse assunto e de acordo com os pressupostos de uma pesquisa qualitativa, o estudo teve como foco desenvolver atividades experimentais na tentativa de auxiliar os estudantes na construção, na visualização e na aplicação dos conhecimentos que envolvem a teoria atômica, em específico, o modelo atômico de Bohr.

O objetivo foi investigar a eficácia da abordagem histórica de experimentos práticos no ensino dos modelos atômicos, com foco particular na fluorescência e no modelo de Bohr, visando a uma aprendizagem mais significativa e engajadora em química. Os resultados demonstram que a integração dessas metodologias ativas, como a experimentação e a discussão investigativa, impacta positivamente a compreensão conceitual e o interesse dos alunos.

Para que isso aconteça, é necessária a elaboração e a inserção de estratégias de ensino que envolvam o assunto em estudo e, principalmente, leve em consideração as ideias iniciais apresentadas pelos estudantes. Além disso, é importante que essas ideias estejam em sintonia com as novas informações obtidas na tentativa de contribuir para a compreensão e a visualização de entidades macroscópicas e microscópicas, envolvidas no entendimento do estudo da estrutura da matéria.

Esse processo precisa ser conduzido pelo professor, que tem o papel de criar momentos em sala de aula para que os alunos expressem o que pensam e compreendam os conteúdos estudados. Ao fazer isso, o docente consegue acompanhar como as ideias dos estudantes evoluem ao longo das atividades e pode identificar quando novos conhecimentos estão sendo construídos. Considerando que cada aluno inicia a aprendizagem com concepções diferentes e que esse desenvolvimento acontece de forma individual, é fundamental que o professor utilize variadas estratégias de ensino. Dessa maneira, torna-se possível favorecer uma aprendizagem mais significativa, garantindo que todos os estudantes tenham oportunidades de desenvolver as competências e as habilidades propostas.

A análise da evolução histórica da estrutura atômica revelou-se fundamental para que os estudantes percebessem a ciência como um processo dinâmico e cumulativo, e não como um conjunto de verdades absolutas. A exposição aos diferentes modelos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr) contextualizou as descobertas científicas e as suas rupturas, permitindo uma compreensão mais profunda da construção do conhecimento.

A realização da experiência prática de fluorescência, pautada no modelo atômico de Bohr, foi um ponto crucial. O relato dos alunos e a análise dos questionários pré e pós-atividade indicam um aumento significativo no engajamento e na clareza dos conceitos abstratos, como transições eletrônicas e níveis de energia. A possibilidade de visualizar fenômenos que antes eram apenas teóricos, como o salto quântico eletrônico traduzido na emissão de luz fluorescente, transformou a percepção dos alunos sobre a química, tornando-a mais relevante e menos intimidadora. A maior parte dos alunos passou a considerar a disciplina mais interessante e menos difícil após a vivência prática, evidenciando o potencial motivacional das metodologias investigativas.

Adicionalmente, a pesquisa revelou que a interação colaborativa entre os alunos durante as atividades práticas contribuiu não apenas para a construção do conhecimento científico, mas também para o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe e comunicação. As respostas dos alunos reforçam a importância de abordagens pedagógicas que estimulem a curiosidade e a autonomia, afastando-se do ensino meramente expositivo.

Considerando que o objetivo da presente pesquisa foi elaborar e aplicar uma sequência didática para o conteúdo de modelos atômicos, focando no modelo de Bohr e com uso da experimentação investigativa, buscou-se responder à problematização: “de que forma as atividades experimentais investigativas contribuem no processo de ensino e aprendizagem para os educandos no ensino do átomo?” Ao mesmo tempo, coube tecer algumas considerações a respeito dos desdobramentos e das reflexões ocorridos no percurso, assim como das perspectivas advindas da pesquisa.

Inicialmente, é preciso considerar acerca das respostas dos questionários aplicados aos sujeitos da pesquisa, os quais admitiram ter dificuldades na compreensão dos conteúdos da componente curricular de

química, mas que estes mesmos conteúdos são essenciais no cotidiano da sociedade atual, sendo possível transformá-la. Nesse contexto, os educandos, a partir das atividades experimentais investigativas, concordaram que esse recurso facilitou a compreensão do tema central, pois envolveu práticas das quais eles participaram ativamente.

Com a realização deste estudo, foi possível evidenciar algumas dificuldades sobre o processo de ensino e aprendizagem voltados aos conceitos básicos de todos os modelos atômicos, centralizando apenas o de Bohr, principalmente, no que tange às explicações que requerem um entendimento da fluorescência e do salto quântico. Em contrapartida, observou-se que a produção e aplicação de um material didático voltado para o professor de química facilitou a compreensão do aluno nos conceitos, visto que este material apresenta um formato experimental investigativo, que colocou os alunos de forma ativa diante de situações-problema nas quais eles podiam usar os conhecimentos teóricos e a criatividade para propor suas próprias hipóteses, argumentações e explicações, desse modo, enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem.

