



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - PGECM

MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ

**UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA *ITREAL* COMO RECURSO PEDAGÓGICO
PARA ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA COM ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO COM ANÁLISE DA REALIDADE AUMENTADA**

FORTALEZA

2026

MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ

UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA *ITREAL* COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA
ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
COM ANÁLISE DA REALIDADE AUMENTADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus* Fortaleza, como requisito para obtenção do Título de Mestre.
Área de concentração: Ensino de Química e Biologia.

Orientadora: Prof^a Dra. Maria Cleide da Silva Barroso

Coorientador: Prof^o Dr. Sandro César Silveira Jucá

FORTALEZA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C955u Cruz, Mylena Ciribelle Silva da.
UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA ITREAL COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO COM ANÁLISE DA REALIDADE AUMENTADA / Mylena Ciribelle Silva da Cruz. - 2026.
115 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Campus Fortaleza, 2026.
Orientação: Profa. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso.
Coorientação: Prof. Dr. Sandro César Silveira Jucá.
1. Realidade Aumentada. 2. Ensino de Química. 3. TDIC. 4. Aprendizagem Significativa. 5. UEPS. I. Título.
-

CDD 510.07

MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ

UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA *ITREAL* COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA
ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
COM ANÁLISE DA REALIDADE AUMENTADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
(PGECEM) do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Ceará - *Campus* Fortaleza, como
requisito para obtenção do Título de Mestre.
Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Prof^a Dra. Maria Cleide da Silva
Barroso

Coorientador: Prof^o Dr. Sandro César Silveira Jucá

Aprovada em: ____/____/ 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Maria Cleide da Silva Barroso (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof^o Dr. Sandro César Silveira Jucá
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof^o Dr. Albino Oliveira Nunes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Profª Dra. Ana Cláudia Gouveia de Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profº Dr. Manuel Bandeira dos Santos
Universidade Estadual do Ceará (UECE)



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
Av. 13 de maio, 2081 , - Bairro Benfica - CEP 60040-531 - Fortaleza - CE - www.ifce.edu.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIA MATEMÁTICA (PGECM)

Aos 19 dias do mês de janeiro do ano de 2026, às 14h, no Auditório do Bloco Didático no IFCE *Campus* Fortaleza, realizou-se a Defesa de dissertação, intitulada "UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA ITREAL COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO COM ANÁLISE DA REALIDADE AUMENTADA", de autoria da candidata MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM/IFCE, em nível de Mestrado. A Comissão Examinadora esteve constituída pelos professores: Profa. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso (orientadora) - Instituto Federal do Ceará (IFCE), Prof. Dr. Sandro César Silveira Jucá (coorientador) - Instituto Federal do Ceará (IFCE), Prof. Titular Albino Oliveira Nunes - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte (IFRN), Profa. Titular Ana Cláudia Gouveia de Sousa - Instituto Federal do Ceará (IFCE) e Prof. Dr. Manuel Bandeira Dos Santos - Universidade Estadual do Ceará (UECE). Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, a candidata foi APROVADA pela Comissão Examinadora. Foi concedido um prazo de **90 (noventa) dias**, para a candidata efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. E, para constar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso (orientadora) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Sandro César Silveira Jucá (coorientador) - Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Titular Albino Oliveira Nunes - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte (IFRN)

Profa. Titular Ana Cláudia Gouveia de Sousa - Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Manuel Bandeira Dos Santos - Universidade Estadual do Ceará (UECE)

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA ITREAL COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA ABORDAGEM DE CONTEÚDOS DE QUÍMICA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO COM ANÁLISE DA REALIDADE AUMENTADA

LOCAL: Auditório do Bloco Didático no IFCE *Campus* Fortaleza

HORA DE INÍCIO: 14h

Em sessão pública, após exposição, a candidata foi arguida oralmente pelos membros da banca tendo como resultado:

(☒) APROVADA, devendo a candidata entregar a versão final no prazo máximo de 90 dias.

(☐) APROVADA com louvor.

(☐) APROVAÇÃO CONDICIONAL, devendo a candidata satisfazer, no prazo máximo de 90 dias, às exigências listadas na Folha de Modificações de Dissertação de Mestrado anexa à presente ata.

(☐) REPROVADA.

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima determinada, e pela candidata.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso (orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Sandro César Silveira Jucá (coorientador)

Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Titular Albino Oliveira Nunes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte (IFRN)

Profa. Titular Ana Cláudia Gouveia de Sousa

Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Manuel Bandeira Dos Santos

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Mestranda

MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ



Documento assinado eletronicamente por **Manuel Bandeira dos Santos Neto, Usuário Externo**, em 20/01/2026, às 13:50, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Albino Oliveira Nunes, Usuário Externo**, em 20/01/2026, às 14:18, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Claudia Gouveia de Sousa, Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 21/01/2026, às 08:24, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandro Cesar Silveira Juca, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 21/01/2026, às 09:20, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Cleide da Silva Barroso, Coordenador(a) do PGECM**, em 21/01/2026, às 17:36, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mylene Ciribelle Silva da Cruz, Usuário Externo**, em 26/01/2026, às 17:54, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifce.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **8335802** e o código CRC **7C4449DA**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, e não somente nestes anos de mestrado, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

À minha filha, Maria Lívia, minha maior motivação e inspiração, por cada sorriso e por me lembrar diariamente da força que reside em mim. Você é a razão de toda a minha dedicação.

Ao meu esposo Felipe, pelo apoio, paciência e estímulo constante para superar os obstáculos encontrados. Sua parceria foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Francisco e Helena, que, apesar de todas as dificuldades, me fortaleceram e me deram apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. A base que vocês construíram é o meu alicerce.

Ao meu irmão e aos meus avós Maria e Elias, pela contribuição valiosa e por serem exemplos de vida.

À minha orientadora, professora Maria Cleide da Silva Barroso, pelo apoio, confiança, empenho e, principalmente, pela orientação precisa e inspiradora na elaboração deste trabalho. Sua dedicação foi essencial.

Ao meu coorientador, professor Sandro César Silveira Jucá, pela valiosa contribuição, disponibilidade e por enriquecer esta pesquisa com seu conhecimento.

Aos meus colegas de mestrado, companheiros de jornada, que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida. A troca de experiências e a amizade de vocês foram um suporte inestimável.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) *campus* Fortaleza e todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECM), por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e desta conquista, o meu muito obrigado.

"A educação, qualquer que seja ela, é sempre uma teoria do conhecimento posta em prática." (Paulo Freire)

RESUMO

A disciplina de Química, fundamental no Ensino Médio, impõe um desafio persistente aos educadores: a dificuldade dos alunos em aprender e compreender conceitos de natureza abstrata, como a estrutura do átomo, moléculas e as ligações químicas. Esse desafio ocorre, em grande parte, pela necessidade de transitar entre os níveis macroscópico e microscópico, o que frequentemente resulta em uma construção de significado incompleto para os estudantes, principalmente quando o ensino se apoia em abordagens estritamente tradicionais. Foi nesse contexto que essa dissertação se inseriu, tendo como principal objetivo avaliar as contribuições e o potencial da Realidade Aumentada (RA) como um recurso didático nas aulas de Química. A pesquisa buscou verificar o impacto da RA, através da plataforma *Itreal*, na promoção de uma aprendizagem significativa, pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, promovendo a visualização 3D e a interação com modelos moleculares e atômicos. A pesquisa, de natureza qualitativa, foi desenvolvida por meio de pesquisa-ação, realizada com 23 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual no Ceará. A metodologia utilizada consistiu na aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), durante cinco semanas, focada nos conteúdos de estrutura atômica e ligações químicas. Para a produção de dados, foram utilizados questionários diagnósticos (pré e pós-intervenção), observação participante durante o desenvolvimento das atividades e a produção de mapas mentais pelos estudantes ao final da intervenção. A análise dos dados, realizada por meio de estatística descritiva e submetidos à elementos da Análise de Conteúdo de Bardin, evidenciou que a utilização da RA favoreceu a associação do macroscópico com o microscópico, promovendo um aumento na retenção e na organização conceitual dos alunos, como evidenciado pela melhoria nos resultados dos questionários, na complexidade dos mapas mentais produzidos e na ampliação do engajamento dos alunos no processo de aprendizagem. Os resultados do estudo demonstraram que a RA integrada a uma metodologia fundamentada na TAS, potencializou a retenção e organização conceitual dos alunos, com uma melhoria significativa no desempenho do questionário pós-intervenção em relação ao questionário pré-intervenção. Além disso, os estudantes evidenciaram a interatividade promovida pela RA e demonstraram maior motivação e engajamento, indicando que a Tecnologia Digital da Informação e Comunicação (TDIC) não apenas ajudou na compreensão, mas também potencializou o interesse pelos conteúdos. Os mapas mentais apresentaram indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, elementos centrais da TAS, bem como uma ampliação de concepções corretas sobre os conceitos trabalhados. Em síntese, a pesquisa demonstra que a integração da Realidade Aumentada, através da plataforma *Itreal*, a uma metodologia de ensino fundamentada na TAS, representa uma estratégia pedagógica potente para superar a abstração inerente ao ensino de Química. O trabalho valida a estrutura da UEPS aplicada, mas também reforça o papel da RA como um recurso inovador e eficaz na promoção de uma aprendizagem mais profunda e significativa no Ensino Médio, desde que o professor atue como mediador da articulação entre a tecnologia e o conteúdo.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Ensino de Química, TDIC, Aprendizagem Significativa, UEPS.

ABSTRACT

Chemistry, a fundamental discipline in secondary education, poses a persistent challenge to educators: the difficulty students face in conceptualizing abstract phenomena, such as atomic structure, molecular geometry, and chemical bonds. This challenge largely stems from the inherent difficulty in navigating the transition between the macroscopic and microscopic levels, which often results in an incomplete construction of meaning for students, especially when teaching relies on strictly traditional approaches. It was in this context that this master's thesis was developed, with the main objective of evaluating the contributions and potential of Augmented Reality (AR) as a didactic resource in Chemistry classes. The research investigates the impact of AR, through the Itreal platform, on promoting Meaningful Learning (ML), based on David Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TML), by facilitating the 3D visualization and interaction with molecular and atomic models. Conducted as a qualitative action research study with 23 first-year secondary students in a public school in Ceará, Brasil, the methodology involved a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) applied over five weeks. Data generation involved the use of diagnostic questionnaires (pre and post-intervention), participant observation during the activities, and the creation of mental maps by the students at the end of the intervention. Analysis, carried out using descriptive statistics and subjected to elements of Bardin's Content Analysis, reveals that the use of AR favored the association of the macroscopic with the microscopic, promoting an increase in students' retention and conceptual organization, as evidenced by the improvement in questionnaire results, the complexity of the mental maps produced, and the expansion of student engagement in the learning process. Results indicate that AR, integrated with a methodology based on TML, enhanced students' retention and conceptual organization, with a significant improvement in post-intervention questionnaire performance compared to the pre-intervention questionnaire. Furthermore, students highlighted the interactivity promoted by AR and showed greater motivation and engagement, indicating that the Digital Information and Communication Technology (DICT) not only aided comprehension but also boosted interest in the content. The mental maps presented evidence of progressive differentiation and integrative reconciliation, central elements of TML, as well as an expansion of correct conceptions about the concepts addressed. In summary, the research demonstrates that the integration of Augmented Reality, through the Itreal platform, with a teaching methodology based on TML, represents a potent pedagogical strategy to overcome the abstraction inherent in Chemistry teaching. The work validates the structure of the applied PMTU and also reinforces the role of AR as an innovative and effective resource in promoting deeper and more meaningful learning in High School, provided that the teacher acts as the main mediator in the articulation between technology and content.

Keywords: Augmented Reality, Chemistry Teaching, DICT, Meaningful Learning, PMTU.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Primeiro Display de Realidade Virtual e Aumentada.....	31
Figura 2: Sistema de visão óptica direta.....	32
Figura 3: Sistema de visão direta por vídeo.....	32
Figura 4: Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.....	33
Figura 5: Captura de tela - Mesa tátil de realidade aumentada.....	33
Figura 6: Escola Branca Carneiro de Mendonça - Caucaia/CE.....	42
Figura 7: Aspectos Sequenciais.....	44
Figura 8: O tratamento e análise de dados.....	47
Figura 9: Atividade colaborativa resolvendo as situações-problema da UEPS.....	60
Figura 10: Resposta apresentada pelos alunos a situação-problema 1.....	61
Figura 11: Resposta apresentada pelos alunos a situação-problema 5 - O que acontece quando acendemos uma vela?.....	61
Figura 12: Marcadores de <i>QRcodes</i> produzidos com a plataforma Itreal.....	62
Figura 13: Aplicação da atividade com Realidade Aumentada.....	63
Figura 14: Resolução de atividade impressa sobre partículas subatômicas com marcadores...63	
Figura 15: Marcadores de <i>QRcodes</i> produzidos com a plataforma Itreal para a Diferenciação Progressiva.....	64
Figura 16: Visualização 3D da molécula de CO ₂	64
Figura 17: Mapas mentais produzidos pelos estudantes.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	—	Categorias definidas para análise de conteúdo.....	70
Quadro 2	—	Categorização das respostas discursivas para a Questão 1.....	70
Quadro 3	—	Categorização das respostas discursivas para a Questão 2.....	72
Quadro 4	—	Categorização das respostas discursivas para a Questão 3.....	73
Quadro 5	—	Categorização das respostas discursivas para a Questão 2.....	74
Quadro 6	—	Categorização das respostas discursivas para a Questão 5.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de acertos no pré-teste.....	59
Tabela 2: Porcentagem de acertos no questionário pós aplicação da UEPS.....	68
Tabela 3: Variação de acertos dos questionários pré e pós intervenção da UEPS.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Contagem de Idade.....	55
Gráfico 2: Contagem de Escolaridade da Mãe.....	56
Gráfico 3: Contagem de Escolaridade do Pai.....	56
Gráfico 4: Resultado do questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias.....	58
Gráfico 5: Comparativo de acertos nos questionários pré-aplicação e pós-aplicação da UEPS...	68
Gráfico 6: Frequência das categorias por questão.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
3G/4G	Gerações de tecnologias de redes móveis
AEE	Atendimento Educacional Especializado
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EEEM	Escola Estadual de Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
RA	Realidade Aumentada
RED	Recurso Educacional Digital
RV	Realidade Virtual
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Objetivo Geral.....	22
1.1.1 Objetivos Específicos.....	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Um enfoque cognitivo.....	23
2.2 Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) e a imersão tecnológica no ensino de Química.....	28
2.3 Metodologias Imersivas no Ensino.....	30
2.3.1 Realidade Aumentada.....	30
2.3.2 A Realidade Aumentada Na Educação.....	34
2.4 A Integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) e da Realidade Aumentada (RA) no ensino e aprendizagem de Química.....	35
2.5 TDICs associadas a RA e a Aprendizagem Significativa no Ensino de Química..	37
2.6 Itreal: plataforma imersiva de Realidade Aumentada.....	38
3. METODOLOGIA.....	40
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	40
3.2 Local do Estudo.....	41
3.3 Público alvo da pesquisa.....	43
3.4. Sequência para aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).....	43
3.5 Instrumentos para Coleta de Dados.....	46
3.5.1 Validação dos instrumentos de coleta de dados.....	48
3.5.1.1 Questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias.....	49
3.5.1.2 Questionário diagnóstico pós-implementação da pesquisa.....	50
3.6 Da Metodologia e Análise dos Dados.....	50
3.7 Aspectos Éticos.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1 Realidade Aumentada no ensino de Química no Brasil: estado da arte.....	51
4.2 Primeira semana.....	54
4.2.1 Análise e caracterização socioeconômica dos estudantes.....	55
4.2.2 Análise do questionário sobre tecnologia móvel no cotidiano escolar.....	57
4.2.3 Análise do questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias.....	58
4.2.4. Introdução do conhecimento por meio de situações-problema.....	60
4.3. Segunda Semana.....	62
4.4. Terceira semana.....	63
4.5 Quarta Semana.....	65
4.5.1 Análise dos Mapas Mentais.....	65
4.6 Quinta semana.....	67
4.6.1 Análise do questionário de impacto e compreensão pós-intervenção.....	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79

REFERÊNCIAS.....	81
ANEXOS.....	91
APÊNDICES.....	105

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo em que, por meio de um smartphone, tablet ou computador, podemos ter acesso ao ambiente digital de forma rápida e prática. A tecnologia vem se aperfeiçoando cada vez mais rápido dentro da nossa sociedade.

Com todo esse recurso disponível, crianças e jovens estão cada vez mais conectados à rede de internet e aos aplicativos associados a ela. Essa realidade pode ser observada não só no ambiente familiar como também no ambiente escolar. Na educação, as chamadas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) foram desenvolvidas para auxiliar e facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

Atualmente, a utilização de Recursos Educacionais Digitais (RED) para demonstrar fenômenos da natureza favorece a compreensão e a assimilação de diferentes conteúdos pelos estudantes. Segundo Braga (2014), esses recursos surgiram como soluções propostas por profissionais da Ciência da Computação para superar desafios no uso de materiais digitais na educação. A autora destaca que essa abordagem visa resolver problemas como o excesso de informações, que torna o processo de busca exaustivo e dificulta a escolha de materiais adequados e a criação de recursos em grandes blocos que cobrem múltiplos temas, limitando sua aplicação em contextos específicos. Assim, essas ferramentas buscam otimizar o desenvolvimento, a organização, a pesquisa e a reutilização de materiais educacionais, promovendo a integração entre a Ciência da Computação e a Educação (Braga, 2014).

No contexto do ensino de Química, a dificuldade na compreensão de conceitos abstratos (como estrutura atômica e ligações químicas) representa um desafio persistente o que motiva a busca por metodologias inovadoras. Este estudo nasce, portanto, da necessidade de investigar o potencial das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) para mediar essa abstração. Assim, a questão central que norteia esta pesquisa é: "De que forma a utilização da Realidade Aumentada (RA), por meio da plataforma *Itreal*, pode contribuir para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos de Química com alunos do Ensino Médio?"

A RA surge como um recurso expressivo na educação. Por meio dela, podemos interagir com diferentes ambientes e objetos, sem precisar sair do local onde estamos (Tori; Hounsell, 2018). Esse artifício é ideal para o cenário digital que vivemos, constituindo-se um recurso pedagógico que contribui para a aquisição de conhecimento.

Ao focarmos na prática educacional das disciplinas que englobam as Ciências da Natureza, os professores, muitas vezes, se deparam com a dificuldade que os discentes apresentam em entender e atribuir significado aos conteúdos e conceitos estudados em sala. Para muitos alunos, a instrução em Química, Biologia ou Física engloba ideias muito abstratas. Nesse cenário, a busca por metodologias que promovam a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), conforme preconizada por David Ausubel (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980), torna-se impreterível. A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se ancora com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, tornando a aprendizagem não-arbitrária e substantiva (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). O professor precisa, portanto, inovar e criar novas estratégias de ensino que facilitem essa ancoragem conceitual. Com o auxílio que a RA nos traz, essa dificuldade encontrada pelos docentes pode ser, em parte, superada, trazendo novas experiências e conhecimento aos estudantes.

Cabe ao professor das Ciências da Natureza apropriar-se das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) para utilizá-las como um recurso dentro da sua prática pedagógica, a fim de perpetuar o conhecimento científico, significar e ressignificar conceitos abstratos dentro dessa área, além de auxiliar os alunos na compreensão e desenvolvimento de seu senso crítico. A formação de professores tem papel fundamental no êxito da utilização de novas metodologias. Os alunos exigem e esperam novas práticas, novos conhecimentos por parte dos docentes. É importante salientar o papel do professor como formador da sociedade, formador de cidadãos críticos e que demonstrem uma boa capacidade de comunicação social, com domínio educacional para diversas áreas. Trata-se da denominada educação integral.

Trazer para o centro das discussões o uso da RA dentro do ensino de Química e mostrar como ela pode influenciar na maneira como professores e estudantes tratam essa disciplina, pode ser uma etapa importante para melhorar o ensino. Essa abordagem está em consonância com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), que preconiza o desenvolvimento de competências digitais e a utilização de tecnologias para a compreensão e intervenção na realidade, especialmente na área de Ciências da Natureza. Ao integrar a RA, busca-se tornar a escola um espaço mais democrático, participativo e inclusivo, auxiliando na busca pela educação integral e tecnológica.

Tendo em vista que a utilização das tecnologias digitais busca favorecer o processo de ensino, quando empregada com intencionalidade pedagógica, este trabalho utiliza a plataforma *Itreal* como uma forma de favorecer um trabalho didático de natureza experimental no ensino dos conteúdos da disciplina de Química para alunos do 1º ano do

Ensino Médio. A plataforma é um ambiente de tecnologias imersivas que permite a criação e visualização de imagens e animações 3D em RA (Souza; Jucá, 2024). Assuntos como ligações químicas, distribuição de elétrons e o estudo de moléculas importantes para a natureza — frequentemente considerados abstratos — podem ser revistos de forma interativa através dos recursos visuais tridimensionais (3D) da plataforma, potencializando a aprendizagem significativa.

Esta dissertação está organizada em seções que articulam a fundamentação teórica à prática investigativa. Inicialmente, apresenta-se a Introdução, que contextualiza o tema, a problemática e os objetivos da pesquisa. Em seguida, estabelece-se o Referencial Teórico, abordando as TDICs, a RA e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A seção de Metodologia detalha o percurso metodológico, caracterizando a pesquisa, o local de estudo, os participantes e os instrumentos de produção e análise de dados. Posteriormente, apresentam-se os Resultados e Discussões, com a análise da aplicação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e dos dados coletados. Por fim, as Considerações Finais sintetizam as principais contribuições do estudo e sugerem perspectivas para trabalhos futuros.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar as contribuições da Realidade Aumentada (RA), por meio da plataforma *Itreal*, para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos de Química no Ensino Médio.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar o estado da arte sobre o uso da realidade aumentada no ensino de Química, mapeando a produção científica recente e os Recursos Educacionais Digitais (RED) baseados em RA, a fim de identificar as tendências e lacunas pedagógicas na área.
- Aplicar uma proposta pedagógica com TDICs, baseada em Realidade Aumentada para ensino do conteúdo de estrutura atômica nas aulas de Química.
- Avaliar as contribuições da Realidade Aumentada na prática pedagógica do professor e na aprendizagem significativa dos estudantes quanto à compreensão de conceitos abstratos de Química, com base na Teoria da Aprendizagem Significativa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, busca-se construir o alicerce teórico desta pesquisa. O percurso começa com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que serve como norte pedagógico. A partir dessa base, mergulha-se nas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) e sua relação com a imersão tecnológica no ensino de Química. Avança-se, então, para as metodologias imersivas, com foco na Realidade Aumentada (RA) e no seu papel estratégico em sala de aula. Por fim, o fechamento deste referencial propõe um diálogo entre TDIC e a Teoria da Aprendizagem Significativa, culminando na apresentação da plataforma *Itreal* como o recurso pedagógico escolhido para mediar esse processo.