Um aspecto relevante analisado na pesquisa foi a forma como os estudantes compreendem a estrutura atômica. A partir dessa investigação, foi possível identificar a diversidade de ideias que os alunos possuem sobre o tema, bem como algumas dificuldades recorrentes. Embora muitos demonstrem noções básicas sobre o átomo, observou-se que grande parte deles apresenta dificuldades em relacionar esse conceito com situações do cotidiano. A análise desses dados, juntamente a outros resultados obtidos ao longo do estudo, orientou a elaboração de atividades experimentais e de modelagem com o objetivo de favorecer a aprendizagem do modelo atômico de Bohr.

No que se refere às atividades experimentais, Cachapuz, Praia e Jorge (2004) destacam que ainda existem estudantes que concluem a escolaridade obrigatória sem participar de experiências em ciências. Apesar de essa constatação ter sido feita há alguns anos, percebe-se que essa realidade ainda permanece em muitas escolas. Diversos fatores são apontados para justificar a ausência dessas práticas, contudo, observa-se, atualmente, um esforço dos professores em buscar estratégias que aproximem os conceitos químicos da realidade dos estudantes. Com a intenção de contribuir para essa

mudança, foram desenvolvidas, neste trabalho, quatro atividades experimentais, organizadas em três momentos de intervenção pedagógica.

As atividades propostas possibilitaram a contextualização da teoria atômica de Bohr e favoreceram o desenvolvimento de diferentes habilidades nos estudantes, como a observação, a investigação, a elaboração de hipóteses e a compreensão dos diferentes níveis de representação da química. Essas práticas foram conduzidas tanto de forma demonstrativa quanto investigativa. A primeira atividade teve como foco estimular a capacidade de observação dos alunos, enquanto a segunda priorizou o desenvolvimento do pensamento investigativo e da organização do trabalho em grupo. Para avaliar a contribuição dessas atividades no ensino do modelo atômico de Bohr, foram analisados diferentes registros produzidos pelos estudantes, como textos, exercícios, relatórios, desenhos e esquemas. Os resultados indicam que a articulação entre conceitos químicos e atividades experimentais favorece a compreensão da estrutura da matéria e auxilia os estudantes a reconhecerem a presença da química nos fenômenos do cotidiano.

Considera-se que as atividades propostas, nesta dissertação, podem servir como estratégias didáticas para o ensino do modelo atômico de Bohr, contribuindo de forma significativa para a aprendizagem em química. Para que isso ocorra, é fundamental que os educadores assumam o compromisso de aproximar os conceitos químicos relacionados ao estudo do átomo de situações presentes no cotidiano dos estudantes, tornando o ensino mais significativo e contextualizado.

Nessa perspectiva, a utilização de atividades experimentais investigativas proporcionou um espaço para a discussão e o diálogo entre os educandos e o educador acerca dos resultados obtidos a partir dessas atividades, as quais, através dessa troca de experiências, oportunizam espaço para os aprofundamentos conceituais que tendem a contribuir para o ensino de química.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, M. P. S.; RAIMUNDO, D. S.; TORRES, K. F. A. (org.). **Narrativas sobre o ensino de ciências: eixo vida**. Curitiba: CRV, 2022. (Coleção ciência é 10, v. 4).
- ALMEIDA, E. C. S. *et al.* Contextualização do ensino de química: motivando alunos de ensino médio. *In: ENCONTRO DE EXTENSÃO*, 10., 2008, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: UFPB – Universidade Federal da Paraíba, 2008.
- AMARAL, J. S. Atividades práticas e desenvolvimento de competências em química: uma abordagem pedagógica. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, p. 45-62, 2019.
- ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3. ed. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- AZEVEDO, M. C. S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Cengage Learning, 2016. p. 19-33.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BANCHI, H; BELL, R. The Many Levels of Inquiry. **Science and Children**, v. 46, n. 2, p. 26-29, 2008.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BASTOS, K. da L. **Uma sequência didática para o ensino do modelo padrão**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) – Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. **Base nacional comum curricular: educação é a base**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2017.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico**. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.
- CAPECCHI, M. C. V. de M. **Problematização no ensino de ciências**. *In: CARVALHO, A. M. P. de. (org.). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de *et al.* **Ciência no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 2009.
- CARVALHO, A. M. P. de. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- COSTA, G. L. G. **As atividades práticas no ensino de ciências: estudo de material didático e perspectivas de professores**. 2016. Trabalho de conclusão de curso

(Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

EICHLER, M.; DEL PINO, J. C. **Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica**. Química Nova, v. 23, n. 6, p. 835-840, 2000.

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

GLEISER, M. **A dança do universo: dos mitos de criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. de. **Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo**. Ciências & Cognição, v. 12, n. 1, p. 96-109, 2007.

HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003.

JAIME, D. M.; LEONEL, A. A. **Uso de simuladores em sala de aula: um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 46, n. 1, p. e20230309, 2010.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R.; HOLUBEC, E. **Cooperation in the classroom**. 7. ed. Edina, MN: Interaction Book Co, 1998.

KENSKI, V. M. As muitas tecnologias e as muitas formas de comunidades de aprendizagem. In: SANTOS, L. L. et al. (org.). **Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010. p. 214-229.

KNOBEL, M. **Partículas finas: superparamagnetismo e magnetoresistência gigante**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 3, p. 387-395, 2000.

KOTZ, J. C. et al. **Química geral e reações químicas**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

KRASILCHIK, M. **Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LIBÂNEO, J. C. **Organização e gestão da escola**. 5. ed. Goiânia: Alternativa, 2004. v. 1.

LIMA, A. C. **Atividades práticas em química e o desenvolvimento de competências socioemocionais**. Educação em Foco, v. 23, n. 2, p. 189-207, 2018.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. Ensaio, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, 2001.

LOTTERMANN, C. L.; ZANON, L. B. **A inserção da química no ensino de ciências naturais**. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA**, 16., 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: UFBA – Universidade Federal da Bahia, 2012.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MALDANER, O. A.; ZANON, L. B; AUTH, M. A. **A pesquisa sobre educação em ciências e formação de professores**. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007. p. 49-88.

MARCHESI, M. Q.; CUSTÓDIO, R. Evolução histórica dos modelos atômicos. **Revista Chemkeys**, v. 5, n. 1, p. e023003, 2023.

MARCONDES, M. E. R. **Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania**. Em Extensão, Uberlândia, v. 7, n. 1, p. 67-77, 2008.

MARQUES, D. M. **As investigações de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria: contribuições para o ensino de química**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. **Ensino de química e história da ciência: o modelo atômico de Rutherford**. In: ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: ENPEC, 2003.

MARTINS, E. R. Relatório de estágio supervisionado em docência de química. Manaus: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, 2023.

MENDES, R. O modelo atômico de Bohr e a revolução na compreensão da estrutura atômica. **Revista de Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 123-145, 2010.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 3. ed. rev. aum. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

NARDI, R. **Experimentação no ensino de química**: conceitos, tendências e contribuições. São Paulo: Edusp, 2015.

NUSSZENVEIG, H. M. **Curso de física básica**: ótica e termodinâmica. São Paulo: Blücher, 2018. v. 4.

OLIVEIRA, M. L. Atividades práticas em química: contribuições para a redução do medo e aumento da confiança dos alunos. **Educação em Perspectiva**, v. 12, n. 2, p. 110-126, 2021.

OLIVEIRA, S. F. *et al.* Softwares de simulação no ensino de atomística: experiências computacionais para evidenciar micromundos. **Educação em Química e Multimídia**, v. 35, n. 3, p. 147-151, 2013.

PEDUZZI, L. O. Q.; BASSO, A. C. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545-557, 2005.

PEREIRA, M. **A participação ativa dos alunos no processo de ensino**. **Jornal de Pesquisa em Educação**, v. 25, n. 4, p. 567-582, 2019.

ROMANELLI, L. I. **O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem**. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 27-31, 1996.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. **A linguagem química e o ensino da química orgânica**. Química Nova, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

RUSSEL, J. B. **Química geral**. Tradução Divo Leonardo Sanioto et al. São Paulo: McGraw-Hill, 1981.

SANTOS, I. R. dos. **A formação docente diante da Base Nacional Comum Curricular para a formação de professores na educação básica**. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2023.

SANTOS, R. P. dos. **Genética x currículo do estado de São Paulo**: reflexões sobre os conceitos, métodos e técnicas da abordagem em espiral. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Genética) – Departamento de Genética, Universidade Federal de Curitiba, Curitiba, 2011.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo**: ciências da natureza e suas tecnologias. São Paulo: Secretaria da Educação, 2010.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. **Escola e Cultura**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015. 1 vídeo (7 min). Publicado pelo portal da Universidade de São Paulo. (Disciplina de fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de ciências: a sala de aula, vídeo 3). Disponível em: <https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=4425>. Acesso em: 26 jan. 2026.

SASSERON, L. H. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor**. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 41-62.