2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Um enfoque cognitivo

David Paul Ausubel destaca que o fator central de sua teoria, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), é a estrutura cognitiva (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). Epistemologicamente, a TAS possui uma base piagetiana, ao compartilhar a premissa de que o conhecimento é construído a partir das estruturas mentais prévias que se organizam e se complexificam continuamente. Masini (2011) caracteriza a TAS como um processo de aquisição do conhecimento que integra tanto aspectos cognitivistas quanto construtivistas. Essa teoria refere-se ao processo em que o aprendiz adquire conhecimento ao integrar novas informações em uma situação marcada por ações, interações, intenções (Masini; Moreira, 2017).

Ausubel propôs sua teoria para destacar que o aprendizado se torna mais eficaz quando novos conhecimentos são relacionados, de maneira substancial, a conhecimentos prévios do indivíduo, considerando também os aspectos sociais e emocionais (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). Segundo Moreira (2006), a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se relaciona de forma não arbitrária e não literal aos conhecimentos já adquiridos.

“Toda a aprendizagem em sala de aula pode localizar-se ao longo de duas dimensões independentes – a dimensão automática-significativa e a dimensão receptiva-descoberta” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 3). Os autores descrevem que a aprendizagem receptiva é aquela onde o conteúdo é meramente apresentado ao aluno e este relaciona-se ativamente com conteúdos relevantes da sua estrutura cognitiva, para posterior utilização de novas aprendizagens, ou seja, o aluno apenas internaliza os conhecimentos perpassados para

utilizá-los futuramente, quando necessário. Já a aprendizagem por descoberta é realizada pelo estudante de forma independente, antes de qualquer assimilação cognitiva, o aprendiz descobre sozinho. Ausubel argumenta que, embora a aprendizagem receptiva seja tradicionalmente vista como automática e a aprendizagem por descoberta associada à significatividade, ambas podem ser significativas, desde que o aprendiz consiga conectar o novo conhecimento ao seu acervo de informações já existentes (Moreira, 2006). Dessa forma, compreende-se que, para Ausubel, teorias e métodos de ensino eficazes devem levar em consideração não apenas o conteúdo a ser ministrado, mas também o processo de aquisição da aprendizagem em sala e os aspectos cognitivos e sociais que interferem nesse processo.

A base da TAS está na organização hierárquica do armazenamento de informações no cérebro, onde conceitos mais específicos se conectam a conceitos mais abrangentes (Ausubel, 2007). Um conceito, conforme definido por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), é uma categoria de objetos, eventos ou propriedades que compartilham atributos essenciais e que podem ser representados por palavras ou símbolos. Esse sistema hierárquico é essencial para que a aprendizagem significativa ocorra.

“Tanto dentro como fora de classe, a aprendizagem verbal significativa é o meio principal de aquisição de grande parte do conhecimento” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 23). Nesse contexto, Moreira e Masini (1982) destacam que a interação direta e pessoal entre os indivíduos, especialmente através da linguagem, desempenha um papel fundamental na aquisição de uma aprendizagem significativa. Os autores complementam que esse tipo de interação muitas vezes se torna mais eficaz do que o uso de tecnologias e recursos avançados.

Fica evidenciado no estudo de Ausubel que toda aprendizagem significativa tem por base uma aprendizagem prévia, relevante e aplicável e que sem a concepção clara dos conhecimentos já adquiridos a aprendizagem torna-se meramente automática. Para Masini (2011), essa abordagem requer que os professores compreendam a totalidade e a complexidade do ser humano, seja nas manifestações culturais, sociais, afetivas e cognitivas, e que entendam seu papel dentro desse contexto.

Ausubel (2003) apresenta três tipos de aprendizagem significativa: representacional, proposicional e conceitual, cada uma com características e níveis distintos de complexidade. A aprendizagem representacional refere-se à associação entre símbolos arbitrários (como palavras ou expressões) e seus referentes, de modo que o aprendiz passa a atribuir a esses símbolos o mesmo significado compartilhado socialmente (Moreira, 2006). Esse tipo de aprendizagem constitui a base para as demais, pois é a partir da compreensão dos significados unitários que se tornam possíveis formas mais avançadas de aquisição de conhecimento.

A aprendizagem proposicional ocorre quando o significado de novas ideias, expressas em proposições ou frases, é integrado à estrutura cognitiva do aluno (Moreira, 2006). Ausubel divide esse tipo em três subcategorias:

- Subordinativa: acontece quando uma nova proposição significativa é relacionada a conceitos ou proposições superordenadas já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Por exemplo, ao aprender um detalhe específico de um conceito mais abrangente (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).
- Superordenada: ocorre quando uma nova proposição ou conceito mais amplo é relacionado a ideias subordinadas já presentes na estrutura cognitiva. É o caso de integrar informações isoladas em um entendimento geral mais amplo (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).
- Combinatória: refere-se à situação em que uma nova informação não se conecta diretamente a conceitos ou proposições superordenadas ou subordinadas. Contudo, essa nova proposição pode ser associada indiretamente a um conjunto de conteúdos relacionados já existentes, que, em conjunto, permitem a assimilação da nova ideia (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Por fim, a aprendizagem conceitual envolve a incorporação de conceitos de maneira mais ampla e global, permitindo ao aprendiz compreender os atributos fundamentais que definem um conceito (Ausubel, 2003). Os conceitos, por sua natureza, representam ideias genéricas ou categorias, e sua aprendizagem exige que o aluno relacione os critérios distintivos de um novo conceito com os conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). Essa forma de aprendizagem vai além da mera memorização de definições, promovendo uma compreensão substantiva e contextual.

Ausubel (2003) destaca que os três tipos de aprendizagem significativa são inter-relacionados. A aprendizagem representacional é a base para a proposicional, enquanto a proposicional frequentemente facilita a aprendizagem conceitual. No contínuo entre memorização e aprendizagem significativa, a aprendizagem representacional se aproxima mais da memorização, enquanto a proposicional e a conceitual refletem níveis mais elevados de processamento cognitivo e construção de significado (Ausubel, 2003).

Masini e Moreira (2008) apresentam um exemplo em que uma criança relaciona a palavra gato a um animal que tenha de estimação e para ela gato significa apenas o animal do seu convívio, isso é uma representação. A partir do momento que essa criança passa a associar

a palavra gato a vários outros tipos de gatos por suas semelhanças e características, ela passa a adquirir um conceito.

Enquanto que o suporte concreto-empírico auxilia também na assimilação de conceitos no caso de crianças novas, é possível utilizar-se conceitos importantes já adquiridos para acelerar o processo de definição dos atributos essenciais dos novos conceitos (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 48).

O fator mais importante para a Teoria da Aprendizagem Significativa é o que o aprendiz já sabe, destacam Moreira e Masini (1982), e as ideias já adquiridas pelo indivíduo são definidas como subsunçores. Quando da aquisição de novos significados, os subsunçores podem sofrer modificações e ser ampliados para associação com outros conceitos gerais. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) deixam claro que deve haver um interesse do próprio aprendiz em fazer associação de conceitos novos com os antigos e que caso isso não ocorra o produto da aprendizagem será automático, além disso também é necessário que um conteúdo potencialmente significativo esteja disponível na estrutura cognitiva do aprendiz. “Os conteúdos a serem aprendidos devem estar relacionados a experiências, relações e contextos que também tenham significado para esse aluno” (Barbosa, 2003, p. 331).

Moreira e Masini (1982) questionam: como a aprendizagem se torna significativa quando não se possuem subsunçores? Para os autores, a aprendizagem inicial nesse caso será mecânica. Trata-se de uma aprendizagem em que novas informações são assimiladas sem estabelecer interação significativa com os conceitos já presentes na estrutura cognitiva (Moreira, 2006), até que os significados se organizem e passem a ser relevantes na estrutura cognitiva. Conforme a aprendizagem ganha significado, os subsunçores se tornam mais complexos e mais capazes de apoiar a aquisição de novas informações (Moreira e Masini, 1982). Ausubel (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980) propõe a utilização de organizadores prévios que funcionem como âncoras para uma nova aprendizagem, ou seja, considera os organizadores prévios como uma estratégia eficaz para organizar a estrutura cognitiva e facilitar a aprendizagem significativa. Moreira e Masini (1982) concluem que eles funcionam como “pontes cognitivas”. Dessa forma, entende-se que os organizadores prévios são ferramentas importantes para o processo educativo, servindo como uma introdução ao conteúdo, preparando a mente dos alunos para integrar informações inéditas de uma forma mais significativa.

Masini (2011) destaca que as lacunas no entendimento de conceitos e ideias importantes demandam um aprofundamento dos significados dos conceitos, para que seja possível compreender a proposição em sua totalidade. Dessa forma, significa apresentar ao

aprendiz conceitos gerais ou comparativos antes de aprofundar os conceitos mais específicos da matéria. Ainda segundo Masini (2011) ao fornecer uma base contextual, esses organizadores facilitam a compreensão imediata, melhoram a retenção de conhecimento e reduzem a sobrecarga cognitiva, promovendo, assim, uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

É importante destacar que Ausubel (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980) reconhece que a aprendizagem significativa não se restringe apenas na aquisição e assimilação de uma nova informação, de um modo simplório, mas que essa nova informação produz modificação nos significados já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo e também no novo significado incorporado.

Os autores Pozo e Crespo (2009) discutem sobre a evolução do processo científico ao longo do tempo, destacando o pensamento positivista dentro da Ciência, que acreditava que o conhecimento científico era obtido simplesmente por observação da natureza, ou seja, uma descoberta direta a partir da observação. Contudo, os autores destacam que esse pensamento vem sendo superado por novas perspectivas que argumentam que o conhecimento científico não é meramente extraído da realidade, mas sim construído pelos cientistas através da observação e elaboração de modelos e teorias. Isso nos sugere que a Ciência é um processo construído socialmente, onde teorias são construídas para interpretar a realidade e os cientistas são engajados através de um diálogo entre a realidade, conhecimento e suas teorias, na busca por modelos que interpretem o mundo real (Pozo e Crespo, 2009).

A discussão retratada por Pozo e Crespo contrasta os métodos tradicionais e positivistas a métodos cognitivistas, como a TAS, que valorizam a construção ativa do saber. Essa perspectiva, fundamentada na premissa piagetiana de que o conhecimento é uma construção contínua a partir de estruturas prévias, encontra nos Mapas Mentais um suporte de sistematização representacional. Como instrumentos de externalização da estrutura cognitiva, os mapas permitem visualizar a significação da aprendizagem, evidenciando como o estudante organiza e hierarquiza os novos conceitos. Moran (2008) reforça a importância do envolvimento ativo do aluno no processo de ensino-aprendizagem. O autor sugere que o aprendizado se inicie com situações concretas, como histórias, vídeos, jogos, e que a partir dessas experiências, os alunos, gradualmente, possam incorporar informações e fazer suas reflexões.

Para além da teoria, a avaliação da aprendizagem significativa requer instrumentos que revelem a organização cognitiva do aluno. Nesse sentido, os mapas conceituais e mentais são instrumentos para organizar o pensamento e auxiliar na concretização do aprendizado.

Moreira (2012b, p. 1) descreve que os mapas conceituais “são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso”, e que podem ser utilizados para qualquer disciplina (Moreira, 2013). Contudo, mapas conceituais não são mapas mentais.

Mapas mentais são desprendidos, pessoais, seguem a lógica de quem está elaborando, sem uma hierarquia (Moreira, 2012). “No mapa mental as associações são completamente livres, enquanto que no mapa conceitual são aquelas aceitas no contexto da matéria de ensino” (Moreira, 2012c). Tecnicamente, é mais fácil a elaboração de um mapa mental do que um mapa conceitual, contudo, os mapas mentais, ainda assim, permitem a organização e prática dos conhecimentos (Triboli, 2004), pois apresenta várias execuções “trabalhos, leituras, discussões, reflexões e tem-se, como resultado, o aprendizado” (Triboli, 2004, p. 1)

Dessa forma, os mapas conceituais e mentais transcendem a função de meros instrumentos avaliativos, configurando-se como recursos de organização representacional. Na perspectiva da TAS, essas ferramentas permitem que o estudante externalize sua compreensão e sistematize os novos conceitos, conferindo significação à aprendizagem ao evidenciar como as novas informações foram ancoradas e hierarquizadas em sua estrutura cognitiva.

2.2 Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) e a imersão tecnológica no ensino de Química.

Os alunos, atualmente, vivem em uma sociedade globalizada, onde são constantemente expostos a diversas informações por meio das tecnologias da informação e comunicação (Santos; Alves; Porto, 2018). Evidencia-se a necessidade de conectar o aprendizado escolar ao mundo real e digital que eles experimentam. Dessa forma, as TDICs tornam-se mediadoras cada vez mais indispensáveis no processo de ensino e aprendizagem (Zuin, 2010).

Segundo Anjos e Silva (2018, p.9) “as tecnologias são artefatos que viabilizam ações, serviços, produtos, processos que ampliam as possibilidades de comunicação de um para um, um para muitos e de muitos para muitos”. Além disso, Rocha e Nakamoto (2023) ressaltam que as tecnologias não possuem um papel neutro dentro da sociedade, assumindo diferentes vertentes de acordo com a intenção de quem utiliza, dessa forma, carrega a possibilidade de gerar efeitos benéficos ou prejudiciais. Atualmente, a tecnologia permite o acesso a ambientes sintéticos, imersivos e de alta definição, que conseguem transportar o usuário para realidades alternativas, a baixo custo (Tori; Hounsell, 2018).

Para Alexandre Martins e Glaucia Eunice (2020), em seu livro intitulado *Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDIC) na Educação*, o termo *Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)* faz referência aos dispositivos eletrônicos, como computadores, tablets e smartphones. No entanto, os autores ainda ressaltam que outros pesquisadores como Kenski e Valente utilizam o termo *Tecnologias Digitais da Comunicação e Informação (TDICs)* e referem-se a ele como os dispositivos que convergem em várias tecnologias digitais, exemplos: softwares, smartphones e jogos virtuais (Anjos; Silva, 2018). Rocha e Nakamoto (2023) complementam que as TDICs estão associadas à utilização da *internet*.

Para Almeida e Valente (2012) as TDICs provocaram grandes transformações na evolução da sociedade, principalmente nos avanços científicos. Gaviria (2017) argumenta que não faz sentido ignorar o contexto social do qual as tecnologias fazem parte, evidenciando as tecnologias como agentes de transformação social.

Dessa forma, é importante compreender que a integração das TDICs no contexto escolar responde a uma necessidade contextual e social, visto que essas ferramentas já estão profundamente enraizadas no dia a dia dos estudantes fora da escola. Sob a ótica cognitiva, as tecnologias no ensino de Química ganham sentido ao tornarem visíveis modelos que antes eram apenas abstratos. Essa abordagem ajuda o aluno a traçar um paralelo entre o que ele observa no cotidiano e as dinâmicas microscópicas invisíveis a olho nu.

No entanto, a realidade das escolas públicas brasileiras impõe barreiras severas a essa inovação, a infraestrutura escolar ainda é um limitador. Não se trata apenas de levar a tecnologia para a sala, mas de lidar com a precariedade da rede, a falta de equipamentos e, principalmente, com o desafio de garantir que o professor tenha suporte e formação para mediar esse processo. O êxito da inserção das TDICs depende de um professor que atue como mediador crítico, capaz de superar os obstáculos técnicos e pedagógicos para potencializar a aprendizagem.

É exatamente essa mediação intencional que transforma as tecnologias em uma experiência imersiva significativa, proporcionando a exploração da escala atômica, fenômenos ou processos industriais de forma possível e interativa. Dessa forma, considerando o potencial das TDICs como apontado por Tori e Hounsell (2018), sua aplicação no ensino de Química expande as possibilidades dentro da disciplina. Essa abordagem facilita a compreensão dos conteúdos, além de desenvolver o pensamento crítico e a experiência prática mediada por tecnologias digitais.

2.3 Metodologias Imersivas no Ensino

A partir da compreensão do papel das TDICs como mediadoras do processo de ensino-aprendizagem, torna-se crucial explorar as ferramentas que ajudam a romper a barreira da abstração através da visualização de modelos científicos. Neste sentido, as metodologias imersivas, como a Realidade Aumentada, emergem como um campo promissor para a educação em Química, conforme detalhado na próxima seção.

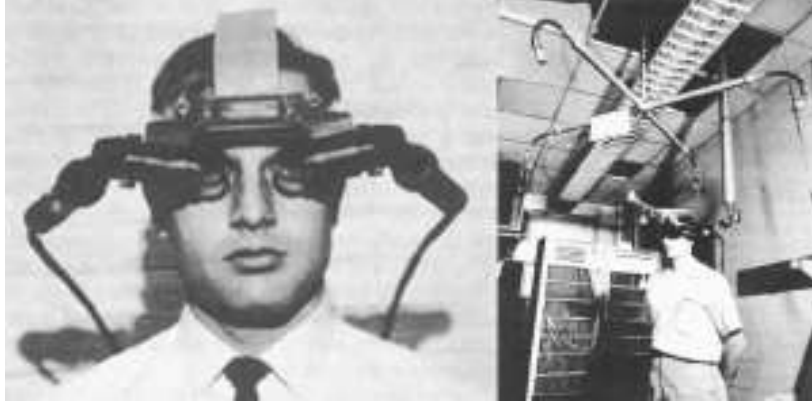
2.3.1 Realidade Aumentada

Kirner e Tori (2006, p.22) definem a RA como uma tecnologia que “mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação”. Outras definições semelhantes são apresentadas para especificar a RA, como a descrita por Azuma et al. (2001, p.34) “*system supplements the real world with virtual (computer-generated) objects that appear to coexist in the same space as the real world*”¹. Dessa forma, entende-se que a Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que sobrepõe elementos virtuais ao mundo real, ou seja, a RA combina elementos virtuais dentro do ambiente físico, proporcionando uma experiência imersiva e interativa. Sua utilização se dá através de dispositivos tecnológicos como monitores, *smartphones*, tablets ou óculos especiais, assim, o usuário consegue interagir com os objetos digitais integrados ao ambiente físico onde se encontra.

Azuma et al. (2001) aponta que o uso da RA teve início com os trabalhos de Sutherland, em 1960, que utilizavam uma ferramenta tecnológica para projeção de gráficos em 3D. Contudo, o termo Realidade Aumentada como apresentado aqui, só foi citado em 1992 em um artigo de Tom Caudell e Tom Mizell com foco no setor industrial (Ling, 2017 *apud* Tori; Hounsell, 2018). A partir daí novas pesquisas e produções surgiram nesse novo campo de estudo. Tori e Hounsell (2018) também descrevem que a integração da RA junto ao GPS e câmeras de celulares, possibilitou o desenvolvimento de vários jogos de sucesso. A Figura 1 representa o registro do primeiro display das realidades virtual e aumentada.

¹ Sistema que complementa o mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real.

Figura 1: Primeiro Display de Realidade Virtual e Aumentada



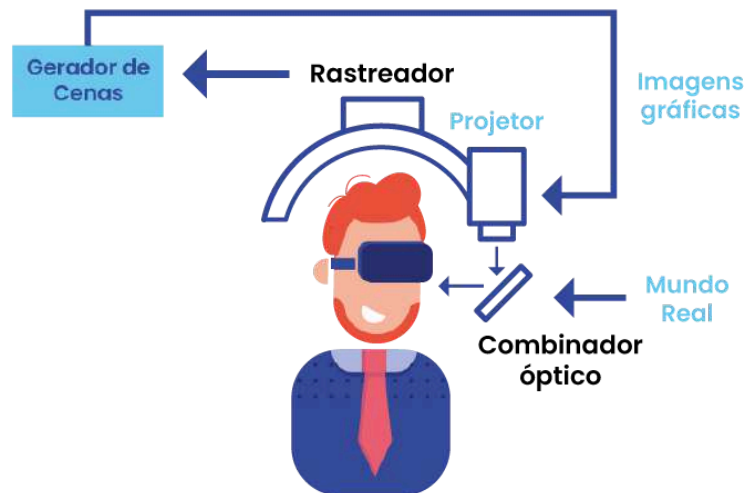
Fonte: *Sword of Damocles desenvolvido por Ivan Sutherland, 2014.*

Segundo Tori e Hounsell (2018, n.p.) “o *software* de RA deve promover o rastreamento de objetos reais e ajustar os objetos virtuais no cenário, tanto para pontos de vista fixos quanto para pontos de vista em movimento”. A varredura do ambiente real para a sobreposição dos objetos virtuais também faz parte do funcionamento da RA, pois assim as imagens se tornam coesas com o mundo real. O uso dessa nova tecnologia não se restringiu apenas a utilização no setor industrial, com os avanços nos estudos dentro da área, grandes empresas buscaram agregar essa ferramenta em diversos *softwares*.

Rodrigues (2021) elenca quatro tipos de sistemas de RA, são eles: sistema de visão óptica, sistema de visão direta por vídeo, sistema de visão por vídeo baseado em monitor e sistema de visão óptica por projeção.

Tori e Hounsell (2018) denominam o sistema de visão óptica de esquema visada óptica direta, onde as imagens são apresentadas diretamente na retina através de visor transparente em configuração de óculos ou por viseira de capacete ou ainda por lentes de contato, como representado na Figura 2.

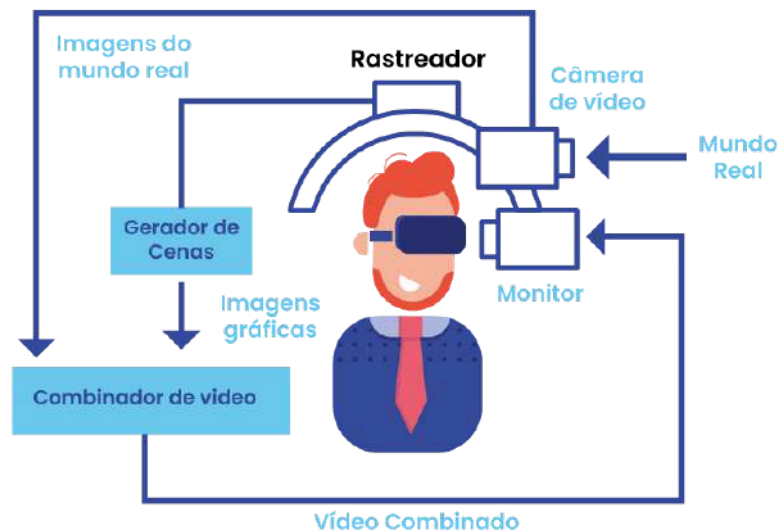
Figura 2: Sistema de visão óptica direta



Fonte: SEBRAE, 2023.

A Figura 3 representa o sistema de visão direta por vídeo, que consiste em capturar a imagem por câmera de vídeo e combinar as imagens virtual e real, apresentadas para o usuário através de um dispositivo de visualização, pode ser um capacete, uma tela de *smartphone* ou tablet. (Tori; Hounsell, 2018)

Figura 3: Sistema de visão direta por vídeo

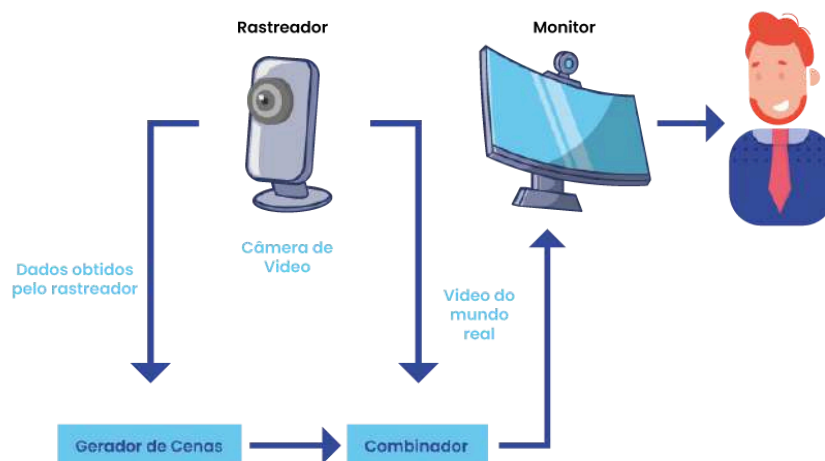


Fonte: SEBRAE, 2023.

No sistema de visão por vídeo baseado em monitor, Figura 4, utilizam-se telas ou projetores para exibir imagens capturadas por uma câmera fixa em um ponto do ambiente real onde combina a imagem real com objetos virtuais (Tori; Hounsell, 2018). Nesse tipo de RA o

usuário pode interagir dentro do ambiente real e virtual enquanto se vê na tela. “É também conhecido por RA baseado no uso de marcadores” (Rodrigues, 2021, p. 30).

Figura 4: Sistema de visão por vídeo baseado em monitor



Fonte: SEBRAE, 2023.

Já a Figura 5, demonstra o sistema de visão óptica por projeção, conhecida também como RA Espacial, que envolve a projeção das imagens virtuais diretamente nos objetos físicos, ampliando suas características. (Tori; Hounsell, 2018) “O usuário, neste caso, não necessita de vestir nem segurar nenhum dispositivo para visualização” (Tori; Hounsell, 2018, n.p.).

Figura 5: Captura de tela - Mesa tática de realidade aumentada



Fonte: Globoplay, 2015.

Portanto, como foi apresentado, a RA está sempre em evolução e tem potencial para transformar várias áreas, desde o setor industrial, educacional e o entretenimento. Com o avanço nas pesquisas que envolvem tecnologia, a RA continuará desempenhando papel importante dentro do ambiente no qual estamos inseridos, criando experiências diversificadas.

2.3.2 A Realidade Aumentada Na Educação

Avanços contínuos nas tecnologias proporcionaram que a RA se tornasse uma ferramenta cada vez mais acessível e útil na sociedade, transformando a forma como nós humanos interagimos com o mundo ao nosso redor, ampliando nossas possibilidades de aprendizado e entretenimento (Lopes; Pozzebon; Vidotto; Ferenhof, 2019). Como já informado, essa tecnologia possui diversas aplicações, desde jogos até a educação. Dentro do campo educacional, a RA pode tornar o aprendizado mais envolvente através da interação do mundo real e o virtual, permitindo que estruturas, objetos e processos concretos sejam visualizados de maneira concreta, facilitando a construção de conceitos que, de outra forma, seriam totalmente abstratos.

Altoé e Silva (2005) descrevem que o desenvolvimento da tecnologia educacional ocorreu na década de 1940, nos Estados Unidos, nas formações de militares durante a Segunda Guerra Mundial, onde ferramentas audiovisuais foram utilizadas como recurso nos treinamentos. Ainda segundo os autores, Tecnologia Educacional consolidou-se como disciplina acadêmica em 1946 e desde então a tecnologia educacional tem sido um campo contínuo de investigação para incluir uma variedade de ferramentas e práticas que melhorem o ensino e a aprendizagem.

Segundo Rodrigues (2021, p. 38), no contexto educacional, “a RA foi utilizada inicialmente em um curso profissionalizante de técnicos de impressora”, ainda na década de 1940, porém assumiu um papel de grande interesse nos anos seguintes após a aplicabilidade em jogos e “com o anúncio do produto Google Glass, em 2013” (Ling, 2017 *apud* Tori; Hounsell, 2018, n.p.). No Brasil, o marco se deu no início da década de 90, com estudos dentro da pesquisa em computação e engenharia. O pioneirismo é atribuído aos pesquisadores Claudio Kirner e Romero Tori, com a realização do primeiro evento brasileiro na área e a consolidação do *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR), em 1999, o principal fórum científico da área no país (Kirner; Kirner, 2011).

Sabendo que a RA pode ser usada para criar novas experiências com os estudantes, Tori e Hounsell (2018) concluem que RA oferece a possibilidade de ofertar ambientes virtuais e interativos aos alunos, onde os estudantes terão a oportunidade de visitar salas de aula e laboratórios virtuais, bem como museus, interagindo com professores e demais alunos. A ideia é que a RA associada às novas tecnologias ofereça uma experiência imersiva e prática, permitindo aos professores e alunos a criação de espaços de interação e aprendizagem que transcendam as limitações físicas.

2.4 A Integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) e da Realidade Aumentada (RA) no ensino e aprendizagem de Química.

Observamos, atualmente, que a educação não é algo meramente presente na escola ou em sala de aula. Aprendemos constantemente em todos os ambientes, sejam eles presenciais ou mesmo virtuais. Em uma sociedade onde a população faz uso cada vez maior das tecnologias, essa ferramenta passou a ter um significado maior dentro do processo de aprendizado dos alunos.

Estamos vivendo formas diferentes de aprender, ao mesmo tempo em que ainda vivemos em um ambiente organizado em torno da instituição escolar e do livro (Seixas, 2012). “Na sociedade atual, em virtude da rapidez com que temos que enfrentar situações diferentes a cada momento, cada vez utilizamos mais o processamento multimídico” (Moran; Masetto; Behrens, 2006, p. 20).

A integração de recursos tecnológicos deve ser acompanhada por uma visão pedagógica que priorize o protagonismo estudantil, permitindo que a internet atue como um elo integrador entre os diferentes espaços de ensino (Moran, 2012).

“O currículo de Ciências é uma das vias por meio das quais os alunos devem aprender a aprender, adquirir estratégias e capacidades que permitam transformar, reelaborar e, em resumo, reconstruir os conhecimentos que recebem” (Cabani, 1997; Pozo; Monereo, 1999; Pozo; Postigo; Crespo, 1995 *apud* Pozo; Crespo, 2009, p. 25). Essa reconstrução do conhecimento, como citado pelos autores, também se relaciona ao conhecimento prévio do aluno, com informações obtidas através de ensinamentos anteriores, o que constitui a aprendizagem significativa.

[...] a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (Moreira, 2012, p. 28)

Segundo os autores Santos e Schnetzler (1997), além de Fourez (2015), citados por Santos e Mortimer (2012), a alfabetização científica é uma necessidade mundial contemporânea, e que não basta apresentar as maravilhas das Ciências, mas sim disponibilizar à sociedade as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisões e compreender discursos de especialistas.

O ensino de qualidade que a sociedade demanda atualmente expressa-se aqui como a possibilidade de o sistema educacional vir a propor uma prática educativa adequada

às necessidades sociais, políticas, econômicas e culturais da realidade brasileira [...]. O exercício da cidadania exige o acesso de todos à totalidade dos recursos culturais relevantes para a intervenção e a participação responsável na vida social. (BRASIL, PCNs, 1997, p. 27)

Sob essa ótica, a promoção da cidadania e da alfabetização científica exige que o sistema educacional incorpore recursos que facilitem o acesso à totalidade dos conhecimentos culturais e científicos relevantes (Brasil, 1997). É nesse cenário de busca por uma educação que integre o acesso à informação e a participação responsável que as tecnologias imersivas ganham destaque.

Dentre essas tecnologias, a Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) configuram-se como ferramentas digitais que podem potencializar a alfabetização científica ao materializar ideias abstratas, auxiliando o professor na mediação de conteúdos complexos. Segundo Ribeiro e Zorzal (2011), que publicaram um livro sobre realidade virtual e aumentada, essa tecnologia envolve técnicas computacionais tridimensionais, nas quais o usuário explora o espaço através dos sentidos, seja visão, audição, tato e, dependendo da tecnologia, até mesmo o paladar.

Dessa forma, para Tori (2010), a Realidade virtual (RV) permite que os alunos vivenciem interações realistas com ambientes virtuais, configurando-se como uma ferramenta importante para aproximá-los dos conteúdos educacionais. E a realidade aumentada (RA) vem para complementar a RV com a projeção de objetos virtuais, possibilitando uma perspectiva mais real.

Atualmente a tecnologia está associada diretamente ao conhecimento científico, de forma que hoje tecnologia e ciência são termos indissociáveis (Santos; Mortimer, 2000). De forma conjunta ou alternativa ao livro didático, o professor, ao se deparar com as tecnologias educacionais precisa estar inserido num projeto de reflexão e ação, utilizando-as de forma significativa, tendo uma visão aberta do mundo contemporâneo, bem como, realizando um trabalho de incentivo às mais diversas experiências, pois as diversidades de situações pedagógicas permitem a reelaboração e a reconstrução do processo ensino-aprendizagem (Seixas, 2012).

Entendendo que, nos anos finais do ensino fundamental, os alunos estão vivenciando processos de amadurecimento psicológico, anatômico, social, que influenciam no âmbito educacional, essas variáveis devem ser levadas em consideração. [...] Ao longo do ensino fundamental, crianças e jovens constroem juízos de valor, cada vez mais abrangentes, a partir

de vivências em processos de investigação de apropriação das linguagens e do estabelecimento de relações entre a ciência, tecnologia e sociedade (Seixas, 2012).

Ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (Brasil, 2018, p. 321). Uma das competências específicas das Ciências da Natureza destacadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), refere-se exatamente à utilização de diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação, para produzir conhecimentos e resolver problemas na área de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.

Dessa forma, a associação das TDICs ao ensino de Ciências torna-se estratégica, pois os recursos digitais podem atuar como organizadores prévios ou materiais potencialmente significativos. Ao superar os limites dos métodos tradicionais, a utilização de ferramentas imersivas favorece a ancoragem de novos conceitos de forma ativa, garantindo que a interação entre o conhecimento prévio e o novo conteúdo resulte em uma aprendizagem de fato estável e dotada de significado.

2.5 TDICs associadas a RA e a Aprendizagem Significativa no Ensino de Química

Segundo Moran (2008), a escola contemporânea ainda não é atrativa para os alunos e que precisa renovar seus métodos de ensino. “A escola precisa partir de onde o aluno está, das suas preocupações, necessidades, curiosidades e construir um currículo que dialogue continuamente com a vida, com o cotidiano” (Moran, 2008, p. 1). Dessa forma, o autor deixa claro que existe uma necessidade de reformulação das práticas educacionais tradicionais, tornando-as mais atraentes e relevantes aos alunos, associando as experiências aos interesses dos estudantes, ou seja, um currículo diretamente ligado a sua vida cotidiana.

A autora Kenski (2003) aponta, em seu livro *Educação e Tecnologias: O Novo Ritmo da Informação*, que a tecnologia não deve ser associada apenas a máquinas. A escrita e a linguagem são tecnologias que foram aperfeiçoadas ao longo dos anos para contribuir com a informação da sociedade. Ainda segundo a autora, o ensino nas escolas se dá em sua maioria através da oralidade, onde o professor expõe e os alunos absorvem.

Moran (2008) destaca que a tecnologia, em si, não é o objeto final da educação, mas sim um instrumento que pode ser utilizado para facilitar e enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Kenski (2003) complementa que a tecnologia digital transformou a maneira

como a informação é transmitida e consumida, diferenciando-se das formas tradicionais de comunicação. Essa transformação citada por Kenski implica que os consumidores dessa tecnologia digital desenvolvam novas habilidades, capazes de fazer com que esses usuários naveguem, interpretem e utilizem as informações de maneira eficiente.

A Química é uma ciência importante e fundamental para a vida, seu conhecimento tem papel relevante para avanços que melhoram o cotidiano das pessoas, por isso essa Ciência é amplamente reconhecida e no contexto educacional vem apresentando valorização e disseminação com a ajuda dos meios tecnológicos (Leite, 2021). Dessa forma, novos recursos educacionais que contemplem o estudo da Química têm surgido nos últimos anos. Nerling e Darroz (2021) afirmam que os diversos instrumentos empregados no ambiente escolar são resultados de construções do conhecimento científico e representam avanços tecnológicos. Além disso, Lima e Moita (2011) indicam que esses avanços apontam para novos e modernos caminhos direcionados a uma abordagem inovadora no ensino de Química. Nesta pesquisa, entende-se por inovação não a mera inserção de recursos tecnológicos em sala de aula, mas a ruptura com o modelo de ensino meramente receptivo e automático.

Para que a interação entre tecnologia e o ensino de Química se dê de forma bem-sucedida, é importante orientar o processo educativo de forma a garantir que o conhecimento adquirido pelos estudantes seja relevante e aplicável, para isso é necessário que a abordagem educacional cumpra seus objetivos de ensino e de aprendizagem, tornando-os significativos e úteis para os alunos (Lima; Moita, 2011).

2.6 *Itreal*: plataforma imersiva de Realidade Aumentada²

Durante minha trajetória como professora e estudante acadêmica, fui apresentada à plataforma *Itreal* (*Immersive technologies for augmented and virtual reality*). Esse ambiente, desenvolvido por doutorandos da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN), objetiva trazer uma nova ferramenta interdisciplinar, acessível e capaz de reproduzir imagens em Realidade Aumentada (RA), difundindo tecnologias imersivas e tornando o ambiente educacional mais lúdico (Souza; Jucá, 2024). A plataforma funciona por *QR-codes* que permitem projetar estruturas em RA. Ao direcionar a câmera de um *smartphone* para os *QR-codes*, as projeções em 3D são exibidas de forma interativa e recreativa, dispensando a instalação de aplicativos

² Optou-se pelo uso da primeira pessoa do singular neste trecho específico para relatar a experiência direta da pesquisadora no desenvolvimento e aplicação da ferramenta *Itreal*, ressaltando o caráter subjetivo e autoral inerente à criação do artefato tecnológico e à condução da intervenção pedagógica.

adicionais, sendo acessíveis diretamente pela navegação *web*, através do *link*: <https://app.sanusb.org/itreal/> (Souza; Jucá, 2024).

Para utilizar o ambiente, basta acessar a página na *web* e criar um perfil, inserindo nome e uma imagem, que pode ser adicionada através de um endereço URL ou pelo *upload* de um arquivo em formato *.glb* (Souza; Jucá, 2024). A plataforma fornece o *QR-code* e marcador para visualização da projeção em 3D pela câmera do aparelho, indexando as imagens em um repositório (Souza et al., 2024b).

Os desenvolvedores da aplicação defendem que a ferramenta oferece uma experiência tecnológica simples e interativa, com potencial para uso educacional e para produção de materiais didáticos (Souza et al., 2024b).

3. METODOLOGIA

Esta seção descreve o percurso metodológico adotado para a realização desta pesquisa. Serão detalhados a caracterização do estudo, o local de aplicação, o público-alvo, as etapas da pesquisa e os instrumentos utilizados para a produção e análise dos dados, garantindo a transparência e a replicabilidade do processo investigativo.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Severino (2007), em seu livro sobre Metodologia Científica, descreve que há vários modos de se praticar uma investigação científica e que isso decorre da diversidade de perspectivas epistemológicas que podem ser adotadas e de eventuais aspectos que queira destacar.

Sob a perspectiva de Severino (2007), a pesquisa aplicada pode assumir diferentes delineamentos metodológicos, entre eles a pesquisa-ação. Segundo o autor, a pesquisa-ação é uma metodologia de pesquisa baseada não apenas na compreensão e observação dos fatos, mas também uma intervenção no cenário estudado, visando modificá-lo para uma maior colaboração entre os sujeitos participantes promovendo uma transformação na realidade apresentada. De forma semelhante, Thiollent (1986) reforça essa visão ao destacar a participação conjunta entre pesquisador e sujeitos envolvidos buscando a resolução de uma problemática. O autor também ressalta que a pesquisa-ação pode ser utilizada em diversos contextos, sejam sociais, corporativos ou educacionais, com o propósito de estimular nos participantes uma maior compreensão sobre as soluções para o problema enfrentado e os obstáculos que dificultam sua implementação. Dessa forma, esta dissertação trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, com delineamento de pesquisa-ação

Embora Thiollent (1986) não mencione diretamente a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), é possível estabelecer uma aproximação entre sua proposta de pesquisa-ação e os pressupostos da TAS, pois a abordagem do autor pressupõe o conhecimento prático e das experiências dos participantes, tornando-o mais relevante e significativo (Thiollent, 1986). Isso não apenas favorece o desenvolvimento cognitivo, mas também capacita os envolvidos a lidar de forma mais eficaz com os desafios e obstáculos do cotidiano.

Além disso, a pesquisa-ação se apresenta como uma metodologia flexível, pois valoriza o envolvimento dos participantes e reconhece a espontaneidade como relevante, captando aspectos que fogem aos procedimentos convencionais (Thiollent, 1986).

Para a fundamentação teórica, foi realizado um levantamento bibliográfico sistemático em acervos físicos e digitais como o Portal de Periódicos da CAPES, Google Scholar e Scielo. Os termos de pesquisa utilizados incluíram: "Realidade Aumentada", "Ensino de Química", "Teoria da Aprendizagem Significativa" e "UEPS". O marco temporal concentrou-se em publicações dos últimos 15 anos (2011-2025), ressalvadas as obras clássicas fundamentais. As revisões bibliográficas são importantes para obter um panorama sobre as TDICs que se utilizam de RA, uso da RA na educação e no ensino de Química.

Através da abordagem qualitativa, os dados coletados foram utilizados para a apresentação dos resultados e conclusão do estudo. Yin (2016) descreve que a pesquisa qualitativa reúne, integra e apresenta informações provenientes de várias fontes de evidências, sejam elas entrevistas, observações, análise de documentos e que essas múltiplas informações aumentam a credibilidade dos resultados e confiabilidade da pesquisa. Zanella (2011) explica que a abordagem qualitativa tem raiz na antropologia, dessa forma utiliza métodos indutivos, objetivando a descoberta, descrição de fenômenos de forma detalhada e entendimento da realidade dos participantes a partir de suas perspectivas. Foram observados os aspectos relacionados à aprendizagem dos alunos envolvidos na ação durante o período de execução com a utilização do recurso educacional digital, a fim de demonstrar as experiências e resultados para os demais professores e comunidade acadêmica.

Nessa expectativa, o presente estudo aplicou uma ferramenta pedagógica digital com o objetivo de aprimorar o processo de ensino-aprendizagem em Química. O recurso visa não apenas apoiar a prática docente, mas também promover a equidade educacional, diminuindo as disparidades de conhecimento entre os discentes.

3.2 Local do Estudo³

Esta investigação de mestrado foi realizada na Escola Estadual de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça, localizada no município de Caucaia, região metropolitana da capital Fortaleza–CE. A escolha dessa escola deveu-se ao fato de a autora desta pesquisa ter atuado como professora substituta na disciplina de Química, no período de 2018 a janeiro de 2025. A escola está localizada na região central do município de Caucaia, endereço Praça da Matriz, bairro Centro, CEP: 61600-030.

³ As informações apresentadas neste tópico são fundamentadas em documentos presentes na escola e no blog História do BCM criado pela comunidade escolar. HISTÓRICO DO BCM. História do BCM, 24 nov. 2010. Disponível em: <https://historiadobcm.blogspot.com/2010/11/historico-no-dia-5-de-setembro-de-1927.html>. Acesso em: 10 set. 2024.

Importante destacar que a pesquisa foi autorizada para aplicação na escola por meio do Termo de Infraestrutura (Apêndice D) assinado pelo Diretor regente da instituição na época. O Termo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), formalizando a permissão para implementação das ações planejadas, garantindo as permissões necessárias para utilização do RED envolvido na pesquisa.

Figura 6: Escola Branca Carneiro de Mendonça - Caucaia/CE



Fonte: Autora, 2026.

A EEEM Branca Carneiro de Mendonça, Figura 6, foi criada em 1927 sendo, primeiramente, chamada de Escola Reunida de Soure, na cidade de Soure, hoje Caucaia. Era a única escola presente no município naquela época, por isso recebia todo público estudantil, atendendo crianças até o ensino primário. Era adaptada numa casa, devido a grande demanda de alunos, até a construção do prédio oficial na Praça Matriz, onde recebeu o nome oficial de Branca Carneiro de Mendonça em homenagem à esposa do interventor do Ceará, Capitão Roberto Carneiro de Mendonça. Em 30 de Outubro de 1975, foi incorporada a rede Estadual de ensino do Ceará. Atualmente, a escola é considerada a maior em quantitativo de alunos da Coordenadoria Regional de Desenvolvimento da Educação (CREDE 1), que engloba os municípios de Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Guaiúba, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape e Pacatuba.

A escola é de ensino regular e dispõe de 13 salas de aula, sendo divididas em turmas de 1º ano, 2º ano e 3º ano do Ensino Médio, nos turnos manhã, tarde e noite. Além das salas de aula regulares, a escola dispõe de Sala de Multimeios, Sala de Informática, Laboratório de

Ciências e Sala de Atendimento Educacional Especializado (AEE). Os ambientes escolares possuem acesso a internet via *Wi-Fi* disponibilizados apenas aos professores e colaboradores. Dessa forma, para uso em sala de aula ou durante a estadia na escola, os alunos fazem uso da internet particular via tecnologias 3G e 4G.

3.3 Público alvo da pesquisa

Os participantes que atuaram nesse estudo são alunos da turma de 1º ano H do Ensino Médio, ensino regular, turno vespertino, da escola pública EEEM Branca Carneiro de Mendonça, na cidade de Caucaia, Ceará.

Para iniciar a pesquisa foi solicitada autorização prévia junto ao diretor escolar, através do Termo de Infraestrutura, enviado ao comitê de ética. A turma selecionada possuía 40 alunos matriculados. Após a obtenção dos Termos de Consentimento (TCLE) (Anexo C) e Assentimento (TALE) (Anexo B), a pesquisa foi realizada com 23 alunos que participaram efetivamente de todas as etapas da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Ressalta-se que a autora atuou como professora substituta na escola até janeiro de 2025, quando se desligou da função para assumir um cargo público, após aprovação em concurso.