SASSERON, L. H. **Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. e26063, 2021.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas**. Ciência e Educação, Bauru, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. **Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SAVIANI, D. **Ensino público e algumas falas sobre universidade**. São Paulo: Cortez, 1983. v. 1.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. **O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais**. Tópicos Educacionais, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SCOARIS, R. C. de; BENEVIDES-PEREIRA, A. M. T.; SANTIN FILHO, O. **Elaboração e validação de um instrumento de avaliação de atitudes frente ao uso de história da ciência no ensino de ciências**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 8, n. 3, p. 901-922, 2009.

SEDANO, L. Ciências e leitura: um encontro possível. *In*: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2016. p. 77-92.

SILVA, P. R. B. da. **Refletindo o ensino de estrutura atômica em aulas de química no ensino médio**: a visão docente e propostas de atividades. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Química) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

SOUZA, F. L. de *et al.* **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2013.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química**. Ciências & Cognição, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TRINDADE, J. O. da; HARTWIG, D. R. **Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas**. Química Nova na Escola, v. 34, n. 2, p. 83-91, 2012.

ZYLBERSZTAJN, A. **Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino**. Revista de Ensino de Física, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1983.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

Nome: _____ Idade: _____

Este questionário faz parte de uma pesquisa de mestrado. Sua colaboração ao preencher este questionário, contribuirá para esta pesquisa.

1-Qual(is) seu(s) componentes curricular (es) disciplina(s) preferida(s)? Por quê?

2-Em sua opinião, a Química está presente em seu dia a dia? Cite alguns exemplos.

3-Você já teve aulas experimentais de Química? Se sim, comente.

4-Qual a constituição dos objetos, da natureza, das pessoas, enfim, de toda a matéria que nos rodeia?

Obrigada pela participação!

APÊNDICE B – GUIA DOS MODELOS ATÔMICOS**Estrutura atômica**

Matéria →

{
Leucipo

Demócrito

Epicuro

Dalton
1803 →

Thomson
1903 →

Rutherford
1911 →

Bohr
1913



APÊNDICE C – PROBLEMAS PROPOSTOS RELACIONADOS À ESTRUTURA DA MATÉRIA

Resolva os problemas

Nome:

Com base nos seus conhecimentos e nos conceitos desenvolvidos durante as intervenções anteriores, tente solucionar os problemas propostos abaixo.

1. Os fogos de artifício são fabricados adicionando-se à pólvora outros compostos responsáveis por conferir a cor a eles. Ao serem acionados, os fogos de artifício apresentam diferentes cores, como. Com base nessas informações, você já imaginou qual (quais) composto(s) são os responsáveis pelas diferentes cores visualizadas no céu?

2. Os luminosos de neônio e as lâmpadas de vapor de sódio ou mercúrio espalhados pela cidade são dispositivos que funcionam de maneira semelhante aos televisores de tubo. Desta forma, qual a explicação para a emissão de luz por essas lâmpadas?

3. Você conhece as pulseirinhas distribuídas em festa, também conhecidas como “pulseira de neon”? Já pensou como elas funcionam? Qual sua composição? Por qual motivo precisamos “bater” nelas para que comessem a brilhar?

4. Os esmaltes fluorescentes também fazem parte do visual de muitas meninas que costumam frequentar locais para se divertir, como festas e boates. Esse esmalte não “brilha” quando exposto à luz branca (luz do sol, lâmpadas fluorescentes ou incandescentes), porém em locais onde há luz negra, esses esmaltes “brilham”. Como isso é possível?

APÊNDICE D – ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL – “LIGANDO A LUZ: EXCITANDO OS ELÉTRONS”

Nome: _____

Em nossas atividades aprendemos que o mundo ao nosso redor apresenta diferentes cores e só somos capazes de detectá-las na presença de luz. Mas você já ouviu falar em luz negra? E em luz ultravioleta? Comente sua resposta utilizando as linhas abaixo.

Atividade experimental

Nessa atividade vamos observar o comportamento de diferentes objetos quando submetidos à luz branca e ultravioleta. Vale lembrar que esse comportamento está relacionado com o salto do elétron de um nível para outro, descrito por Bohr em seu modelo de átomo. Mas como esse salto ocorre nos objetos que analisaremos?

Observe o comportamento dos objetos analisados e anote no quadro abaixo.

Objeto/solução analisada	Cor apresentada na luz branca	Cor apresentada na luz ultravioleta

Explicação do fenômeno

Elabore um pequeno texto descrevendo o que você observou nessa atividade, destacando os pontos mais interessantes. Não se esqueça de expressar sua opinião. Para ajudar você a elaborar esse texto escolha algumas palavras presentes no quadro abaixo.

elétron	energia	molécula
luz	ultravioleta	absorção
salto	átomo	liberação
	cor	Bohr

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DA AULA PRÁTICA

Você está gostando da disciplina de Química?

☐ Sim ☐ Não

A partir da aula prática você conseguiu entender o conteúdo Modelos Atômicos?

☐ Sim ☐ Não

Você gostou dos experimentos da aula prática sobre a fluorescência?

☐ Sim ☐ Não

Você acha importante o uso de aulas práticas nas escolas públicas? Por quê?

☐ Sim ☐ Não

Você consegue visualizar o Química no seu cotidiano do dia a dia?

☐ Sim ☐ Não

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

Questionário Diagnóstico aplicado com o objetivo de identificar o conhecimento dos participantes da pesquisa em relação ao tema abordado na Sequência Didática Investigativa

1. Como você considera seu nível de aprendizado durante este período?
☐ Nenhum
☐ Pouco
☐ Razoável
☐ Muito.
2. Poderia citar algumas das suas dificuldades em estudar durante o período de aulas teóricas?
3. Nas aulas de Química, o conteúdo sobre Modelos Atômicos é ministrado durante o segundo bimestre do ano letivo, você se lembra de estudar este tema de modelos atômicos nas aulas de Química?
☐ Sim.
☐ Não.
☐ Razoavelmente.
☐ Lembro-me, mas não aprendi o conteúdo.
☐ Lembro-me e consegui aprender bem o conteúdo
4. O quanto você considera importante aprender o conteúdo sobre o qual explica a constituição da matéria e suas características atômicas?
☐ Não considero necessário ou importante.
☐ Pouco importante.
☐ Razoavelmente importante.
☐ Muito Importante.
5. O quanto você classificaria seus conhecimentos sobre o tema Modelos atômicos?

- ☐ Nenhum.
- ☐ Pouco.
- ☐ Razoável.
- ☐ Muito.

6. Quais foram as metodologias utilizadas para o ensino do conteúdo de “Constituição da matéria: Modelos Atômicos durante suas aulas?

- ☐ Aula expositiva dialogada.
- ☐ Aula expositiva dialogada com utilização de Powerpoint e slides.

7. Quais as principais dificuldades consideradas por você para o aprendizado do conteúdo “Constituição: Matéria e Modelos Atômicos”?

Nesta pergunta, pode-se selecionar a quantidade de opções desejada.

- ☐ Conteúdo muito teórico;
- ☐ Conteúdo abstrato, pois se refere à elementos microscópicos que não estão no campo de visão dos alunos;
- ☐ Conteúdo vasto, com excesso de detalhes e teorias que pode ser cansativo para o aluno quando transposto de forma “tradicional” (quadro e giz);
- ☐ Conteúdo desinteressante;
- ☐ Conteúdo difícil de ser associado com o cotidiano do aluno;

Na sua opinião, existem outras dificuldades? Quais? Caso não ache pertinente, não é necessário preencher o espaço abaixo.

8. Para facilitar o ensino do conteúdo qual das justificativas a seguir você apontaria como forma de atrair os alunos para a aula?

9. Qual dos nomes dos cientistas citados abaixo você se lembra de estudar?

- ☐ Dalton ☐ Thomson ☐ Rutherford ☐ Bohr ☐ Boyle ☐ Nenhum ☐ Todos

10. Você é capaz de associar a explicação de alguns dos modelos destes cientistas à assuntos do cotidiano como a explicação de experimentos?

() Sim () Não

Fonte: a autora.

APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA VERIFICAR A EFICÁCIA DO MOMENTO DA SDI

Questão 1 - Vocês foram capazes de participar da aula com autonomia?

☐ Sim

☐ Não

Questão 2 - Houve dificuldades? Se sim, escreva qual?

Questão 3 - Em relação ao uso de aprendizagem, você teve algum problema ao aplicar na prática para esta atividade?

Questão 4 - “Você gostou da forma com que as atividades foram propostas?

☐ Sim

☐ Não

Qual?

Questão 5 - Comente as características que eles mais haviam gostados na aula com a utilização de aulas que já realizaram na prática:

Questão 6 – Você já havia realizado alguma atividade?

Sim ☐

Não ☐

Questão 7 – Diga quais foram os pontos positivos sobre a sua autonomia durante a realização:

Questão 8 - Você conseguiu compreender o conteúdo abordado e responder a questão problema sobre os modelos atômicos no final da atividade? Relate sua opinião:

Questão 9 - O assunto sobre as cores dos fogos de artifícios foi interessante para você? Diga porquê:

Questão 10 - Comente os pontos positivos e/ou negativos sobre a aula organizada:

Questão 11 – Comente como foi a experiência ao participar da atividade e sobre o aprendizado oferecido nela.

APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO QUE APLICOU AO FINAL DO PROJETO

- 1) Você avalia que as aulas experimentais facilitam a aprendizagem, auxiliando na compreensão dos conceitos?
- 2) Faça um relato sobre os conhecimentos, das concepções prévias.
- 3) A aplicação desenvolvimento de aulas experimentais trouxe benefícios, ou uma melhoria na sua aprendizagem?
- 4) Os experimentos possibilitaram uma interação maior entre professor e aluno?
- 5) Com que frequência seu professor utiliza esse método educativos na sala de aula e laboratório?
- 6) Seu professor utiliza com frequência sequência de teoria e prática que propicia a integração na construção do conhecimento?
- 7) Gostariam de mais atividades assim?
- 8) Sugestões para melhorar a atividade?

APENDICE I – PLANO DE AULA

Modelo Atômico de Bohr e Eletrosfera

Aula 1: Introdução ao Modelo de Bohr e Transições Eletrônicas

Título da Aula: Desvendando o Átomo de Bohr: Níveis de Energia e o Salto dos Elétrons

Duração: 50 minutos (1 aula)

Componente Curricular: Química

1ª Série do Ensino Médio

Competências Gerais da BNCC):

Competência Geral 2: Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências para investigar, refletir, analisar criticamente e propor soluções para problemas.

Competência Geral 7: Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si, dos outros e do planeta.

Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BNCC - Ensino Médio):

Competência Específica 1: Compreender fenômenos naturais, processos tecnológicos e os princípios e leis que os regem, utilizando conhecimentos das Ciências da Natureza para propor e realizar ações individuais e coletivas de modo a desenvolver tecnologias e soluções criativas e inovadoras.

Competência Específica 2: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Natureza para elaborar argumentos, propor ações e tomar decisões conscientes.

Habilidades da BNCC (Ensino Médio):

EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de tecnologias digitais, informações e dados que traduzam fenômenos da natureza e processos tecnológicos, em diferentes linguagens e mídias, produzindo textos explicativos ou argumentativos, gráficos, modelos etc.

EM13CNT201: Analisar e interpretar dados e informações, utilizando representações diversas (gráficos, tabelas, diagramas, modelos, escalas, textos etc.), para propor e argumentar sobre a evolução e a relação entre os fenômenos naturais e os processos tecnológicos.

Objetivos de Aprendizagem:

Identificar os principais postulados do Modelo Atômico de Bohr.

Compreender o conceito de níveis de energia e a quantização de energia.

Explicar o processo de transição eletrônica (salto quântico) e sua relação com a absorção e emissão de energia.

Relacionar o Modelo de Bohr com os modelos atômicos anteriores (Dalton, Thomson, Rutherford).

Recursos:

Projektor e computador.

Slides com a evolução dos modelos atômicos e o Modelo de Bohr.

Simulações interativas online (PhET Interactive Simulations - "Átomo de Hidrogênio", "Modelos Atômicos").

Quadro branco ou lousa e pincéis/giz.

Cadernos para anotações

Desenvolvimento da Aula:

Acolhimento e Sondagem (10 minutos):

Inicie com a pergunta: "Se o átomo de Rutherford tinha elétrons girando em torno do núcleo, por que ele não colapsava?" (retoma a limitação do modelo anterior).

Estimule a discussão e o levantamento de hipóteses pelos alunos.

Exposição Dialogada: A Chegada de Bohr (15 minutos):

Apresente Niels Bohr e o contexto de sua proposta.

Explique os postulados de Bohr: elétrons em órbitas estacionárias, níveis de energia quantizados (sem perda de energia) e o "salto quântico" (absorção/emissão de energia).

Utilize slides com representações visuais do Modelo de Bohr (órbita, núcleo, elétrons em diferentes níveis).

Exploração de Simulações Interativas (15 minutos):

Projete a simulação PhET "Átomo de Hidrogênio" ou "Modelos Atômicos".

Guie os alunos na manipulação da simulação para:

Visualizar os elétrons em diferentes níveis de energia.

Observar a absorção e emissão de fótons quando os elétrons mudam de nível.

Notar que apenas energias específicas (quantizadas) são absorvidas/emitidas.

Incentive a formulação de perguntas e a discussão em grupos sobre o que observam.

Fechamento e Sistematização (10 minutos):

Retome a pergunta inicial: "Por que o átomo não colapsa no modelo de Bohr?".

Peça aos alunos para resumirem os principais pontos do Modelo de Bohr em seus cadernos.

Proponha um desafio para a próxima aula: "Como podemos 'ver' essas transições eletrônicas na prática?"