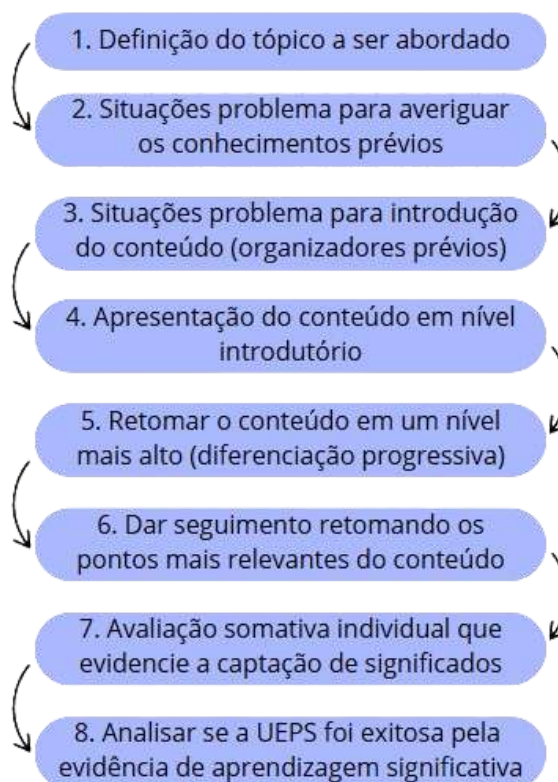
Embora não tenha atuado como docente regente de Química na turma em estudo, o contexto institucional e o ambiente educacional em questão é integralmente familiar à pesquisadora.

3.4. Sequência para aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

Moreira (2011) apresenta uma sequência de ensino, denominada Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), visando a promoção de uma aprendizagem significativa.

Moreira (2011) divide a sequência para a construção de uma UEPS em 8 momentos, apresentados na Figura 7.

Figura 7: Aspectos Sequenciais



Fonte: Autora, 2026.

Trazendo para o ensino de Química, sua construção começa com a definição dos objetivos educacionais que se deseja alcançar. Em seguida, o professor planeja atividades que introduzam, desenvolvam e consolidem esses objetivos. Cada atividade deve estar interligada, formando um todo coeso e coerente, que guie os alunos ao longo do processo de aprendizagem.

A escolha por aplicar a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) deu-se pela capacidade de estruturar e organizar o trabalho, tornando o planejamento do professor e a dinâmica das aulas mais eficazes para os alunos. Além disso, auxilia na construção dos conhecimentos de forma mais consistente, contribuindo para um entendimento mais significativo dos conteúdos. Dessa forma, utilizou-se a RA por meio da plataforma *Itreal* para abordagem dos assuntos sobre átomos, partículas subatômicas, elementos químicos e ligações químicas. É importante salientar que a BNCC (Brasil, 2018) orienta a utilização de diferentes plataformas e ferramentas digitais, enfatizando que essa competência é importante para o sucesso e a participação ativa em vários âmbitos da vida pessoal do estudante.

A aplicação da UEPS foi planejada para ocorrer em cinco encontros, sendo cada encontro de 4h/a semanais, de acordo com o horário da disciplina organizada na escola. A divisão da sequência dos encontros se deu da seguinte forma:

- 1º encontro (4h/a): Avaliação Diagnóstica e Introdução aos conceitos fundamentais.

Avaliação dos conhecimentos prévios através de um questionário diagnóstico para identificar concepções sobre átomos, moléculas e ligações químicas.

Introdução dos conceitos iniciais mais básicos. Perguntas motivadoras:

"O que será que compõe tudo o que existe ao nosso redor?"

"Será que a água, o ar e até mesmo nós somos feitos das mesmas coisas?"

Exibição de imagens ou objetos físicos (exemplo: um copo com água, uma bexiga cheia de ar, um pedaço de ferro, açúcar ou sal).

Questionamento: "O que essas substâncias têm em comum? Elas são formadas do quê?"

Os alunos registram suas respostas em cartões disponibilizados durante a aula. O objetivo desse primeiro momento é levantar hipóteses.

Através de situações-problema, conectar assuntos do dia a dia dos alunos despertando a curiosidade e incentivando a construção do conhecimento.

Situação-problema 1: O que acontece quando dissolvemos açúcar na água?

Situação-problema 2: Por que não conseguimos respirar debaixo d'água?

Situação-problema 3: Como o sal derrete o gelo nas estradas?

Situação-problema 4: Por que o gelo flutua na água?

Situação-problema 5: O que acontece quando acendemos uma vela?

- 2º encontro (4h/a): Diferenciação Progressiva - Parte 1: Conceitos e visualização.

Exposição do tema sobre átomos, moléculas e ligações químicas com auxílio de slides e atividade impressa, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos investigados no 1º encontro (2h/a).

Aprofundamento do conteúdo com a utilização do recurso educacional digital *Itreal* para visualização de modelos de átomos e moléculas interativas (2h/a).

- 3º encontro (4h/a): Diferenciação Progressiva - Parte 2: Aprofundamento e comportamento dos materiais.

Retomada do conteúdo do último encontro através das visualizações 3D produzidas no *Itreal*. Foco na pergunta central: Como a forma como os átomos se ligam (ligação iônica,

covalente, metálica) determina as características do material?

Nessa etapa o aprofundamento do conteúdo acontece com estudo dos tipos de ligações químicas, novamente com auxílio da visualização em 3D, para que os alunos comparem as estruturas.

Os alunos registram as principais conclusões e recebem orientações para o próximo encontro, consolidação e criação dos mapas.

- 4º encontro (4h/a): Consolidação e Integração da UEPS.

Retomada dos principais assuntos, seguido da construção de um Mapa Conceitual ou Mapa Mental sobre os principais conceitos trabalhados (átomos, moléculas, ligações químicas, propriedades das substâncias).

Aplicação dos conceitos através de um novo contexto, onde os alunos fazem a apresentação interativa explicando um conceito químico utilizando o *Itreal*, demonstrando sua relação com uma aplicação real.

- 5º encontro (4h/a): Avaliação somativa e Avaliação da UEPS.

Aplicação de questionário avaliativo pós aplicação da UEPS, com perguntas abertas e fechadas, semelhante ao questionário diagnóstico. Reflexão sobre o aprendizado e feedback dos alunos sobre o uso da RA com o *Itreal* e as atividades da UEPS.

3.5 Instrumentos para Coleta de Dados

Sabe-se que a avaliação da aprendizagem dos alunos é uma ferramenta importante dentro do processo educativo. Sob a ótica operacional, Luckesi (2002) argumenta que avaliar é “um modo de acompanhar a qualidade de um determinado curso em ação”, ou seja, a avaliação é um recurso agregado à ação de ensinar para analisar “seus efeitos positivos, suas fragilidades, assim como as necessidades de correção” (Luckesi, 2002).

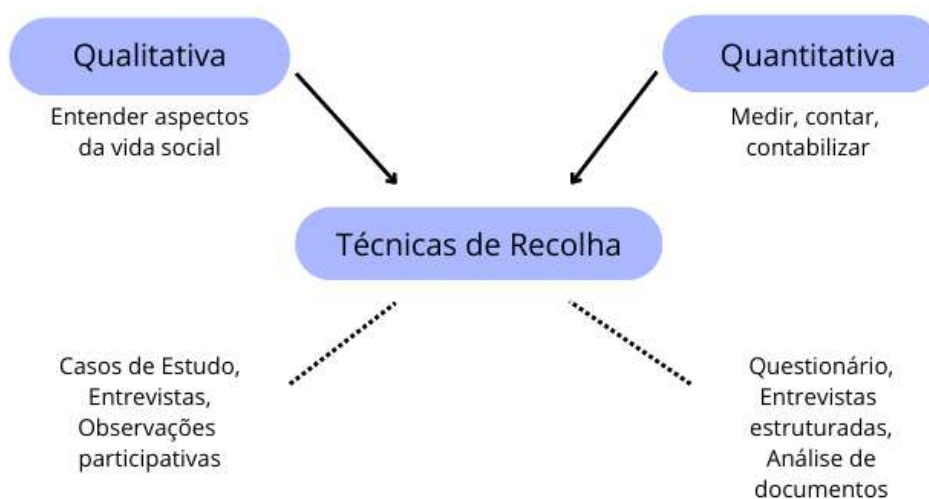
As avaliações escolares possuem um viés somativo, a fim de estabelecer uma classificação e reduz-se a uma aprovação ou não do estudante, porém cabe destacar que os instrumentos para coleta de dados e avaliação da aprendizagem aqui aplicados, não possuem caráter classificatório, mas sim um caráter diagnóstico e formativo, a fim de verificar se o ensino de Química através do método selecionado ocorreu de forma significativa. Depresbiteris e Tavares (2017) descrevem que a avaliação da aprendizagem construtivista, como Masini (2011) também classifica a TAS, é diferente da avaliação tradicional, pois não busca apenas aprovação e reprovação, mas sim uma avaliação contínua que acompanhe todo o

processo educacional, ou seja, uma avaliação focada no desenvolvimento progressivo do aluno.

Ausubel descreve pontos importantes que devem ser considerados para a avaliação do estudante, incluindo a “compreensão dos conceitos-chave em cada disciplina”, “pré-testes e pós-testes a longo prazo” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980), além disso, o autor sugere o uso de testes dissertativos para verificar se os alunos conseguem se expressar de forma clara, objetiva e coerente com o conhecimento adquirido, demonstrando compreensão e interligação de conteúdos. É importante salientar que Ausubel deixa claro que os testes a serem aplicados devem se comprometer com aquilo que realmente se propõe a medir (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). Dessa forma, para o autor, as avaliações devem ser válidas, fidedignas, representativas e exequíveis.

Gil (2002) menciona que, na pesquisa-ação, existem diversas abordagens para a coleta de dados, sendo as entrevistas e os questionários as mais utilizadas. O autor também destaca que a interação entre o pesquisador e os participantes oferece a adoção de flexibilidade na escolha dos métodos de coleta de dados. Silvestre e Araújo (2012) apresentam como acontece o tratamento e abordagem das técnicas qualitativas e quantitativas de análise de dados, diferenciando uma da outra, e destaca os seguintes elementos principais (Figura 8).

Figura 8: O tratamento e análise de dados



Fonte: Silvestre e Araújo, 2012.

Dessa forma, o questionário e a observação participativa são os instrumentos ideais encontrados para aplicação dos pré-testes e pós-testes, como sugerido por Ausubel (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Gunther (2003) discute sobre os questionários como instrumentos de pesquisa e reflete que esses instrumentos servem para coleta de informações, análise da percepção e conhecimento dos participantes. Contudo, o autor ressalta que os questionários devem ser elaborados a partir de objetivos bem definidos, com questões abordadas de forma clara, além de levar em consideração fatores cognitivos e emocionais dos participantes. Através desse método, buscamos avaliar os objetivos alcançados por essa pesquisa de mestrado.

Os participantes da pesquisa responderam aos questionários de forma anônima, assegurando o sigilo e a confidencialidade de suas informações. Esta ação tem como objetivo garantir uma maior liberdade de resposta aos estudantes, fazendo com que se sintam mais à vontade em responder e expressar suas opiniões, favorecendo a confiabilidade dos dados.

Inicialmente, os participantes responderam um questionário socioeconômico, elaborado a partir da seleção de itens presentes nos questionários utilizados pelo SAEB (Brasil, 2023) e pelo ENCCEJA (Brasil, 2013), com as devidas adaptações. Em seguida, os participantes responderam também um questionário sobre tecnologia móvel no cotidiano escolar. Ambos os instrumentos encontram-se disponíveis no Apêndice A.

Após esse momento inicial, em que os alunos foram informados das fases da pesquisa e da dinâmica das nossas aulas, deu-se continuidade à aplicação dos demais questionários.

3.5.1 Validação dos instrumentos de coleta de dados

A validação dos demais questionários elaborados para esta pesquisa foi realizada com base na validação de critério concorrente. Schweigert (1994) discute a validação de questionários, apresentando os conceitos de validação de conteúdo, validação de constructo e validação de critério. De acordo com o autor, a validação de critério refere-se ao quão correspondente são dois instrumentos de medição, sendo um deles previamente validado. Ou seja, é a capacidade de um instrumento se relacionar com outro já validado, garantindo maior confiabilidade.

Além disso, Schweigert (1994) subdivide a validade de critério em dois tipos: preditiva e a concorrente. A validade preditiva ocorre quando um teste tem como objetivo prever resultados futuros (Schweigert, 1994; USP, s.d.). Já a validade concorrente, adotada nesse estudo, compara um novo teste a outro já existente e validado (Schweigert, 1994; USP, s.d.). Essa abordagem reforça a confiabilidade dos questionários desenvolvidos nesta pesquisa.

A validação dos questionários diagnósticos, tanto o de estruturas cognitivas prévias quanto o questionário pós-implementação da pesquisa, foi realizada por meio de uma análise

por especialistas e análise comparativa entre as questões propostas e os instrumentos apresentados nos trabalhos de Silva (2010), Castro e Costa (2011), Costa (2020). Tais instrumentos, previamente validados e aplicados em contextos semelhantes ao desta pesquisa, conferem maior consistência metodológica. Essa correspondência reforça a adequação dos questionários para a coleta dos dados, garantindo confiabilidade, relevância e coerência com os objetivos do estudo.

Primeiramente, os instrumentos foram validados a partir da análise por especialistas, na qual a autora e sua orientadora avaliaram os itens com base na clareza, pertinência aos objetivos da pesquisa e adequação ao nível dos participantes. Em seguida, foi realizada a análise comparativa com os instrumentos já validados nos trabalhos citados anteriormente. A análise foi baseada no alinhamento teórico das questões com os pressupostos da TAS, correspondência dos conteúdos de Química das questões e dos instrumentos de referência, formato e clareza das perguntas.

Este processo conferiu aos questionários a validação necessária, assegurando que fossem consistentes e alinhados com os objetivos da pesquisa quanto às práticas estabelecidas. A forte correspondência com os instrumentos previamente validados em contextos similares oferece um indicativo da sua adequação e clareza para o público-alvo.

3.5.1.1 Questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias

O questionário teve como objetivo diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos. Intitulado “Questionário diagnóstico de integração de conceitos e aprendizagem” (Apêndice B), o instrumento inclui 10 questões relacionadas a átomos, partículas subatômicas e ligações químicas, visando identificar as concepções já estruturadas sobre conteúdos introdutórios de Química.

Como bem relatado por Lemos (2006, p. 64) “a natureza do conhecimento prévio do aluno é determinante do tipo de ensino a ser realizado”, sendo assim, o questionário para verificar o conhecimento prévio dos alunos influencia diretamente no decorrer da dinâmica da pesquisa, pois a partir dele o pesquisador adapta e personaliza os demais passos da pesquisa de forma mais eficiente, estabelecendo conexões entre os novos conhecimentos e aqueles já adquiridos pelos estudantes, num processo cumulativo de conceitos de forma significativa.

3.5.1.2 Questionário diagnóstico pós-implementação da pesquisa

Após os encontros de aplicação e intervenção por meio do uso do aplicativo de realidade aumentada, os alunos foram submetidos novamente a um questionário contendo as perguntas aplicadas no primeiro encontro atreladas a novas questões que englobam a ferramenta utilizada, compreensão e aplicação dos conhecimentos, reflexão e crítica. Este questionário foi nomeado de “Questionário de impacto e compreensão pós-intervenção” (Apêndice C) com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos estudantes em Química após uso da ferramenta disponibilizada e analisar o impacto desse RED na abordagem dos assuntos em sala de aula.

3.6 Da Metodologia e Análise dos Dados

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, buscando aprofundar a compreensão dos fenômenos investigados por meio de interpretação de dados ricos em contexto. De acordo com Creswell (2010), a abordagem qualitativa permite uma análise aprofundada e contextualizada, importante para a compreensão de perspectivas e experiências dos participantes.

O levantamento dos dados foi realizado por meio de questões discursivas em pré-teste e pós-teste, produção de mapas mentais e a observação dos participantes. Para análise dos dados, foram empregados elementos da Análise de Conteúdo para a interpretação das informações coletadas. A Análise de Conteúdo consiste na identificação, categorização e interpretação de temas relevantes (Rodrigues, 2017). Essa técnica é fundamental para a compreensão e contextualização das questões subjetivas presentes no pós-teste, permitindo uma análise aprofundada das perspectivas e significados atribuídos pelos participantes.

3.7 Aspectos Éticos

A pesquisa cumpriu todos os requisitos éticos da Resolução CNS nº 466/12, obtendo aprovação do CEP/IFCE sob o parecer nº 7.276.871 (Anexo A). A anuência dos participantes e responsáveis foi formalizada através da assinatura dos Termos de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo o sigilo e a voluntariedade da participação (Anexos B e C).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta a análise dos dados coletados durante a aplicação da UEPS, incluindo o questionário socioeconômico e sobre o uso de tecnologias móveis no ambiente escolar, o questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias e o questionário diagnóstico pós-implementação da pesquisa, bem como os mapas mentais produzidos pelos participantes.

Esta pesquisa de mestrado foi aplicada em uma turma de 1º ano do Ensino Médio na escola EEEM Branca Carneiro de Mendonça. A turma selecionada para aplicação da pesquisa foi a H, do turno vespertino, composta por 40 alunos matriculados. Contudo, ao longo da aplicação da UEPS, devido à frequência irregular e a desistência de alguns participantes ao longo do processo, a amostra final com participação completa em todas as etapas da UEPS foi de 23 estudantes. A frequência e a participação em toda a UEPS é critério importante para a coleta dos dados, pois entende-se que para determinar se a intervenção proposta foi significativa é necessária a participação em todas as etapas.

O baixo engajamento dos discentes representa um dos desafios mais presentes na educação atual, especialmente no Ensino Médio. A redução de 40 para 23 participantes pode ser interpretada como um dado relevante desta pesquisa. O desinteresse na participação de atividades propostas pela escola pode ser compreendido como um reflexo da relevância que o aluno atribui às tarefas impostas. A dificuldade em perceber a aplicabilidade dos conteúdos ou a falta de afinidade com as atividades propostas podem ter contribuído para as desistências. Isso evidencia que, mesmo com propostas inovadoras, a disposição para aprender, conforme aponta a Teoria da Aprendizagem Significativa (Moreira; Masini, 1982), é um processo único, contínuo e heterogêneo, que depende de condições subjetivas de cada estudante.

4.1 Realidade Aumentada no ensino de Química no Brasil: estado da arte.

O ambiente digital contemporâneo oferece diversas ferramentas para a educação, desde blogs e sites até aplicativos (*apps*) para dispositivos móveis, sendo estes últimos, cada vez mais utilizados nos últimos anos. Com o crescimento do uso de tecnologias digitais, os recursos tecnológicos tornaram-se uma ferramenta não apenas de comunicação, mas também de informação, conhecimento e cientificidade. Rezende et al. (2021) destacam que a interação que os recursos digitais proporcionam transforma o ambiente escolar em um espaço mais

dinâmico e criativo, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente, consequentemente, potencializando a assimilação do conteúdo.

A praticidade e acessibilidade de aplicativos educacionais os tornam aliados importantes na promoção do desenvolvimento estudantil. Dentre esses recursos, destacam-se os *apps* que unem a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), permitindo que professores e alunos possam explorar diferentes objetos e ambientes (Rezende et al., 2021). Essa facilidade de acesso via dispositivos móveis representa um marco na democratização de tecnologias que, anteriormente, eram restritas a laboratórios de alta complexidade.

Embora a RA possa parecer uma inovação contemporânea, ela não é algo tão novo para a sociedade. A ideia de ampliação de objetos reais já existe desde o século XVII; contudo, somente em 1968 um dispositivo foi desenvolvido com a capacidade de integrar imagens 3D geradas por computador com imagens reais (Tori; Hounsell, 2018) (Klettemberg; Tori; Huanca, 2021). É importante analisar que esse intervalo de tempo entre as primeiras concepções teóricas e a aplicação prática em sala de aula reflete não apenas a evolução do hardware, mas também uma mudança de paradigma pedagógico. Se no passado a RA era uma curiosidade técnica, hoje ela se consolida como um recurso de mediação cognitiva, capaz de quebrar barreiras de custo e infraestrutura física ao transformar o *smartphone* do aluno em um laboratório de visualização científica.

Objetivando investigar a aplicabilidade da RA no ensino de Química na Educação Básica, especificamente no cenário das pesquisas brasileiras, a presente pesquisa realizou um Estado da Arte entre os anos de 2019 a 2025 sobre a temática. Este estudo exploratório dos últimos cinco anos é uma forma de analisar produções científicas da área em um período determinado (Silva; Souza; Vasconcellos, 2020), o mapeamento identifica tendências e desafios. Busca-se um estudo do desenvolvimento e evolução dos trabalhos na área de interesse (Teixeira, 2023). A escolha por essa modalidade de pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender como a RA vem sendo incorporada nas salas de aula do Brasil nos últimos anos. Esse recorte permite uma análise crítica da evolução dessas práticas em um período de constante evolução tecnológica, marcado, inclusive, pela pandemia de Covid-19. A pandemia de Covid-19 alterou profundamente a rotina global e impôs novos paradigmas ao contexto escolar, moldando a prática docente na incorporação de recursos digitais e ressignificando o papel das tecnologias imersivas no ensino.

A busca pelos trabalhos acadêmicos foi realizada, primordialmente, por meio do repositório Google Acadêmico, utilizando a ferramenta de pesquisa avançada. O recorte temporal foi delimitado entre os anos 2019 e 2025, focando exclusivamente em publicações

brasileiras, o que incluiu artigos, dissertações e teses. Para refinamento da busca, foram utilizadas as palavras-chave “realidade aumentada” e “ensino de química” combinadas. Inicialmente, foram localizados mais de 700 trabalhos relacionados ao tema, porém foi necessário uma triagem dos arquivos envolvendo a leitura dos títulos e resumos com auxílio do *software* de gestão de referências bibliográficas *Zotero*. Este processo permitiu a exclusão de trabalhos que não se relacionavam ao estudo de Química ou que não utilizavam a RA como um recurso pedagógico, resultando na seleção de 47 pesquisas para análise aprofundada.

Em um panorama geral do estudo, nos últimos seis anos observou-se um aumento significativo no interesse e aplicação da RA como ferramenta pedagógica no ensino de Química no Brasil. Essa tendência evidencia a busca por estratégias que promovam a visualização de modelos e a mediação ativa (Leite, 2020), favorecendo a superação de barreiras e a estabilidade de novos conhecimentos.

A análise dos trabalhos selecionados revelou um panorama diversificado na aplicação da RA, abrangendo desde propostas didáticas até a criação de recursos digitais. A maior parte das produções científicas se concentra em utilizar a RA para a compreensão de ideias abstratas dentro da disciplina. Destaca-se o desenvolvimento de *apps* educacionais de RA para ensino de Química, como o Educaquim (Angelim; Varela; Angelim, 2023), ARTOM (Pereira et al., 2020), Molecular (Siessler et al., 2022), e *Géométrie des molécules* (Miranda; Freire, 2024) com simulações interativas envolvendo átomos e moléculas. Já o *app* GEOMOL (Nunes; Rodrigues, 2023), por sua vez, foi desenvolvido para auxiliar a aprendizagem do conteúdo de geometria molecular com o auxílio da RA. Isso demonstra que a RA permite uma transição mais suave entre as fórmulas estruturais e a geometria molecular real. Nascimento et al. (2024) reforça que a tecnologia é um recurso chave para superar a abstração dos modelos atômicos, permitindo que o estudante “manipule” o invisível.

O campo da RA está evoluindo para além da simples visualização, uma vertente emergente foca na utilização da RA para promover inclusão e a colaboração. Destaca-se o trabalho de Fernandes (2022), que incorporando também elementos de jogos e interação social adaptou o jogo *Interactions 500* para desenvolvimento do *Accessible Interactions 500*, aplicado a alunos surdos e ouvintes para abordagem de conteúdos da Química Orgânica. Paralelo a isso, Coelho (2020) investigou como a Aprendizagem Cooperativa, quando apoiada pela RA, potencializa o rendimento no ensino de química a partir de grupos de aprendizagem cooperativa, transformando o uso do *smartphone* em uma ferramenta de construção coletiva do conhecimento. Vários estudos trouxeram a avaliação da eficácia da RA no ensino de

Química, constatando o potencial da RA para tornar as aulas mais atrativas e participativas, promovendo uma aprendizagem reflexiva e uma maior interação entre professores e alunos (Grando; Cleophas, 2021) (Amaro, 2025). No entanto, a literatura também aponta uma necessidade na mediação pedagógica e formação continuada dos professores para o uso efetivo dessa tecnologia (Nascimento; Moreira; Pizzato, 2021) (Grando; Cleophas, 2021). Dessa forma, observa-se que a eficácia da RA está vinculada à mediação e ao planejamento docente, o que reforça a urgência de investimentos em formação continuada. Santos (2019) discute que a integração tecnológica no currículo não deve ser vista como uma substituição do papel do professor, mas como uma renovação das práticas que exige intencionalidade didática.

Em síntese, este Estado da Arte revela, portanto, uma área de pesquisa em expansão, onde a RA se consolida como uma ferramenta promissora para a superação da abstração inerente a muitos conceitos químicos. Contudo, a existência de recursos digitais não garante a transformação da prática pedagógica. Articular o potencial tecnológico e a intencionalidade didática do professor, ainda é um desafio. É nesse ponto, entre o que a tecnologia pode fazer e o que de fato é aplicado em sala de aula, que esta dissertação se insere. Enquanto muitas ferramentas são focadas no aluno-usuário, a plataforma *Itreal*, objeto deste estudo, propõe-se não somente a interação plataforma-aluno, mas a capacidade de empoderar o professor a criar seu próprio conteúdo podendo aplicar em tipos abrangentes ou específicos de interação, sem a necessidade de um *app* adicional aos dispositivos eletrônicos

4.2 Primeira semana

Para dar início a uma UEPS, precisamos definir o(s) tema(s) a ser(em) abordado(s) durante a sequência. A proposta dessa pesquisa foi tratar a temática de átomos, seus modelos atômicos, estruturas moleculares e suas ligações.

Inicialmente, no primeiro encontro da UEPS, foram apresentadas todas as etapas que seriam aplicadas ao longo das cinco semanas de intervenção.

Como instruído por Moreira (2011), nesse momento inicial realizou-se uma sondagem dos conhecimentos já adquiridos pelos alunos, uma investigação dos conhecimentos prévios por meio de um questionário.

Além do questionário para diagnóstico das estruturas cognitivas prévias, optou-se também por aplicar um questionário socioeconômico e sobre o uso de tecnologias móveis na

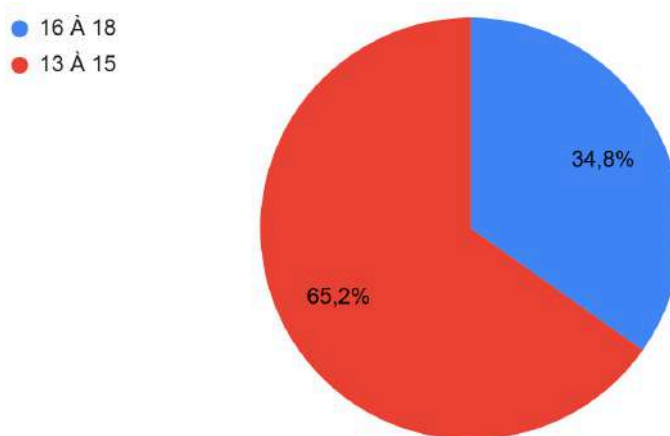
escola. As informações colhidas também foram de grande relevância para a progressão da UEPS e são apresentadas a seguir.

No segundo momento do primeiro dia, os alunos foram instigados a trabalhar situações-problema com assuntos básicos e introdutórios de Química, relacionando conteúdos do dia a dia.

4.2.1 Análise e caracterização socioeconômica dos estudantes

Conforme ilustrado no Gráfico 1, 65,2% dos 23 estudantes participantes têm entre 13 e 15 anos de idade, faixa etária recomendada no Brasil para ingresso no 1º ano do Ensino Médio. Observa-se também que 34,8% dos alunos informaram ter idade entre 16 e 18 anos, o que é comum nesta etapa, devido a alguns fatores como distorção idade-série, repetência ou matrícula antecipada ou tardia. Quanto à distribuição por sexo, 11 dos alunos são do sexo masculino e 12 do sexo feminino.

Gráfico 1: Contagem de Idade

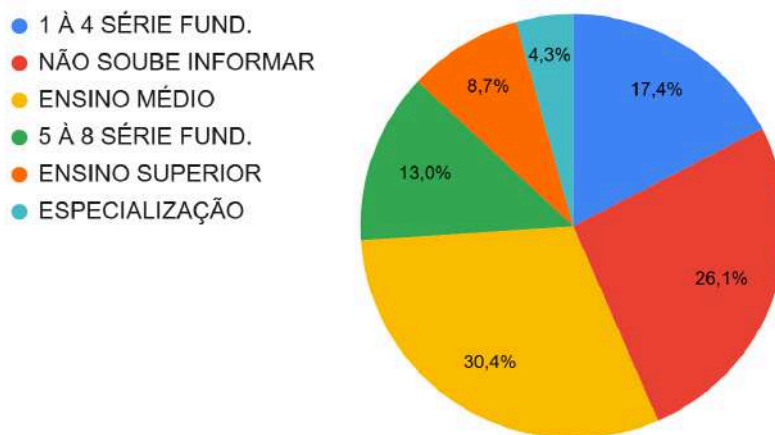


Fonte: Autora, 2026.

Quanto à autodeclaração de cor, 4,3% declaram ser indígena, 4,3% amarelo, 13% preto, 26,1% branco e 52,2% pardo. 4,3% dos participantes também declararam morar sozinho, 4,3% moram com mais de 10 pessoas, 26,1% declararam residir com 1 a 3 pessoas e 65,2% indicaram morar com 4 a 7 pessoas. O questionário também nos forneceu dados sobre o tipo de moradia e localização, evidenciando que 8,7% das residências estão localizadas em território indígena, 21,7% na zona rural e 69,6% em zona urbana, sendo 21,7% de residências alugadas e 78,3% casa própria.

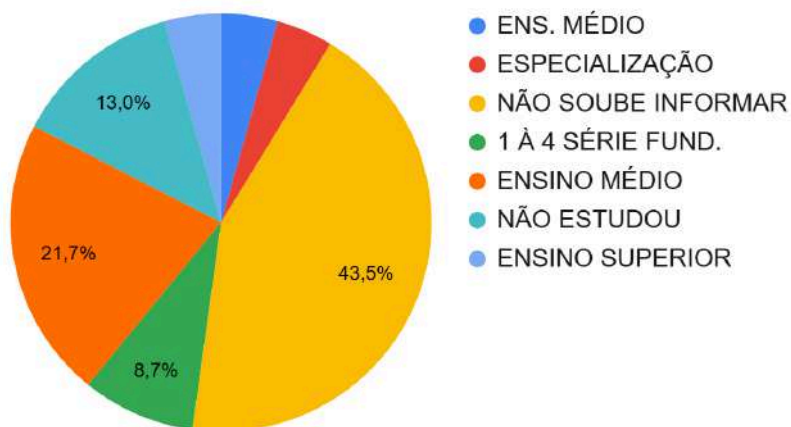
Foram colhidos dados com relação à escolaridade também dos pais, porém muitos alunos não souberam confirmar essa informação, como representado abaixo, nos Gráfico 2 e Gráfico 3.

Gráfico 2: Contagem de Escolaridade da Mãe



Fonte: Autora, 2026.

Gráfico 3: Contagem de Escolaridade do Pai



Fonte: Autora, 2026.

No que se refere à renda familiar, 43,5% dos participantes declararam renda de até um salário mínimo, 39,1% entre um e três salários, 8,7% afirmaram não possuir renda, 4,3% declararam renda entre seis e nove salários e outros 4,3% entre nove e doze salários. Além disso, 38,1% dos estudantes informaram que trabalham ou já trabalharam, e dentre eles, dois estudantes declararam possuir renda própria entre um e três salários. Entre os oito participantes que afirmaram que já trabalharam ou trabalham, apenas um relatou que trabalhar

no Ensino Médio atrapalha os estudos e esse mesmo também declarou que já reprovou na escola uma vez. Os demais relataram que o trabalho possibilita crescimento pessoal e não atrapalha os estudos.

4.2.2 Análise do questionário sobre tecnologia móvel no cotidiano escolar

Esse questionário foi elaborado e aplicado com o objetivo de investigar o uso de tecnologia móvel dentro do ambiente escolar. Tendo em vista que o desenvolvimento do estudo tinha como ferramenta de tecnologia móvel o celular, foi de suma importância analisar a percepção e o comportamento dos alunos em relação a esse aparelho.

É importante destacar que, em janeiro de 2025 foi sancionada a Lei nº 15.100, que restringe o uso de celulares nas escolas (Brasil, 2025). Dessa forma, os alunos ficam legalmente proibidos de utilizar dispositivos eletrônicos durante as aulas e intervalos, permitindo exceções apenas para fins pedagógicos. Assim, antes da aplicação e utilização do aparelho celular no estudo, foi solicitada autorização prévia à gestão da escola e informado à comunidade escolar a finalidade do uso da ferramenta durante as aulas da pesquisa, ressaltando a importância para a sondagem e desenvolvimento das etapas da pesquisa.

Verificando os dados coletados dos 23 estudantes participantes, apenas 6 informaram não levar celular para a escola. Sobre a frequência de uso do dispositivo, 8,7% informaram usar sempre, 4,3% frequentemente, 47,8% raramente e 39,1% nunca usam celular na escola. Dentre as atividades para uso do celular listadas no questionário, sete alunos destacaram o uso para pesquisas escolares. Dois estudantes informaram que além das pesquisas escolares, também utilizam o celular para se comunicar com os colegas. Oito alunos informaram utilizar o celular para outros fins, como acesso ao sistema *Aluno On-line*, jogos, *Whatsapp*, comunicação com a Mãe ou apenas para verificar as horas.

Ao questionar sobre a permissão do uso de celular em sala de aula, sete alunos responderam que dependia do professor, enquanto os demais foram unânimes em declarar que não há permissão. Embora a escola conte com uma rede *Wi-Fi* privada, os alunos não possuem senha de acesso, sendo, portanto, restritos a utilização. A resistência inicial e a rigidez observada na escola quanto ao uso de dispositivos móveis, em conformidade com a Lei nº 15.100/2025 dialoga com as preocupações levantadas por Grando e Cleophas (2021) sobre a necessidade de mediação pedagógica rigorosa. Apesar da Lei restringir o uso recreativo, os resultados desta intervenção demonstram que, quando o celular é integrado com intencionalidade didática, ele deixa de ser um objeto de distração para se tornar um meio de

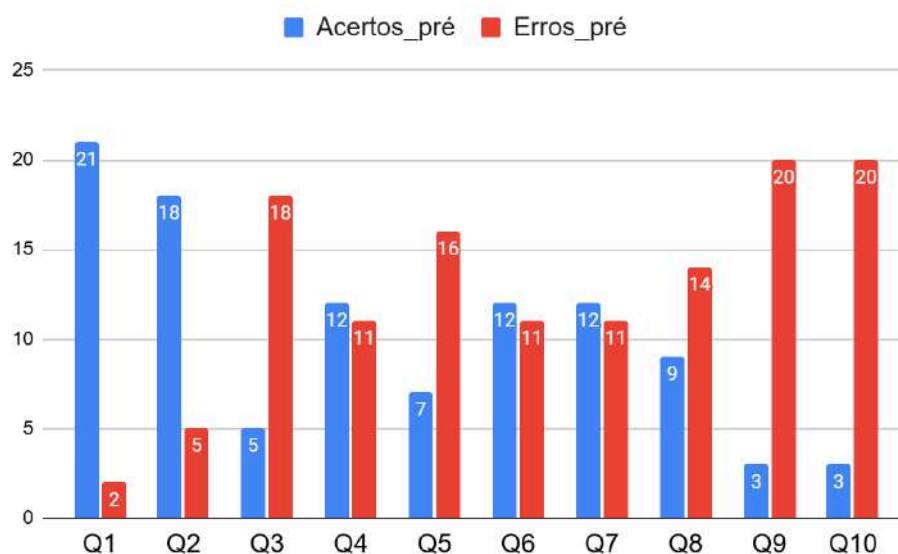
aprendizagem imersiva. Esse cenário reforça a tese de Santos (2019) de que a proibição pura e simples deve ser substituída pela renovação das práticas docentes mediadas por tecnologia.

4.2.3 Análise do questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias

Analisar o conhecimento prévio dos participantes é uma das primeiras etapas enumeradas por Moreira (2011) dentro de uma UEPS. Essa anamnese inicial é importante para se verificar o conhecimento já presente na estrutura cognitiva do aluno e a partir dela organizar as demais etapas da sequência.

Como apresentado no Apêndice B, o questionário continha dez questões objetivas com temas relacionados ao átomo, sua estrutura, substâncias e suas ligações. No Gráfico 4, são apresentados os resultados do questionário diagnóstico, com os acertos e erros a partir do conhecimento prévio.

Gráfico 4: Resultado do questionário diagnóstico das estruturas cognitivas prévias



Fonte: Autora, 2026.

A primeira questão versava sobre o que é matéria e 21 dos 23 alunos responderam corretamente. Já a segunda questão solicitava a definição de átomo e a grande maioria dos alunos, 18, marcaram a opção correta. Esse resultado sugere que os alunos já tiveram algum primeiro contato com a temática de Matéria e Átomos, dessa forma conseguem fazer a associação dos conceitos da forma exata, ou seja, são ideias já pertencentes a eles, os subsunçores.

Quando questionado no item 3 sobre as partículas que fazem parte do núcleo do átomo, apenas 5 estudantes responderam corretamente. Já na questão 4, quando questionado o que são os prótons, 12 alunos responderam corretamente e 11 alunos incorretos. Nas questões posteriores podemos observar um número maior de itens com respostas incorretas. Essa tendência de respostas erradas nos sugere que esses conceitos e ideias ainda não foram ancoradas pelos estudantes, não foram significativos.

Na pergunta 5, questionados sobre a partícula que possui carga neutra, apenas 7 alunos acertaram. As questões 6 e 7 versavam sobre os elétrons e seu comportamento no átomo, nos dois itens, 12 estudantes acertaram e 11 erraram.

Na Tabela 1, apresentada logo abaixo, são demonstradas as porcentagens de acertos correspondentes a cada questão.

Tabela 1: Porcentagem de acertos no pré-teste

Questão	% Acertos_pré
Q1	91,30%
Q2	78,26%
Q3	21,74%
Q4	52,17%
Q5	30,43%
Q6	52,17%
Q7	52,17%
Q8	39,13%
Q9	13,04%
Q10	13,04%

Fonte: Autora, 2026.

Através da Tabela 1 observamos as questões 9 e 10 com o menor percentual de acertos, 13,04%, representando apenas 1 aluno dos 23 participantes. As questões tratavam, respectivamente, sobre substância pura e mistura e sobre ligações químicas. Esse pequeno número de acertos nos revela que essas temáticas não foram ancoradas no “sistema cognitivo” dos alunos.

Para Atkins (2012), o ensino de química perpassa por três níveis de representação: o macroscópico, o microscópico e o simbólico. A compreensão maior de Química se dá quando esses três níveis são contemplados, ou seja, o ensino de química é fortalecido quando transita entre esses três aspectos. Gilbert (2006) ressalta que os conteúdos de química devem ser trabalhados em diferentes contextos, com relevância para a vida dos alunos, fazendo com que

os mesmo façam elos de ligação com outros contextos. Dessa forma, entendemos que para a compreensão dos conceitos que envolvem o átomo e sua estrutura precisamos trabalhar as ideias abstratas unindo-as com o contexto representativo, sensorial e social do aluno.

Assim, a análise das 10 questões objetivas antes de iniciar a metodologia do estudo foi muito relevante para traçar as demais etapas da UEPS. Identificar os pontos já consolidados e os menos consolidados pelos alunos permite um direcionamento de como trabalhar os assuntos escolhidos.

4.2.4. Introdução do conhecimento por meio de situações-problema

As situações-problema, propostas na introdução da UEPS, tiveram como objetivo introduzir a abordagem dos conteúdos, investigar o conhecimento prévio dos alunos e a capacidade de formular hipóteses. As respostas apresentadas não foram classificadas como certas ou erradas, porém foram o ponto de partida para as discussões coletivas em sala de aula e os estudantes puderam expor suas ideias levando em consideração seus conhecimentos prévios.

Inicialmente, buscou-se ativar a curiosidade dos alunos com perguntas motivadoras, como: “O que será que compõe tudo que existe ao nosso redor?”, fazendo uso de imagem de diferentes objetos e materiais. Na sequência os estudantes receberam diferentes situações-problema contextualizadas, Figura 9, elaboradas com a intencionalidade de verificar o conhecimento a respeito dos fenômenos químicos e físicos. Para Pozo e Crespo (2009) o ensino de Ciências se torna mais eficaz quando parte das dúvidas e ideias que os próprios alunos já possuem.

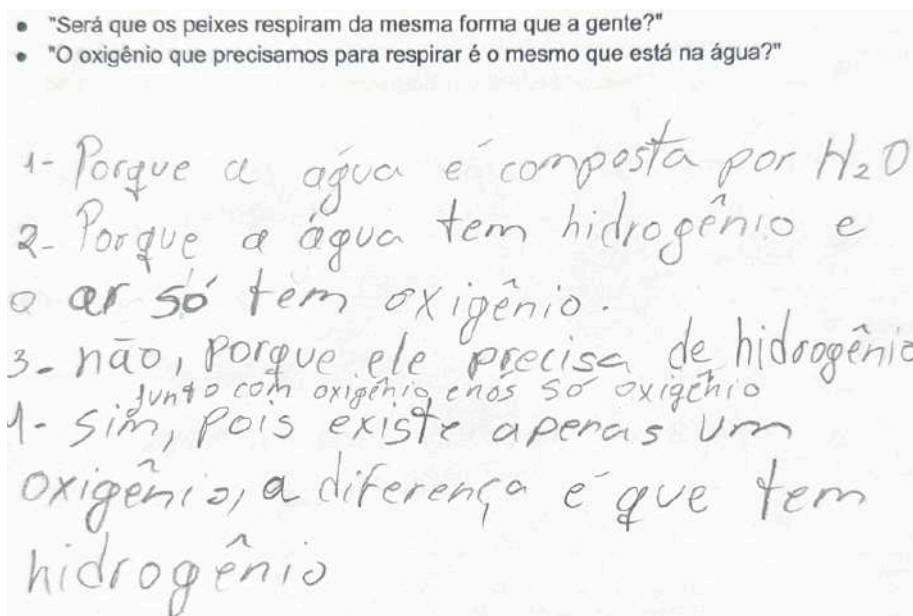
Figura 9: Atividade colaborativa resolvendo as situações-problema da UEPS



Fonte: Autora, 2026.

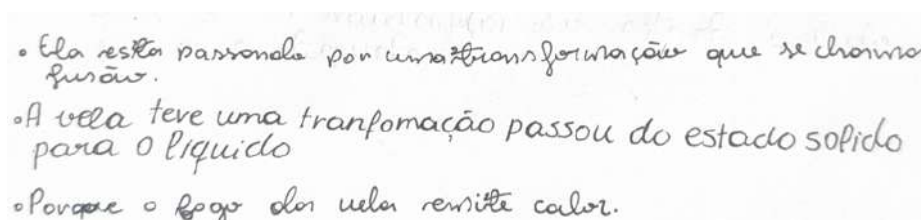
Algumas respostas apresentadas pelos estudantes às situações-problema estão a apresentadas abaixo, nas Figuras 10 e 11.

Figura 10: Resposta apresentada pelos alunos a situação-problema 1



Fonte: Autora, 2026.

Figura 11: Resposta apresentada pelos alunos a situação-problema 5 - O que acontece quando acendemos uma vela?



Fonte: Autora, 2026.

Numa análise preliminar, as respostas revelam concepções fundamentadas em ideias intuitivas. O conhecimento prévio dos estudantes revela ainda uma dificuldade em diferenciar certos conceitos, como o de fenômenos físicos e químicos. Os alunos também apresentaram a confusão entre o Oxigênio molecular (O_2) e o Oxigênio ligado a molécula de água (H_2O), um obstáculo epistemológico (Bachelard, 1996). Tal constatação traz uma importante indicação ao professor sobre a necessidade de prever essa dificuldade específica no planejamento didático. Assim, evidencia-se a necessidade de reforçar a diferença entre átomos, elementos, moléculas e substâncias, utilizando a RA como ferramenta para materializar essas diferenças e superar o obstáculo antes que ele se consolide na estrutura cognitiva do estudante.

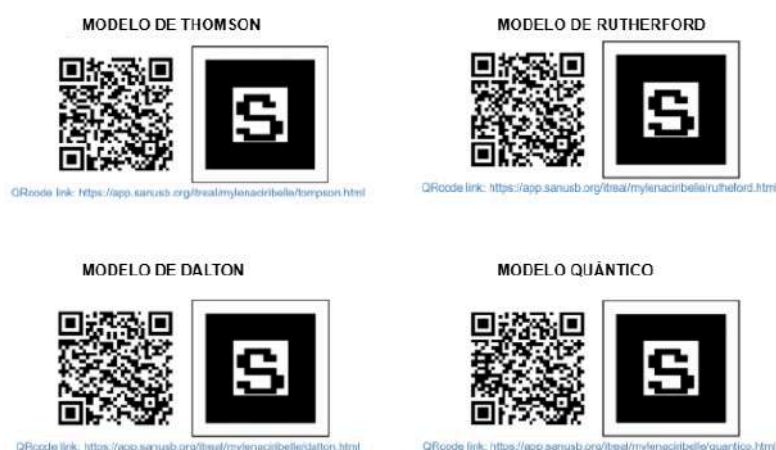
Esses resultados reforçam que os conhecimentos prévios, embora seja um ponto de partida, exige uma intenção e intervenção pedagógica para promover uma mudança do modelo cotidiano para o modelo científico (Pozo; Crespo, 2009).