Avaliação:

Formativa: Observação da participação e engajamento dos alunos nas discussões e na manipulação da simulação. Verificação das anotações e resumos feitos pelos alunos.

Diagnóstica (para a próxima aula): A pergunta desafiadora ao final da aula serve para sondar a compreensão e despertar a curiosidade para o próximo passo.

Aula 2: Fluorescência como Evidência do Modelo de Bohr (Experimento Investigativo)

Título da Aula: Brilhando com a Química: A Fluorescência e o Modelo de Bohr em Ação

Duração: 50 minutos (1 aula)

Componente Curricular: Química

Público-alvo: 2ª Série do Ensino Médio

Competências Gerais da BNCC:

Competência Geral 1: Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.

Competência Geral 5: Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e produzir informações e conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BNCC - Ensino Médio):

Competência Específica 3: Investigar, analisar e produzir argumentos sobre fenômenos da natureza e processos tecnológicos, considerando os diferentes sistemas de classificação para construir e defender ideias.

Competência Específica 4: Analisar e utilizar conhecimentos das Ciências da Natureza para resolver problemas diversos e construir propostas de intervenção para o bem-estar individual e coletivo, exercendo o protagonismo e a autoria.

Habilidades da BNCC (Ensino Médio):

EM13CNT302: Comunicar, por meio de diferentes linguagens (oral, escrita, gráfica, matemática, artística e visual), resultados de investigações científicas, ideias, argumentos, proposições, conceitos e conclusões, por meio de diversas mídias (digitais ou não), com foco na relevância e pertinência das informações.

EM13CNT307: Analisar e discutir as diversas aplicações e implicações da tecnologia na saúde, no cotidiano, no trabalho, na indústria, nos transportes, nas comunicações, na cultura, na energia, na produção de alimentos, nos resíduos, nos recursos hídricos, nos solos e na atmosfera, de modo a criticar e propor alternativas que melhorem a qualidade de vida.

Objetivos de Aprendizagem:

Observar e descrever o fenômeno da fluorescência.

Relacionar a fluorescência com as transições eletrônicas do Modelo de Bohr.

Aplicar o conhecimento teórico em um experimento prático.

Desenvolver habilidades de observação, registro e análise de dados experimentais.

Trabalhar em equipe na execução de um experimento.

Recursos:

Materiais para o experimento de fluorescência (conforme seu texto): Lâmpada UV (luz negra), água tônica, caneta marca-texto (tinta fluorescente), chicória ou folhas de hortelã, casca de ovo marrom.

Copo de vidro ou béquer.

Recipientes para as substâncias.

Sala escura ou com boa capacidade de escurecimento.

Desenvolvimento da Aula:

Revisão e Conexão (10 minutos):

Retome brevemente o Modelo de Bohr (níveis de energia, salto quântico).

Apresente o conceito de fluorescência como um fenômeno que ilustra diretamente o salto quântico: "Quando um elétron absorve energia (luz UV, por exemplo), ele 'salta' para um nível mais energético; ao retornar ao nível original, ele emite essa energia na forma de luz (visível, no caso da fluorescência)".

Montagem e Execução do Experimento (25 minutos):

Organize os alunos em grupos (se possível, os mesmos da aula anterior).

Distribua os materiais e o pré-roteiro experimental (simplificado, focando na observação).

Instrua os grupos a testarem os diferentes materiais sob a luz UV, registrando o que observam.

Importante: Garanta que o ambiente esteja o mais escuro possível para a melhor observação do fenômeno.

Circule entre os grupos, fazendo perguntas que estimulem a conexão com a teoria: "Onde o elétron absorveu energia?", "Para onde ele foi?", "O que acontece quando ele volta?", "Que tipo de energia está sendo emitida?"

Registro e Discussão Inicial (15 minutos):

Após a experimentação, peça para cada grupo registrar em seus cadernos:

Quais materiais brilharam?

Que cores foram observadas?

Como o fenômeno da fluorescência se relaciona com o Modelo de Bohr?

Abra uma breve roda de conversa para os grupos compartilharem suas observações e primeiras conclusões.

Avaliação:

Formativa: Observação da participação dos grupos no experimento, da capacidade de seguir instruções, da colaboração e da qualidade dos registros iniciais. As perguntas feitas durante a aula e as respostas dadas pelos alunos também fornecem feedback importante.

Aula 3: Discutindo e Contextualizando o Modelo de Bohr e suas Implicações

Título da Aula: Átomos, Luz e Cotidiano: As Aplicações do Modelo de Bohr

Duração: 50 minutos (1 aula)

Componente Curricular: Química

Público-alvo: 2ª Série do Ensino Médio

Competências Gerais da BNCC:

Competência Geral 4: Exercitar a argumentação, com base em informações e dados fidedignos, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si, dos outros e do planeta.