4.3. Segunda Semana

Na segunda semana de aplicação, iniciaram-se os assuntos pré-definidos para essa UEPS. Para isso, foram utilizadas aulas através de slides, apenas com conteúdos introdutórios.

Na etapa de diferenciação progressiva, os conteúdos de átomo, partículas subatômicas, modelos atômicos e moléculas, foram trabalhados com o auxílio da plataforma *Itreal*. Nesse momento, os alunos fizeram a utilização dos celulares para a visualização das estruturas em 3D através dos *QRcodes* disponibilizados, como mostra a Figura 12.

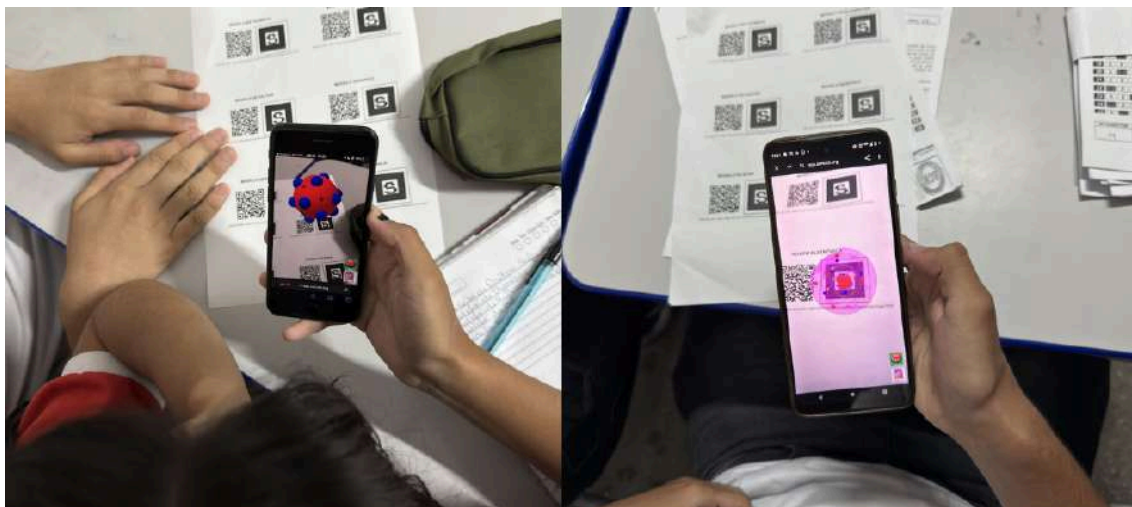
Figura 12: Marcadores de *QRcodes* produzidos com a plataforma *Itreal*



Fonte: Autora, 2026.

As imagens geradas foram muito atrativas e fizeram com que os estudantes pudessem associar a evolução do modelo de átomo ao longo dos anos e identificar corretamente as partículas subatômicas, sua localização e cargas, além de associar essas representações aos modelos teóricos estudados (Figura 13).

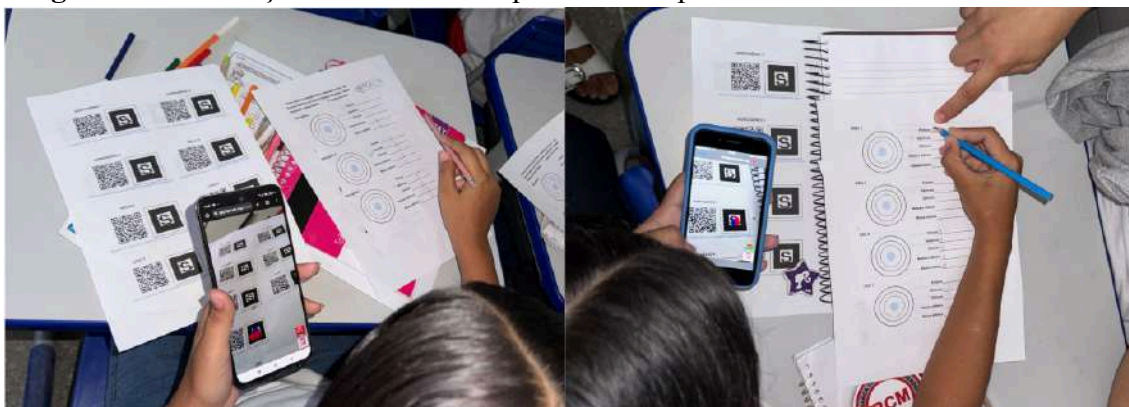
Figura 13: Aplicação da atividade com Realidade Aumentada



Fonte: Autora, 2026.

Além da visualização com RA dos Modelos Atômicos estudados, os estudantes realizaram uma atividade impressa e com auxílio dos marcadores puderam fazer a resolução com a visualização 3D de diferentes átomos, fazendo a identificação das partículas subatômicas (Figura 14).

Figura 14: Resolução de atividade impressa sobre partículas subatômicas com marcadores



Fonte: Autora, 2026.

4.4. Terceira semana

No terceiro encontro trabalhou-se a diferenciação progressiva, onde houve o aprofundamento dos conteúdos básicos estudados anteriormente. A aula focou no conteúdo de ligações químicas, formação das estruturas moleculares e a propriedade dos materiais. Novamente, as visualizações em 3D proporcionadas pela plataforma *Itreal* serviram como mediadoras, como mostra a Figura 15.

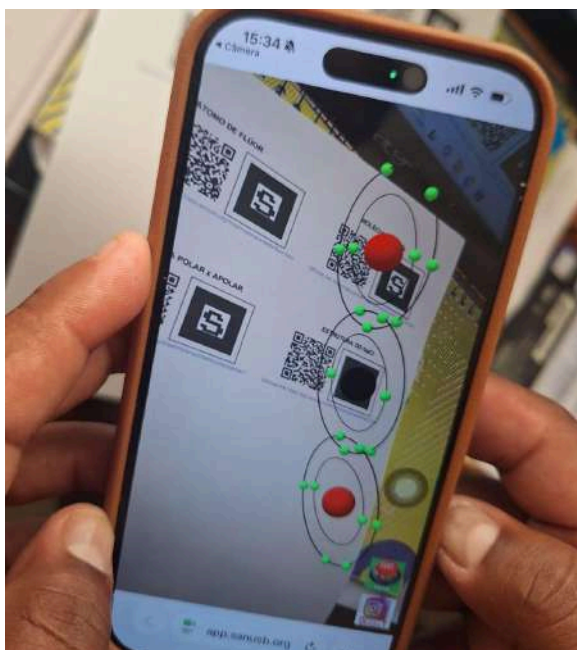
Figura 15: Marcadores de *QRcodes* produzidos com a plataforma *Itreal* para a Diferenciação Progressiva



Fonte: Autora, 2026.

Os alunos puderam conectar o nível macroscópico com o microscópico. A visualização de estruturas como do cloreto de sódio (NaCl), dióxido de carbono (CO₂) e molécula polar e apolar, conforme ilustrado na Figura 16, permitiu aos estudantes a superação de abstração inerentes ao tema.

Figura 16: Visualização 3D da molécula de CO₂



Fonte: Autora, 2026.

4.5 Quarta Semana

No quarto encontro da UEPS, fase da consolidação e integração do conhecimento, o objetivo era verificar a capacidade dos alunos de fazerem associações entre os conceitos trabalhados (átomos, moléculas, ligações químicas) e de aplicarem esse conceito em outros contextos. Para isso, foi utilizada a produção de Mapas Conceituais/Mentais que serviram de instrumento de avaliação da organização dos conhecimentos adquiridos e da hierarquia conceitual dos estudantes. Os alunos fizeram as devidas apresentações com auxílio do *Itreal*. A análise focou na qualidade de organização dos mapas e na capacidade de associação do conhecimento.

4.5.1 Análise dos Mapas Mentais

Os mapas foram utilizados para complementar a avaliação, juntamente com os questionários aplicados durante as aulas, com objetivo de verificar indícios de uma aprendizagem significativa. Assim como os “mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento” (Moreira, 2012, p. 5), os mapas mentais também foram empregados com o intuito de evidenciar a organização das ideias dos alunos em relação aos conteúdos trabalhados. Dessa forma, no 4º encontro, os alunos foram orientados a produzirem seus mapas mentais, destacando significados que lhes eram importantes sobre os conteúdos trabalhados.

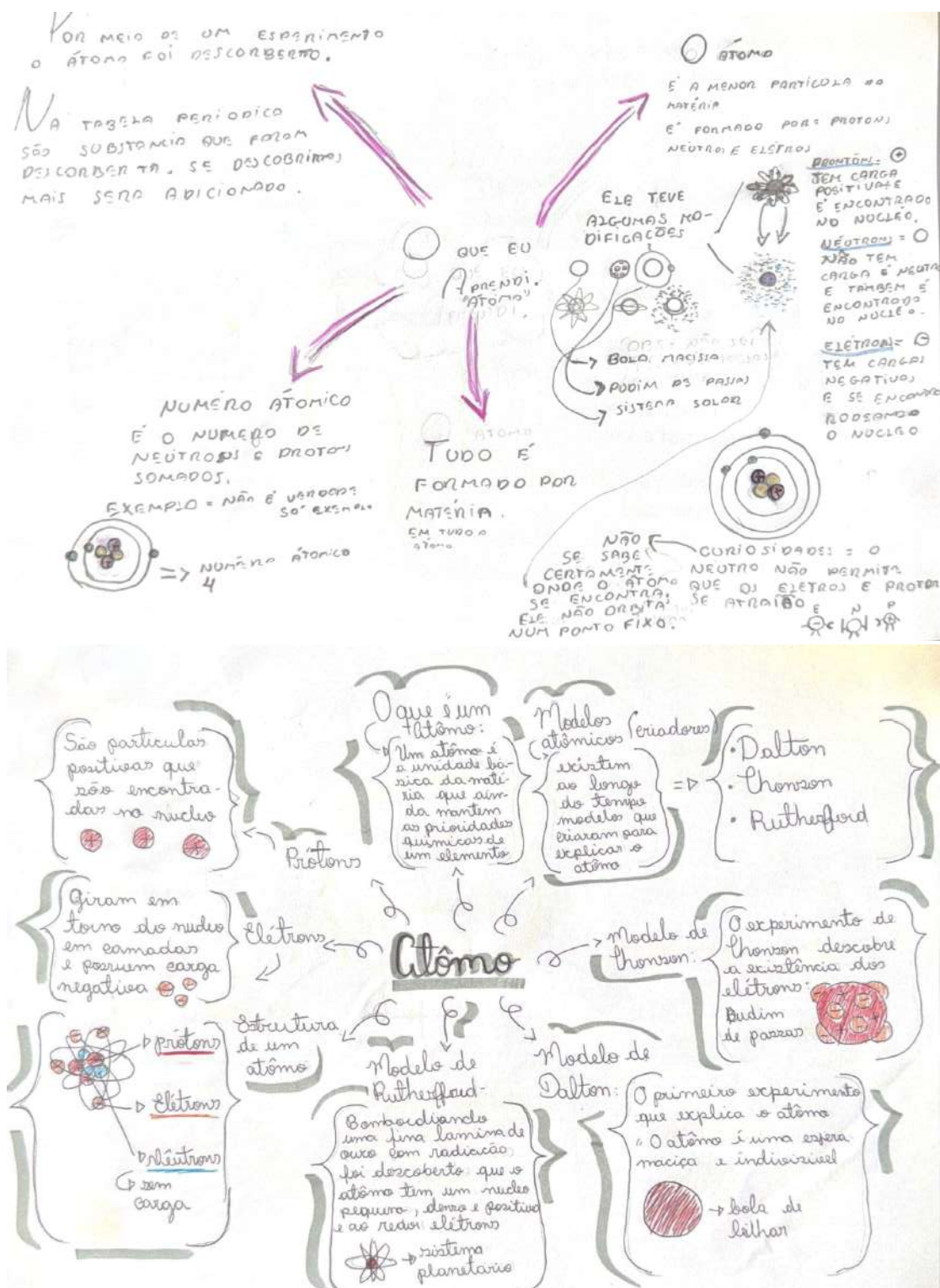
Os mapas foram construídos de formas diversas, de acordo com a organização que os próprios alunos acharam viável. Cabe destacar o momento de colaboração observado nessa etapa da aplicação. Os alunos puderam dividir suas experiências e trocar informações pertinentes, auxiliando uns aos outros na produção do mapa. Esse momento de colaboração e troca de informações observado durante a produção dos mapas mentais, corrobora com a perspectiva de Aprendizagem Cooperativa defendida por Coelho (2020). O autor argumenta que a RA quando aplicada em contextos coletivos, potencializa a interação entre os indivíduos e a construção social do conhecimento. Assim, a tecnologia não isolou o aluno, mas serviu como um objeto de interesse comum que estimulou a interação e a diferenciação progressiva dos conceitos trabalhados da UEPS.

Esperou-se que os mapas mentais revelassem informações importantes e que destacassem a aprendizagem dos estudantes, evidenciando o progresso e a forma como

assimilam os conceitos, sem a necessidade de classificá-los como corretos ou não, como descrito por Moreira (2013).

Os mapas mentais apresentados nas Figuras 17 e 18 esboçam a perspectiva de aprendizado dos alunos sobre os conteúdos trabalhados durante essa investigação acadêmica.

Figura 17: Mapas mentais produzidos pelos estudantes



Fonte: Autora, 2026.

Os mapas demonstram uma organização e elaboração única entre os participantes. Os conceitos e ideias expressos evidenciam aquilo que os participantes acham importante e que de fato se familiarizam, muitos se destacaram de forma positiva, com juízo correto.

Volto a destacar que este estudo não tem por objetivo quantificar ou classificar os mapas produzidos, mas identificar indícios de uma aprendizagem efetiva, significativa. Observa-se nos mapas que os alunos mobilizam conhecimentos prévios, como os conceitos de átomo e matéria, trabalhados na introdução desta UEPS, atuando como subsunçores para novas informações. Nota-se também a presença da diferenciação progressiva, quando os alunos tornam um conhecimento mais geral em algo mais específico, como ao representar os diferentes Modelos Atômicos. Por fim, identifica-se a reconciliação integrativa, quando passam a organizar e conectar conceitos, como ao compreender que o número atômico corresponde ao número de prótons.

4.6 Quinta semana

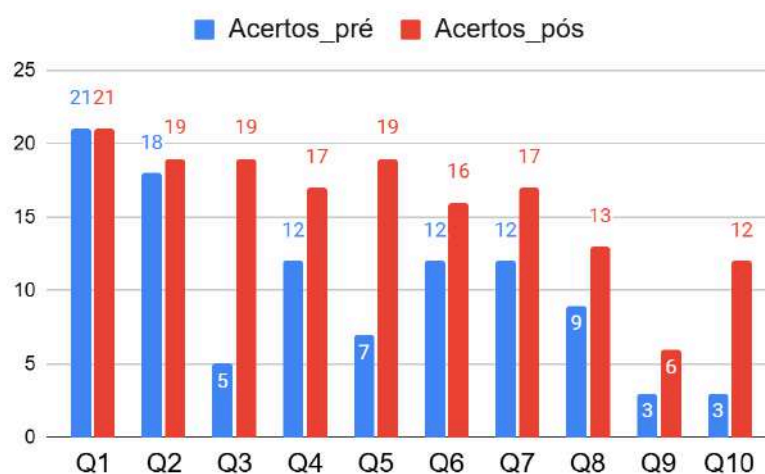
O último encontro da UEPS foi dedicado à avaliação somativa e avaliação da própria UEPS, como indicado por Moreira (2011). Neste subtópico estão descritos os dados recolhidos durante a realização da sequência, bem como as análises realizadas no questionário aplicado após a intervenção da pesquisa. Dessa forma, a análise inclui as atividades realizadas durante os encontros, mapa mental produzido pelos alunos e novo questionário.

O questionário de impacto e compreensão pós-intervenção foi utilizado para avaliar os novos conhecimentos adquiridos ou reordenados pelos estudantes. Seu diferencial para o questionário diagnóstico consistiu na inserção de mais cinco questões discursivas que foram analisadas com elementos da Análise de Conteúdo.

4.6.1 Análise do questionário de impacto e compreensão pós-intervenção

Uma das últimas etapas da sequência proposta por Moreira (2011) consiste em uma avaliação somativa para averiguar a consolidação dos conteúdos. A avaliação aplicada consistiu nos mesmos 10 itens aplicados no questionário diagnóstico, além de 5 questões discursivas. As questões objetivas foram, novamente, analisadas através da estatística descritiva. O Gráfico 6 apresenta o comparativo de acertos para as 10 questões aplicadas no questionário diagnóstico e reaplicadas no questionário pós-implementação da pesquisa.

Gráfico 5: Comparativo de acertos nos questionários pré-aplicação e pós-aplicação da UEPS



Fonte: Autora, 2026.

O gráfico nos apresenta a grande diferença nas respostas declaradas pelos alunos participantes em cada questão. Itens que anteriormente apresentaram baixíssimas porcentagens de acertos, apresentaram uma grande evolução. A Tabela 2 apresenta as porcentagem de acertos nos questionários após a aplicação das etapas da UEPS.

Tabela 2: Porcentagem de acertos no questionário pós aplicação da UEPS

Questão	% Acertos_pós
Q1	91,30%
Q2	82,61%
Q3	82,61%
Q4	73,91%
Q5	82,61%
Q6	69,57%
Q7	73,91%
Q8	56,52%
Q9	26,09%
Q10	52,17%

Fonte: Autora, 2026.

Comparando as porcentagens da Tabela 1 e 2, calculou-se o percentual de variação entre os acertos pré e pós intervenção da UEPS, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Variação de acertos dos questionários pré e pós intervenção da UEPS

Questão	Variação
Q1	0,00%
Q2	4,35%
Q3	60,87%
Q4	21,74%
Q5	52,17%
Q6	17,39%
Q7	21,74%
Q8	17,39%
Q9	13,04%
Q10	39,13%

Fonte: Autora, 2026.

O aumento expressivo de 60,87% no índice de acertos da Questão 3 (Q3), que abordava as partículas constituintes do núcleo atômico, confronta positivamente com as conclusões de Nascimento et al. (2024). Segundo os autores, a RA atua como um potente mediador na superação da abstração inerente aos modelos atômicos, permitindo que o estudante visualize o que é invisível ao olho nu. Nesse contexto, a utilização da plataforma *Itreal* funcionou como um ‘organizador prévio’ (Moreira, 2012), facilitando a ancoragem do novo conhecimento de forma mais estável do que o método puramente tradicional.

Por outro lado, o percentual ainda baixo de acertos da Q9 (26,09%), no pós-teste, sugere que, apesar do suporte visual da RA, certos temas químicos exigem um tempo maior de maturação. Este dado confronta com a visão puramente tecnocêntrica, alinhando-se ao que propõem Pozo e Crespo (2009) quando descrevem que a mudança de ideias é um percurso contínuo e gradual. Isso evidencia a plataforma *Itreal* como uma ferramenta potente, mas que deve estar inserida em ciclo contínuo de retomada e aprofundamento para que a aprendizagem seja, de fato, significativa (Ausubel, 2003).

Além dos 10 itens objetivos já analisados, outras 5 questões discursivas foram agregadas ao questionário de impacto e compreensão pós-intervenção da pesquisa. As respostas dos 23 participantes às questões discursivas foram analisadas por componentes do método de Análise de Conteúdo Categorical de Laurence Bardin. A autora descreve que essa análise é simples e a mais utilizada, permitindo separar o texto em unidades e fazer inferências através das mensagens descritas, possibilitando a transformação de dados qualitativos em quantitativos (Bardin, 2016). “Os pesquisadores realizam a codificação do

conteúdo, fazendo a aplicação de códigos, que vão formar categorias (Sampaio; Lycarião, p. 45).

A categorização seguiu as etapas definidas por Bardin (2016): pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. As categorias foram definidas de acordo com os objetivos da pesquisa e da natureza das questões, como detalhado no Quadro 1.

Quadro 1: Categorias definidas para análise

1. Concepção Correta	Respostas conceituais corretas; demonstram compreensão adequada dos conceitos químicos; explicações coerentes
2. Concepção errônea	Respostas incorretas; definições equivocadas; mistura de termos científicos
3. Incompleta	Respostas fragmentadas; sem articulação conceitual
4. Sem resposta/em branco	Questões sem respostas
5. Resposta mínima	Respostas que contenham apenas “sim” ou “não”, “talvez”, respostas extremamente sucintas
6. Motivação/Engajamento	Respostas com indícios de envolvimento positivo com a atividade/UEPS; descrição sobre gostar da atividade, achar interessante e/ou divertido
7. Facilidade/dificuldade	Respostas com relatos sobre a facilidade ou dificuldade de aprender com a UEPS e a plataforma utilizada
8. Interatividade	Resposta com referência ao recurso digital como auxílio na aprendizagem
9. Aprendizagem percebida	Declarações sobre a evolução da aprendizagem; Relato do aluno sobre ter aprendido ou não
10. Resposta ilegível	Incompreensão da resposta/relato da questão

Fonte: Autora, 2026.

Os quadros 2 à 6, listados abaixo, apresentam a categorização das respostas discursivas apresentadas pelos participantes do estudo por questão.

Quadro 2: Categorização das respostas discursivas para a Questão 1

Na plataforma <i>Itreal</i> , você visualiza uma representação 3D de um átomo. Quais componentes são visíveis e qual é a sua disposição?			
ALUNO	QUESTÃO	RESPOSTA	CATEGORIA(S)
A1	Q1	Pode ser visualizado o núcleo com prótons e	1

		nêutrons e os elétrons em volta orbitando	
A2	Q1	Bem, pelo que eu sei eu vi tudo	2
A3	Q1	Átomo = núcleo, elétrons, Linhas = órbita, prótons, nêutrons, suas cores, eles girando	1
A4	Q1	Eu vi prótons, elétrons e nêutrons	1
A5	Q1	Vimos elétrons, nêutrons, prótons, átomos e etc	1
A6	Q1	Os elétrons, nêutrons, prótons, átomos etc	1
A7	Q1	A bola 3D são representando um átomo	3
A8	Q1	Sem resposta	4
A9	Q1	Deu pra visualizar os prótons, elétrons e nêutrons e como eles se comportam	1
A10	Q1	Sem resposta	4
A11	Q1	Sem resposta	4
A12	Q1	Os prótons, elétrons e os nêutrons	1
A13	Q1	Sem resposta	4
A14	Q1	Todos são visíveis e acho que deveria melhorar na parte de visualizar	7
A15	Q1	Prótons em destaque com a cor vermelha com um sinal de "+", elétrons com destaque de azul com um sinal de "-" e nêutrons no núcleo com nenhum sinal e uma cor mais escura	1
A16	Q1	Muito bom as cores coloridas	6; 7; 8
A17	Q1	Todos são bem visíveis e práticos	6; 7; 8
A18	Q1	Sim	5
A19	Q1	Átomo, elétrons.	1; 3
A20	Q1	Sem resposta	4
A21	Q1	Dá pra ver o núcleo, a quantidade de prótons, elétrons.	1
A22	Q1	Resposta ilegível	10
A23	Q1	Foi possível ver átomos diferentes, o núcleo com prótons e nêutrons e a eletrosfera com os elétrons.	1

Fonte: Autora, 2026.

Quadro 3: Categorização das respostas discursivas para a Questão 2

Após visualizar as estruturas atômicas no <i>Itreal</i> , como você percebeu a diferença entre os tipos de ligações (iônicas, covalentes e metálicas) nas moléculas? Como essas visualizações influenciaram sua compreensão sobre a organização dos átomos e a formação das moléculas?			
ALUNO	QUESTÃO	RESPOSTA	CATEGORIA(S)
A1	Q2	Sem resposta	4
A2	Q2	Auxilia na compreensão, porque você consegue analisar melhor.	6; 7; 8
A3	Q2	Com a professora explicando com desenhos e no <i>Itreal</i> , entendi mais, ficou muito mais fácil.	6; 7; 8; 9
A4	Q2	Os modelos deixam melhor de entender. As cores são legais e bem fácil de compreender.	6; 7; 8; 9
A5	Q2	Covalente eles dividem, iônicas que doa, metálicas ela só libera não pertence a eles.	1
A6	Q2	Covalente compartilham, iônica eles doam um elétron e a metálica só liberam.	1
A7	Q2	A molécula influenciaram com a organização do <i>Itreal</i> .	7
A8	Q2	Sem resposta	4
A9	Q2	Me fez entender mais sobre a compreensão dessas moléculas e como elas ficam.	7; 9
A10	Q2	Sem resposta	4
A11	Q2	Sem resposta	4
A12	Q2	Sem resposta	4
A13	Q2	Sem resposta	4
A14	Q2	Sem resposta	4
A15	Q2	Por conta dos modelos que deixaram um pouco melhor a sua compreensão. As cores, a movimentação e também o "poder" de diminuir o seu tamanho e aumentá-lo.	6; 7; 8; 9
A16	Q2	Não sei	5
A17	Q2	Sim, as cores facilitaram de aprender e as diferenças faz ficar mais prático.	6; 8
A18	Q2	Sim	5
A19	Q2	Porque tudo era em 3D e tudo ficou mais fácil.	7; 9
A20	Q2	Sem resposta	4
A21	Q2	Fica mais fácil de entender os elementos químicos	1; 6; 7

		apresentados. Iônica é uma doação de elétrons, covalente é o compartilhamento de elétrons e a metálica os elétrons são livres.	
A22	Q2	Sem resposta	4
A23	Q2	Com o <i>Itreal</i> deu pra perceber como eles tem uma forma diferente, a ligação iônica que tem um formato de cristal, a ligação covalente com os trações e a ligação metálica com os elétrons livres.	1; 6; 7

Fonte: Autora, 2026.

Quadro 4: Categorização das respostas discursivas para a Questão 3

Como a visualização das moléculas em 3D no <i>Itreal</i> alterou sua percepção sobre o tamanho relativo dos átomos e as distâncias entre eles nas ligações químicas?			
ALUNO	QUESTÃO	RESPOSTA	CATEGORIA(S)
A1	Q3	Consegui ter uma perspectiva melhor de como seria um átomo.	3; 8
A2	Q3	Até que bom.	3
A3	Q3	Entendi melhor, pois antes eu não entendia o "pudim com passas", com a visualização entendi.	3; 8; 9
A4	Q3	O modelo 3D deixa bem mais fácil de entender.	3; 7; 8
A5	Q3	Elas eram visíveis a ponto de sabermos o que buscamos.	3
A6	Q3	Sem resposta.	4
A7	Q3	Relativo a distância do <i>Itreal</i> .	3; 7
A8	Q3	Sem resposta	4
A9	Q3	Fizeram com que eu entendesse como cada um funciona.	3; 7; 9
A10	Q3	Sem resposta	4
A11	Q3	Sem resposta	4
A12	Q3	Sim	5
A13	Q3	Pude entender melhor	3; 7; 9
A14	Q3	Todas as moléculas são diferentes nos tamanhos.	1; 3
A15	Q3	O modelo 3D deixa mais fácil a visualização	3; 7
A16	Q3	Muito bom para estudar e entender eles	3; 9
A17	Q3	Me fez entender que todos tem a suas diferenças, mas ver mais além do que é	3; 7; 9

A18	Q3	Sem resposta	4
A19	Q3	A gente podia dar zoom, porque tudo em 3D é melhor.	3; 7; 8
A20	Q3	Sem resposta	4
A21	Q3	Ele me deu mais noção do tamanho e distância dos átomos.	3; 8
A22	Q3	Resposta ilegível	10
A23	Q3	Deu pra ter uma noção do tamanho das partículas e como elas se distribuem	3; 8

Fonte: Autora, 2026.

Quadro 5: Categorização das respostas discursivas para a Questão 2

Como o <i>Itreal</i> ajudou você a visualizar a distribuição dos elétrons nos átomos? De que maneira essa visualização facilitou sua compreensão sobre os níveis de energia e como os elétrons estão organizados ao redor do núcleo?			
ALUNO	QUESTÃO	RESPOSTA	CATEGORIA(S)
A1	Q4	Facilitou muito, com a imagem consegui visualizar os elétrons com mais clareza	6; 7; 8; 9
A2	Q4	Organizado, só as vezes que trava.	7
A3	Q4	Sem resposta	4
A4	Q4	Só ver já ajuda bastante e facilita a compreender melhor	8; 9
A5	Q4	Com ela ajudou a ter uma ideia de como são os modelos, de uma maneira semirreal, os elétrons estão distribuídos separadamente	6; 7; 8; 9
A6	Q4	Ajudou a ter uma ideia de como são os modelos, os elétrons estão distribuídos em camadas ou níveis ao redor do núcleo	6; 7; 8; 9
A7	Q4	A bola gira	3; 8
A8	Q4	Sem resposta	4
A9	Q4	Ela facilitou de forma que eu poderia rotacionar pra ver como funcionava	7; 8
A10	Q4	Sem resposta	4
A11	Q4	Sem resposta	4
A12	Q4	O site não estava pegando direito no meu celular	7; 8
A13	Q4	Estão organizados no núcleo se mantendo livremente pelo núcleo	2

A14	Q4	Não consegui visualizar corretamente, pois o site dava bug e travava a plataforma	8
A15	Q4	Com suas cores em destaque. Os modelos me fizeram ver a movimentação dos elétrons e que eles sempre estão em algum lugar em movimento	6; 7; 8; 9
A16	Q4	Estão bem visíveis	3
A17	Q4	A distribuição no aplicativo faz com que a gente entenda e veja as organizações e a distribuição. Para uma pesquisa facilita tudo	6; 7; 8; 9
A18	Q4	Sem resposta	4
A19	Q4	Porque era em 3D, ajudou demais	7; 8
A20	Q4	Sem resposta	4
A21	Q4	Ajudou, já que eu saí da teoria e vi algo mais palpável	6; 7; 8; 9
A22	Q4	Sem resposta	4
A23	Q4	Deu pra ver os elétrons em diferentes átomos. Ver como os elétrons ficam distribuídos nas órbitas	8; 9

Fonte: Autora, 2026.

Quadro 6: Categorização das respostas discursivas para a Questão 5

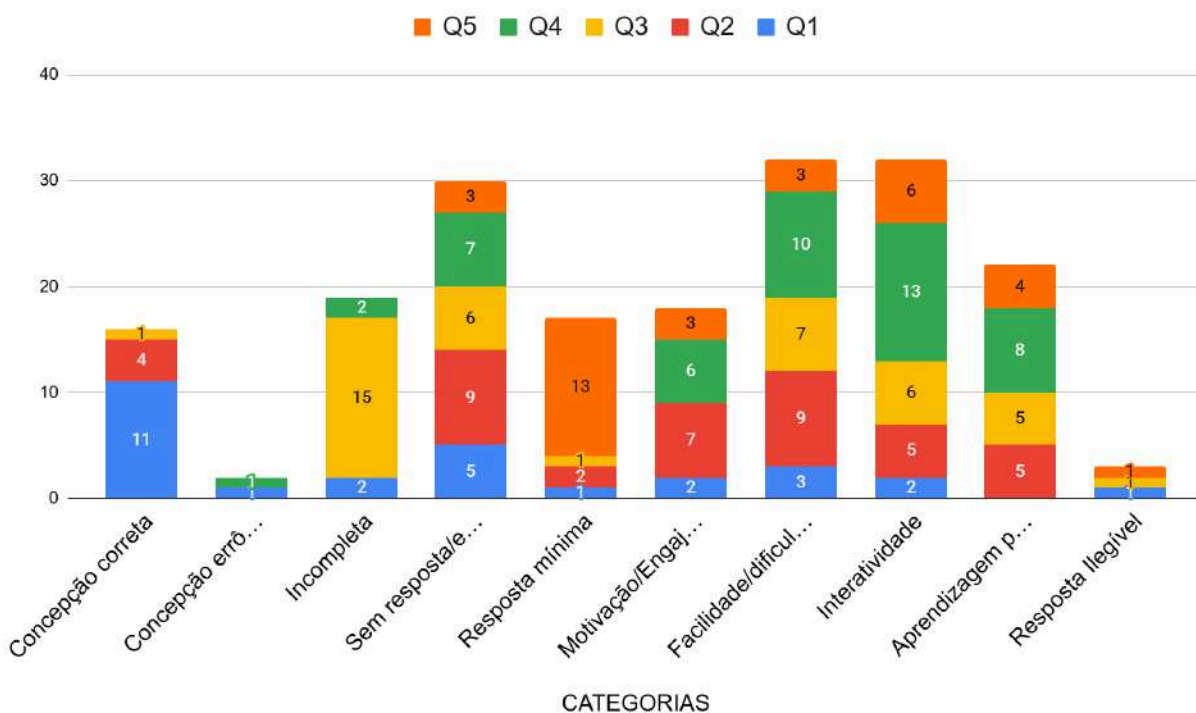
Você acredita que a plataforma <i>Itreal</i> auxiliou para você compreender melhor conteúdos de Química?			
ALUNO	QUESTÕES	RESPOSTAS	CATEGORIA (S)
A1	Q5	Sim	5
A2	Q5	Até que sim	5
A3	Q5	Sim	5
A4	Q5	Sim	5
A5	Q5	Sim, sem ela não vimos os modelos	7; 8
A6	Q5	Sim, sem ela não vimos os modelo	7; 8
A7	Q5	Sim	5
A8	Q5	De certa forma sim	5
A9	Q5	Sim	5
A10	Q5	Sem resposta	4
A11	Q5	Sem resposta	4
A12	Q5	Sim	5

A13	Q5	Sim	5
A14	Q5	Sim, a plataforma é boa. Só precisa melhorar na fluidez da plataforma	7; 8; 9
A15	Q5	Sim, porque graças a isso eu consegui visualizar melhor a estrutura de um átomo e outras coisas	6; 8; 9
A16	Q5	Sim, entender as partículas e o átomo também	6; 8; 9
A17	Q5	Sim	5
A18	Q5	Sem resposta	4
A19	Q5	Sim	5
A20	Q5	Muito, tinha coisa que eu não sabia e aprendi na plataforma	6; 8; 9
A21	Q5	Sim	5
A22	Q5	Resposta ilegível	10
A23	Q5	Sim, com certeza	5

Fonte: Autora, 2026.

A partir da categorização das respostas, formulou-se o Gráfico 6 que detalha a frequência de cada categoria por questão, permitindo identificar padrões de respostas nessa etapa da pesquisa.

Gráfico 6: Frequência das categorias por questão



Fonte: Autora, 2026.

A questão 1 (Q1) focada na identificação dos componentes do átomo apresentou um maior número de respostas na categoria “concepção correta”, 11 ocorrências, demonstrando um resultado positivo. As demais categorias tiveram uma baixa frequência, com exceção de “sem resposta/em branco”, com 5 ocorrências.

Na questão 2 (Q2), ao questionar sobre a diferença entre os tipos de ligações e a influência da observação em 3D, 4 participantes responderam dentro da categoria “concepção correta”, as demais respostas se encaixam nas categorias “Facilidade/dificuldade”, 9 ocorrências, “motivação/engajamento”, 7 e “interatividade” com 5 ocorrências, indicando que a reflexão sobre o recurso digital foi ressaltada.

Já a questão 3 (Q3) foi marcada pela categoria “incompleta”, com 15 ocorrências, sugerindo que esse tema seja mais complexo, onde os participantes ainda não possuem domínio, ou seja, os conceitos não foram ancorados no cognitivo. As categorias “facilidade/dificuldade” e “interatividade”, também foram citadas porém em menor frequência.

A questão 4 (Q4) destacou a visualização da distribuição dos elétrons através do recurso digital. As categorias destacadas nas respostas foram “interatividade”, 13 ocorrências, e “facilidade/dificuldade”, 10 ocorrências. A alta frequência de respostas dentro dessas categorias demonstra um impacto direto do recurso digital na percepção dos estudantes sobre a organização do átomo.

A última questão discursiva, questão 5 (Q5), indaga sobre o benefício do recurso de realidade aumentada através da plataforma *Ireal*. Constatou-se uma prevalência de “resposta mínima”, 13 ocorrências entre os 23 estudantes analisados. Essa tendência sugere que não houve um aprofundamento das respostas apresentadas, talvez pela natureza da questão. No entanto, a presença também das categorias “interatividade”, com 6 ocorrências, e “aprendizagem percebida”, com 4, demonstram, mesmo com respostas sucintas, a percepção positiva sobre o recurso digital foi expressa.

A análise categorial, fundamentada na metodologia de Bardin (2016), nos revelou que o recurso digital utilizado não só auxiliou na visualização das estruturas químicas, como também impactou na compreensão conceitual dos alunos, evidenciada pelas 16 respostas categorizadas como “concepção correta”. A alta frequência de respostas nas categorias “motivação/engajamento”, “interatividade” e “facilidade/dificuldade” nos sugere que o uso da plataforma foi crucial, motivador e facilitador do processo de aprendizagem.

Contudo, a análise não se baseia apenas nas respostas corretas ou indicadores de efetividade, mas sim, numa abordagem mais completa, que considera todos os indicadores. A efetividade do ensino-aprendizagem do conteúdo trabalhado foi avaliada em categorias que atestem essa qualidade de compreensão.

A frequência da categoria “concepção correta”, principalmente na Q1, é um forte indicativo de que o conhecimento adquirido junto ao recurso digital permitiu uma compreensão correta, porém, nas questões seguintes Q2, Q3 e Q4 a categoria “concepção correta” tem uma queda e é dominada por outras categorias, como a categoria “incompleta”, sugerindo que embora os alunos tenham respondido, o conceito não foi totalmente articulado, indicando uma aprendizagem parcial. Conceitos mais complexos ainda não foram totalmente assimilados pelos participantes.

Apesar do exposto, a categoria “aprendizagem percebida” também foi apresentada dentro das questões Q2, Q3, Q4 e Q5, isso nos informa que os próprios alunos perceberam que houve conhecimento. Esse ambiente se torna propício para a consolidação do aprendizado, quando o aprendiz se dispõe e se motiva a aprender.

Já a categoria “sem resposta/em branco” é fundamental para analisar deficiências dentro do processo. As altas frequências nas Q2 e Q4, sugere que apesar do engajamento e da percepção de aprendizagem, algumas perguntas apresentaram dificuldade na formulação da resposta. Na Q3, onde a categoria também foi apresentada, os conteúdos e os conceitos solicitados eram mais complexos, a negativa de resposta pode ser interpretada como uma dificuldade cognitiva.

Em suma, a interpretação categorial, com base em elementos da análise de conteúdo aplicados às respostas válidas coletadas, demonstram um forte engajamento metodológico. Contudo, os participantes ainda apresentam sinais de dificuldade com conceitos mais complexos, a efetividade conceitual foi parcial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa de mestrado objetivou avaliar as contribuições da Realidade Aumentada (RA), por meio da plataforma *Itreal*, na abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos do 1º ano do Ensino Médio sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Os resultados demonstrados através da intervenção realizada evidenciam o potencial da RA como uma Tecnologia Digital da Informação e Comunicação (TDIC), potencializando a transição do conhecimento cotidiano para o modelo científico, como defendido por Mota (2025) sobre o impacto positivo das tecnologias imersivas, mas ressaltam que o sucesso está intrínseco às contradições contextuais da escola pública.

A aplicação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) demonstrou que a visualização tridimensional (3D) de estruturas químicas facilitou a associação entre o macroscópico e o microscópico, um desafio enfrentado no dia a dia do ensino da disciplina, corroborando com as conclusões de Nascimento et al. (2024), que identificam na visualização 3D a chave para a desconstrução de obstáculos conceituais em Química. Evidenciou-se que o impacto positivo na visualização de modelos atômicos, como apresentado no salto de 60,87% das respostas da questão 3, dialoga diretamente com a complexidade inerente ao conteúdo de Química e com a necessidade de uma condução metodológica minuciosa por parte do professor. Contudo, as dificuldades observadas em conceitos mais abstratos, como na questão 9, e as barreiras impostas pela infraestrutura e pela Lei 15.100/2025 ratificam que a tecnologia não é uma solução independente. Pelo contrário, demanda um planejamento docente que considere as limitações socioeconômicas e cognitivas dos alunos.

A análise categorial revelou um alto índice de motivação e engajamento dos alunos, bem como a percepção de uma aprendizagem facilitada e interativa. As categorias “motivação/engajamento”, “interatividade” e “facilidade/dificuldade”, destacaram-se como fortes indicadores da aceitação e do impacto positivo da ferramenta utilizada no ambiente de sala de aula. Porém, a análise não se restringiu aos indicadores de engajamento. O estudo dos resultados pós-intervenção da pesquisa indicou que, embora a retenção e a organização conceitual tenham melhorado, como evidenciado na produção dos mapas mentais, a efetividade conceitual foi parcial em questões que exigiam uma maior articulação de conceitos complexos, reforçando a premissa de Grando e Cleophas (2021) de que a ferramenta digital, por si só, não anula a necessidade de uma mediação pedagógica contínua. Essa constatação sugere que apenas introduzir uma TDIC no planejamento de aula não

garante por si só a assimilação não-litera e não-arbitrária, premissas de Ausubel (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980), um pilar essencial da TAS. A mediação pedagógica e a estruturação da UEPS, embora robustas, enfrentam a limitação de uma aplicação pontual, o que pode restringir a profundidade da mudança conceitual em temas de alta complexidade. Contudo, a potencialidade da ferramenta e da abordagem metodológica reside justamente na necessidade de persistência e continuidade desse tipo de intervenção. Assim, conclui-se que a superação das dificuldades conceituais mais fortes demanda não apenas ações isoladas, mas a realização de outros estudos e a incorporação dessas tecnologias no cotidiano escolar.

Resumidamente, o estudo conclui que o uso da plataforma *Itreal* no ensino de Química promove uma aprendizagem potencialmente significativa (Moreira, 2012), ao aproximar o conteúdo teórico da realidade visual e interativa do estudante. A investigação evidencia que a integração de tecnologias digitais deve estar vinculada a um referencial teórico sólido, como a TAS, para que a ferramenta transcenda o caráter de mera novidade e atue, de fato, como um ancoradouro para novos conhecimentos.

Como recomendações para pesquisas futuras, propõe-se a investigação do impacto da RA em um período de aplicação mais longo, ampliação do escopo para demais conteúdos de Química e a comparação da eficácia da plataforma *Itreal* com outras ferramentas de visualização 3D, a fim de aprofundar e consolidar a compreensão sobre as variáveis que influenciam a aprendizagem significativa mediada por tecnologias.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B. de; VALENTE, J. A. Integração currículo e tecnologias e a produção de narrativas digitais. **Currículo sem Fronteiras**, v. 12, n. 3, p. 57-82, set./dez. 2012.
- ALTOÉ, A.; SILVA, H. da. O Desenvolvimento Histórico das Novas Tecnologias e seu Emprego na Educação. In: ALTOÉ, A.; COSTA, M. L. F.; TERUYA, T. K. (org.). **Educação e Novas Tecnologias**. Maringá: Eduem, 2005. p. 13-25.
- AMARO, M. J. R. Incorporação da realidade aumentada e realidade virtual no show de química da Usina Ciência da UFAL. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2025.
- ANJOS, A. M. dos; SILVA, G. E. G. da. **Tecnologias digitais da informação e da comunicação (TDIC) na educação**. [S. l.]: Ministério da Educação, Universidade Aberta do Brasil, 2018. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/433309/2/TDIC%20na%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20compilado_19_06-atualizado.pdf. Acesso em: 3 abr. 2023.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. Recurso eletrônico.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AZUMA, R. T.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, .; MACINTYRE, B.. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001. DOI: 10.1109/38.963459. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/38.963459>. Acesso em: 2 fev. 2024.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBOSA, R. L. L. **Formação de educadores**: desafios e perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 2003.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BRAGA, J. C. (org.). **Objetos de aprendizagem**: introdução e fundamentos. Santo André: Editora da UFABC, 2014. (Coleção Intera, v. 1).

BRASIL. Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025. Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 14 jan. 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/lei/15100.htm. Acesso em: 01 set. 2025.

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

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Questionário do 9º ano do Ensino Fundamental – SAEB 2023**. Brasília, DF: INEP, 2023. Disponível em: https://download.inep.gov.br/saeb/questionarios/questionario_9_ef_2023.pdf. Acesso em: 1 mar. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Questionário socioeconômico – ENCCEJA 2013**. Brasília, DF: INEP, 2013. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/encceja/questionario_socioeconomico/2013/questionario_socioeconomico_encceja_2013.pdf. Acesso em: 1 mar. 2024.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química**: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CASTRO, J. de; COSTA, P. C. F. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Fundamental segundo o contexto da Aprendizagem Significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 25-37, jul./dez. 2011.

COELHO, F. da C. **Aprendizagem cooperativa apoiada por realidade aumentada no ensino de química**. 2020. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8237>. Acesso em: 21 jan. 2026.

COSTA, K. M. **A aprendizagem baseada em projetos no ensino de química promovendo aprendizagem significativa crítica**. 2020. 170 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, 2020.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DEPRESBITERIS, L.; TAVARES, M. R. **Diversificar é preciso...**: instrumentos e técnicas de avaliação de aprendizagem. São Paulo: Senac, 2017.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e para o escrito: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. (org.). **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 95-128.