Competência Geral 9: Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BNCC - Ensino Médio):

Competência Específica 1: Compreender fenômenos naturais, processos tecnológicos e os princípios e leis que os regem, utilizando conhecimentos das

Ciências da Natureza para propor e realizar ações individuais e coletivas de modo a desenvolver tecnologias e soluções criativas e inovadoras.

Competência Específica 5: Construir argumentações sobre fenômenos e processos tecnológicos, com base na análise de dados, informações e evidências, expressando de forma clara, organizada e coerente as próprias ideias e as dos outros.

Habilidades da BNCC (Ensino Médio):

EM13CNT203: Avaliar e prever efeitos de fenômenos naturais e processos tecnológicos sobre o ambiente, a saúde individual e coletiva, a sociedade e o sistema produtivo, utilizando conhecimentos e linguagens das Ciências da Natureza.

EM13CNT308: Investigar e analisar as relações entre os aspectos científicos, tecnológicos, econômicos, sociais e culturais do desenvolvimento tecnológico, para propor ações que minimizem os impactos ambientais e sociais.

Objetivos de Aprendizagem:

Discutir as aplicações do Modelo de Bohr e do fenômeno da fluorescência no cotidiano e na tecnologia.

Avaliar a importância do Modelo de Bohr para o avanço da ciência e da tecnologia.

Expressar e defender suas opiniões sobre os conceitos aprendidos.

Conectar o conhecimento científico com aspectos sociais, econômicos e culturais.

Recursos:

Quadro branco ou lousa.

Canetas/giz.

Textos curtos ou notícias sobre aplicações de fluorescência (por exemplo: em segurança, iluminação, diagnósticos médicos, fogos de artifício).

Projektor (para mostrar exemplos visuais).

Desenvolvimento da Aula:

Retomada e Reflexão (10 minutos):

Inicie com a revisão da experiência de fluorescência e das observações da aula anterior.

Pergunte: "Onde mais vocês acham que esse fenômeno de 'brilhar no escuro' ou 'emitir luz' acontece no nosso dia a dia ou na tecnologia?"

Discussão em Grupo e Conexão com o Cotidiano (20 minutos):

Apresente exemplos de aplicação do Modelo de Bohr e da fluorescência:

Fogos de artifício: As cores vêm da excitação de elétrons de diferentes átomos que emitem luz ao retornar (pode-se até revisar o Gráfico 4 do seu texto aqui).

Lâmpadas fluorescentes: Como funcionam?

Segurança: Tinta invisível em dinheiro ou documentos.

Diagnóstico médico: Uso de marcadores fluorescentes em exames.

Brinquedos que brilham no escuro (fosforescência): Explicar a diferença de tempo de emissão.

Em grupos, os alunos devem discutir como o Modelo de Bohr é fundamental para entender essas aplicações. Peça para cada grupo preparar uma breve apresentação sobre uma aplicação específica.

Apresentação dos Grupos e Debate (15 minutos):

Cada grupo compartilha suas descobertas e discussões.

Estimule um debate sobre a importância da ciência e dos modelos científicos para o desenvolvimento tecnológico e social.

Pergunte: "Qual a importância de estudar o átomo hoje, mesmo com modelos mais complexos?"

Fechamento e Síntese Final (5 minutos):

Reafirme a importância do Modelo de Bohr como um marco para a compreensão da estrutura atômica e como base para a Física Quântica e diversas tecnologias.

Enfatize que a ciência é um processo contínuo de investigação e refinamento.

Abra para dúvidas finais e reforce a conexão entre teoria, prática e o mundo real.

Avaliação:

Formativa: Avaliação da participação dos alunos nas discussões em grupo e na apresentação das aplicações. Capacidade de argumentar e relacionar os conceitos.

Somativa (opcional, para um fechamento do tema): Um pequeno texto reflexivo onde os alunos expliquem, com suas palavras, a importância do Modelo de Bohr e suas aplicações, ou um desafio para criarem uma aplicação da fluorescência baseada no que aprenderam.

Questionário Final: Aplicar questões como "Você gostou da forma com que as atividades foram propostas?", "Você conseguiu compreender o conteúdo abordado e responder a questão problema sobre os modelos atômicos no final da atividade?", "O assunto sobre as cores dos fogos de artifício foi interessante para você? Diga por que", e as demais para ter um feedback consolidado da sequência.

ACESSO O RECURSO EDUCACIONAL POR MEIO DO QR CODE:



<https://hdl.handle.net/11449/330204>