FERNANDES, N. da S. **Accessible interactions 500**: um jogo de tabuleiro híbrido inclusivo com realidade aumentada para auxiliar o ensino de química a alunos surdos e ouvintes. 2022. 104 f. Dissertação (Mestrado em Computação) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/70391>. Acesso em: 21 jan. 2026.

GAVIRIA, O. O. H. **As tecnologias de informação e comunicação como mediadoras na aprendizagem significativa do conceito de função numa escola da Colômbia**. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K. On the Nature of “Context” in Chemical Education. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 9, p. 957–976, 2006. DOI: 10.1080/09500690600702470.

GLASSDEVELOPMENT. **HMD – History and Objectives of Inventions**. 2014. Disponível em: <https://glassdevelopment.wordpress.com/2014/04/17/hmd-history-and-objectives-of-inventions/>. Acesso em: 23 jul. 2024.

GLOBOPLAY. Mesa tática: Caio Ribeiro analisa o clássico entre São Paulo e Santos desta quarta. [Rio de Janeiro]: Globoplay, 2015. 1 vídeo (4 min). Publicado pelo canal GE. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/4553763/>. Acesso em: 23 jul. 2024.

GOBBATO, K. **Aprendizagem significativa no ensino de química**: o caso da experimentação em uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre polímeros sintéticos. 2018. 114 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

GRANDO, J. W.; CLEOPHAS, M. das G. Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 2, p. 148-154, 2021.

GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. **Série: Planejamento de pesquisa nas ciências sociais**, v. 1, p. 1-15, 2003.

HERPICH, F.; NUNES, F. B.; PETRI, G.; NICOLETE, P. C.; TAROUÇO, L. M. R. Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 2, p. 1-10, 2019.

HISTÓRICO DO BCM. **História do BCM**. 24 nov. 2010. Disponível em: <https://historiadobcm.blogspot.com/2010/11/historico-no-dia-5-de-setembro-de-1927.html>. Acesso em: 10 set. 2024.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias**: o novo ritmo da informação. Campinas: Papirus, 2003.

KENSKI, V. M. Novas tecnologias na educação presencial e a distância I. In: BARBOSA, R. L. L. (org.). **Formação de Educadores**: desafios e perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 2003. p. 101.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: RIBEIRO, M. W. S.; ZORZAL, E. R. (org.). Realidade Virtual e Aumentada: aplicações e tendências. Uberlândia: Editora da UFU, 2011. p. 10-25. Disponível em: http://de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf. Acesso em: 06 nov. 2024.

KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de realidade aumentada. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (org.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: Editora SBC, 2006. p. 22-38.

KLETTEMBERG, J. S.; TORI, R.; HUANCA, C. M. Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 29, p. 827-845, 2021. DOI: 10.5753/RBIE.2021.29.0.827.

LEITE, B. S. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. e097220, 2020.

LEITE, B. S. Pesquisas sobre as tecnologias digitais no ensino de química. **Debates em Educação**, v. 13, n. esp. 2, p. 244–269, 2021. DOI: 10.28998/2175-6600.2021v13nEsp2p244-269. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/13055>. Acesso em: 6 nov. 2024.

LEMOES, E. dos S. A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Série-Estudos**, Campo Grande, n. 21, p. 53-66, jan./jun. 2006. DOI: 10.20435/serie-estudos.v0i21.291. Disponível em: <https://serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/291>. Acesso em: 4 jul. 2024.

LIMA, E. R. P. O.; MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. G. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (org.). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011. p. 131-154.

LOPES, L. M. D.; VIDOTTO, K. N. S.; POZZEBON, E.; FERENHOF, H. A. Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 35, e197403, 2019. DOI: 10.1590/0102-4698197403.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar**: estudos e proposições. 12. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

MARTÍNEZ, L. F. P. Ensino de ciências com enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) a partir de questões sociocientíficas (QSC). In: SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. (org.). **Questões sociocientíficas na prática docente**: Ideologia, autonomia e formação de professores. São Paulo: Editora UNESP, 2012. p. 55-61. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/y9s5k/pdf/martinez-9788539303540-04.pdf>. Acesso em: 9 out. 2023.

MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p. 16-24, 2011.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. São Paulo: Vetor, 2008.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa na escola**. Curitiba: CRV, 2017.

MIRANDA, L.; FREIRE, M. da S. Realidade Aumentada para a Abordagem de Reações Químicas: Uma Experiência Pedagógica no Ensino Médio. **Revista Virtual de Química**, v. 17, n. 1, 2025.

MORAN, J. M. Ensino e Aprendizagem inovadores com Tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 12. ed. Campinas: Papirus, 2006. p. 11-65.

MORAN, J. M. **Aprendizagem significativa**. [Entrevista cedida ao] Portal Escola Conectada. São Paulo: Fundação Ayrton Senna, 1 ago. 2008. Disponível em: https://moran.eca.usp.br/textos/educacao_inovadora/significativa.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos**: novos desafios e como chegar lá. 5. ed. Campinas: Papirus, 2012. 176 p. ISBN 978-85-308-0835-8.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Porto Alegre: UFRGS, 2013. (Textos de apoio ao professor de física, v. 24, n. 6).

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. [2012]. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2017.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Qurrriculum**, La Laguna, v. 25, p. 29-56, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). **Textos de Apoio ao Professor de Física**, v. 23, n. 2, 2012.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992.

NASCIMENTO, G.; MOREIRA, J. C. F.; PIZZATO, M. C. Ensino de Química submicroscópica: percepções dos professores sobre o uso da realidade aumentada nas aulas de Química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 4, p. 1-25, 2021.

NASCIMENTO, A. M. da S.; SILVA, C. R. da; MELO, A. E. S.; LEITE, B. S. REALIDADE AUMENTADA (RA) NO ENSINO DE QUÍMICA: SUPERANDO A ABSTRAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS. **INTERNATIONAL JOURNAL EDUCATION AND TEACHING (PDVL) ISSN 2595-2498**, Brasil, v. 7, n. 3, p. 243–249, 2024. DOI: 10.31692/2595-2498.v7i3.276. Disponível em: <https://ijet-pdvl.institutoidv.org/index.php/pdvl/article/view/276>. Acesso em: 20 jan. 2026.

NERLING, M. A. M.; DARROZ, L. M. Tecnologias e aprendizagem significativa. **Cenas Educacionais**, v. 4, p. e10956, 2021. DOI: 10.17648/2595-0239-v4-e10956. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/cenaseducacionais/article/view/10956>. Acesso em: 11 jul. 2024.

NOVAIS, V. L. D. de; ANTUNES, M. T. **Vivá: química**. Curitiba: Positivo, 2016. (Coleção Vivá, v. 1).

PATRÍCIO, P. R.; REIS, W. F.; CASTRO, R. A.; ANDRADE, G. M. P. C. Realidade Aumentada no Ensino de Química Orgânica: Uma Abordagem Imersiva e Interativa para o Ensino de Isomeria Plana e Espacial. **Revista Virtual de Química**, v. 17, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20240060>.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PARREIRA, F. J.; SHITSUKA, R. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSM, 2018. Recurso eletrônico. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf. Acesso em: 11 jul. 2024.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **Aprendizagem e o Ensino de Ciências**: do conhecimento cotidiano ao científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REIS, L. F. de A. **Realidade aumentada no ensino de química**: desenvolvimento de objetos virtuais para aplicativo smartphone como proposta de ensino de eletroquímica. 2019. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

REZENDE, S. M.; GONÇALVES, J. D.; PINTO, S. C.; DELOU, C. M. A realidade aumentada em situações de aprendizagem na educação básica: uma revisão de literatura. In: Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade, 2., 2021, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 102–111. DOI: <https://doi.org/10.5753/wics.2021.15968>

RIBEIRO, M. W. S.; ZORZAL, E. R. Realidade virtual e aumentada: Aplicações e tendências. In: SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 13., 2011, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Computação, 2011. v. 15.

ROCHA, R. S.; NAKAMOTO, P. T. Tecnologias digitais de informação e comunicação na sociedade contemporânea: um estudo teórico-crítico sobre sua utilização na educação. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 14, n. 40, p. 1-15, 2023. Disponível em: <http://www.ioles.com.br/boca>. Acesso em: 25 fev. 2025.

RODRIGUES, M. A. V. O tratamento e análise de dados. In: SILVESTRE, H.; ARAÚJO, J. (org.). **Metodologia para a investigação social**. Lisboa: Escolar Editora, 2017. cap. IX, p. 171-210.

RODRIGUES, L. do C. **Realidades aumentada e virtual no ensino de química**: aplicação e avaliação no ensino médio. 2021. 128 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

SAMPAIO, R. C.; LYCARIÃO, D. **Análise de conteúdo categorial**: manual de aplicação. Brasília: Enap, 2021. (Coleção Metodologias de Pesquisa).

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. **Metodología de la investigación**. 6. ed. México: McGraw-Hill, 2014.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>. Acesso em: 9 out. 2023.

SANTOS, W. W. R. **Da formação inicial à prática docente**: percepções de um grupo de professores de Rondônia sobre a utilização das TIC no ensino de química. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

SCHWEIGERT, W. A. **Research methods and statistics for psychology**. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing Company, 1994. Disponível em: <https://archive.org/details/researchmethodss0000schw/page/n5/mode/2up>. Acesso em: 20 jan. 2025.

SEBRAE. **Aplicação da realidade aumentada nos pequenos negócios**. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/aplicacao-da-realidade-aumentada-nos-pequenos-negocios,bdcfae6c55f94810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 23 jul. 2024.

SEIXAS, R. H. M. **Tecnologias educacionais no ensino de ciências da natureza em escolas públicas do município de Pelotas/Brasil**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/157975>. Acesso em: 3 abr. 2023.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, J. C. O. da. **Problemas de aprendizagem sobre ligações químicas para estudantes de graduação**. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SILVESTRE, H. C.; ARAÚJO, J. F. **Metodologia para a investigação social**. Lisboa: Escolar Editora, 2012.

SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. G. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (org.). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011. Disponível em: http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1484_991_sousa-9788578791247.pdf. Acesso em: 11 jul. 2024.

SOUZA, L. P.; JUCÁ, S. C. S. Produção de material em Realidade Aumentada com suporte do ambiente Itreal. In: VASCONCELOS, A. K. P.; OLIVEIRA, A. N. de; ALEXANDRIA, A. R. de (org.). **Pesquisas em Ensino de Física e Engenharias**: da Formação de Professores às práticas efetivas. São Paulo: LF Editorial, 2024. p. 129-143.

SOUZA, L. P.; CARNEIRO, M. M. P.; JUCÁ, S. C. S.; ALEXANDRIA, A. R. de. Utilização do ITREAL, um ambiente de introdução à realidade aumentada, no ensino de química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 63., 2024a, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Associação Brasileira de Química, 2024. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2024/trabalhos/6/A6T26253-1727140289.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025.

SOUZA, L. P.; SILVA, C. M. dos S.; CARNEIRO, M. M. P.; JUCÁ, S. C. S.; ALEXANDRIA, A. R. de. Itreal: um recurso para experiências imersivas com realidade aumentada. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 10., 2024b, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/109896>. Acesso em: 16 maio 2025.

TEIXEIRA, P. M. M. Estados da arte: aparando arestas na compreensão dessa modalidade de pesquisa. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 29, e23034, 2023.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez; Autores Associados, 1986.

TORI, R. **Educação sem distância**: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem. São Paulo: Senac, 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5147288/mod_resource/content/1/Educa%C3%A7%C3%A3o%20Sem%20Dist%C3%A2ncia.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.

TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

TRIBOLI, E. P. de R. **Mapas mentais**: uma introdução. São Caetano do Sul: Escola de Engenharia Mauá, 2004. Apostila.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Fiabilidade e Validade**. [São Paulo]: USP, [2025]. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4114943/mod_resource/content/1/Fiabilidade%20e%20Validade.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

VIEIRA, S. Como elaborar questionários. In: VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. São Paulo: Atlas, 2009. p. 159-159.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Penso Editora, 2016.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de pesquisa**. 2. ed. rev. atual. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2011.

ZUIN, A. A. S. O plano nacional de educação e as tecnologias da informação e comunicação. **Educação & Sociedade**, v. 31, n. 112, p. 961-980, 2010

ANEXOS

ANEXO A - PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA⁴

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo RappChemistryAR como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio

Pesquisador: MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84126424.8.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.276.871

Apresentação do Projeto:

Resumo:

Este projeto visa aplicar a Realidade Aumentada (RA) no ensino de Química para alunos do 1º ano do Ensino Médio em uma escola estadual no Ceará, utilizando o aplicativo RAppChemistryAR. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e utiliza um estudo de caso para investigar o impacto da RA no processo de ensino-aprendizagem, abordando conceitos como átomos, moléculas e ligações químicas. O projeto inclui atividades didáticas sequenciadas e a aplicação de questionários para avaliar a compreensão dos alunos antes e após o uso do aplicativo. O objetivo é tornar o aprendizado mais interativo e significativo, proporcionando uma experiência visual e prática com o uso de tecnologias digitais.

Metodologia Proposta:

A metodologia do projeto baseia-se em um estudo de caso de caráter qualitativo, com o uso do aplicativo de Realidade Aumentada (RA) RAppChemistryAR, aplicado em alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola estadual no Ceará. Este estudo de caso segue o que Gil (2002)

descreve como uma análise profunda e detalhada de um fenômeno dentro de seu contexto natural, conforme reforçado por Yin (2016), que ressalta que o estudo de caso investiga um fenômeno específico em seu ambiente real. O foco da metodologia é analisar o uso de RA no ensino de Química, mais especificamente em tópicos como átomos, partículas subatômicas,

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

CEP: 60.410-426

E-mail: cep@ifce.edu.br

Página 01 de 05

⁴ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.

elementos químicos e distribuição eletrônica. Para implementar o projeto, será feito um levantamento bibliográfico sobre Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), seu uso na educação, o ensino de Química e a formação docente. O levantamento inclui fontes digitais e físicas que embasam a proposta educacional. A abordagem qualitativa é fundamentada em observações, entrevistas e questionários, que serão coletados ao longo do processo. Yin (2016) destaca que a pesquisa qualitativa coleta dados de múltiplas fontes de evidências, aumentando a credibilidade e a confiabilidade dos resultados. Zanella (2011) reforça que, diferentemente da pesquisa quantitativa, que usa dados matemáticos, a abordagem qualitativa busca descrever fenômenos e compreender a realidade dos participantes a partir de suas próprias perspectivas. A implementação da pesquisa se dá por meio de uma sequência didática, definida por Zabala (1998) como um conjunto de atividades ordenadas e estruturadas para alcançar determinados objetivos educacionais. Essa sequência segue as diretrizes de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004), que a entendem como um conjunto de atividades escolares organizadas sistematicamente em torno de um conteúdo específico. A sequência didática é dividida em quatro componentes: apresentação da situação, primeira produção, módulos e produção final, com cada etapa interligada de maneira lógica para promover uma aprendizagem significativa. Nos primeiros encontros, os alunos são introduzidos ao projeto, realizam um questionário diagnóstico e têm contato com conteúdos teóricos sobre Química. Em seguida, são apresentados ao conceito de RA e ao uso do aplicativo RAppChemistryAR para visualizar estruturas químicas em 3D. Nos últimos encontros, os alunos respondem a questionários avaliativos sobre a funcionalidade do aplicativo e o impacto da RA no aprendizado. A coleta de dados será feita por meio de questionários diagnósticos e pós-implementação, sem caráter classificatório, mas qualitativo e formativo, conforme sugerido por autores como Depresbiteris e Tavares (2017). A análise dos resultados será baseada nas percepções dos alunos e nas observações da pesquisadora. O uso de RA visa proporcionar um aprendizado mais significativo, facilitando a compreensão de conceitos abstratos e melhorando a motivação e o engajamento dos alunos no ensino de Química. O estudo será realizado na Escola de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça, situada no município de Caucaia, e o público-alvo é composto por 40 alunos de turma onde a pesquisadora não atua como professora regente, para evitar influências pessoais.

Objetivo da Pesquisa:

Realizar a aplicação de um recurso digital que se utiliza da realidade aumentada como

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Telefone: (85)3401-2332

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

E-mail: cep@ifce.edu.br

Continuação do Parecer: 7.276.871

proposta pedagógica no ensino de Química, fazendo a introdução dos conteúdos iniciais dessa disciplina (átomos, moléculas e ligações químicas), buscando motivação, e uma aprendizagem de forma significativa. Além disso, possibilitar aos professores da área um recurso metodológico de grande potencial para uso nas aulas em sala.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Ao estar dentro da sala de aula para explanação e aplicação da pesquisa, o sujeito está exposto aos seguintes riscos:

Riscos mínimos:

- Cansaço físico e/ou mental se forem muitas perguntas a serem respondidas;
- Aborrecimento ao responder os questionários;
- Dificuldade técnica ou problemas com o funcionamento do aplicativo;

Riscos moderados:

- Constrangimento por não conseguir responder algumas perguntas ou em relação ao assunto abordado;
- Sobrecarga sensorial

Riscos elevados:

- Receio com a privacidade dos dados pessoais ou acesso a câmera e localização através do smartphone.
- Dificuldades emocionais, como ansiedade, relacionadas ao desempenho durante as atividades.

Para mitigar os riscos mencionados no projeto, o pesquisador adotará algumas medidas como forma de garantir o bem-estar e a segurança dos participantes, como:

- Garantir tempo suficiente para responder os questionários, oferecendo momento de pausa, caso necessário.
- Garantir que o questionário apresente uma linguagem simples e objetiva.
- Garantir que os questionários sejam anônimos, e que não haja pressão sobre o participante.
- Incluir pausas durante a utilização do aplicativo para evitar fadiga sensorial e cognitiva.
- Garantir suporte técnico durante o uso do aplicativo em sala de aula.
- Garantir transparência total sobre o uso de dados, explicando claramente o que será coletado e como será utilizado

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE



Continuação do Parecer: 7.276.871

Benefícios:

A participação no projeto torna o aprendizado mais dinâmico e envolvente, permitindo a visualização de conceitos abstratos da disciplina de Química de maneira interativa, o que aumenta a motivação e facilita o entendimento. Além disso, os participantes desenvolvem habilidades tecnológicas, como o uso de dispositivos móveis, e podem aprender no próprio ritmo, com feedback instantâneo. A experiência também promove o trabalho em equipe e o pensamento crítico. Ao contribuir para essa pesquisa acadêmica, os participantes vivenciam o método científico e ampliam suas perspectivas educacionais e profissionais.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa do Programa de Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal do Ceará - Campus Fortaleza.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Constam os termos obrigatórios: Folha de rosto; Informações básicas do projeto; Orçamento; Cronograma; Declaração de compromisso de apresentação dos resultados; Declaração de garantia de regresso dos benefícios da pesquisa; Termo de consentimento livre e esclarecido; Termo de autorização e de existência de infraestrutura e questionários que serão aplicados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer consubstanciado de aprovação disponível na pasta (ou diretório) "Pareceres".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2438935.pdf	18/11/2024 13:42:59		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto revisado detalhado.pdf	18/11/2024 13:41:07	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	revisado TCLE.pdf	18/11/2024 13:39:32	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	revisado TCLE país.pdf	18/11/2024 13:39:20	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703
Bairro: Jardim América **CEP:** 60.410-426
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3401-2332 **E-mail:** cep@ifce.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE**



Continuação do Parecer: 7.276.871

Justificativa de Ausência	revisadoTCLEpais.pdf	18/11/2024 13:39:20	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	revisadoTALE.pdf	18/11/2024 13:38:43	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Outros	Apendice2Questionariodeimpactoecomp reensaoposintervencao.pdf	15/10/2024 14:21:40	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Outros	Apendice1Questionariodiagnosticodeinte gracaodeconceitoseaprendizagem.pdf	15/10/2024 14:20:49	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Outros	anexo1MAREEAquestionario.pdf	15/10/2024 14:19:58	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaodegarantiaderegressodosben eficiodapesquisa.pdf	15/10/2024 14:18:29	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaodecompromissodeapresentac aodosresultados.pdf	15/10/2024 14:18:06	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	15/10/2024 13:31:41	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	infraestrutura.pdf	15/10/2024 13:29:44	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Cronograma	previsaodocronogramadeexecucao.pdf	15/10/2024 13:27:14	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostoplataformabrasil.pdf	15/10/2024 13:20:54	MYLENA CIRIBELLE SILVA DA CRUZ	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 09 de Dezembro de 2024

Assinado por:
Emmanuel Alves Carneiro
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

CEP: 60.410-426

E-mail: cep@ifce.edu.br

ANEXO B - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO⁵



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará**

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio

Mylena Ciribelle Silva da Cruz

Maria Cleide da Silva Barroso

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

A utilização da tecnologia na educação tem transformado significativamente o processo de ensino e aprendizagem. Ferramentas digitais, como aplicativos, plataformas online e dispositivos móveis, têm permitido que alunos e professores acessem e interajam com o conhecimento de maneira inovadora. As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) ampliam as possibilidades de ensino, tornando-o mais dinâmico, interativo e acessível, especialmente com o uso de recursos como a realidade aumentada (RA), que facilita a compreensão de conceitos complexos.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva o uso das TDIC, com foco na realidade aumentada (RA), como recurso pedagógico no ensino de Química. A proposta visa analisar a aplicação do aplicativo *RAppChemistryAR* no ensino de conteúdos introdutórios, como estrutura atômica e ligações químicas, para alunos do 1º ano do Ensino Médio. A utilização da RA busca tornar o aprendizado mais interativo e facilitar a compreensão de conceitos abstratos, oferecendo aos professores uma ferramenta metodológica inovadora para melhorar o engajamento dos alunos e promover uma aprendizagem mais significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a fazer o preenchimento de questionário e utilização de aplicativo de smartphone.

Os procedimentos descritos acima serão realizados nas dependências da Escola de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça, dentro dos horários estabelecidos para a disciplina de Química no 1º ano e intervalos de aula, não sendo necessário o deslocamento em outros períodos. Somente os pesquisadores manusearão o material coletado, mantendo sigilo sobre a identidade dos participantes da pesquisa. As aulas expositivas e aplicação dos questionários devem ocorrer no período de 2h/a semanais. Ao fim da pesquisa os dados serão discutidos pelos pesquisadores envolvidos e, em seguida, o material coletado na forma de questionário ficará em posse dos pesquisadores por um período de 60 meses, onde após esse período será descartado.

⁵ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.

Critérios de inclusão de participantes:

- Alunos matriculados no 1º ano do Ensino Médio na Escola Branca Carneiro de Mendonça.
- Participantes que assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e no caso de menores, também o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).
- Disposição para participar das atividades do projeto, incluindo questionários e uso do aplicativo *RappChemistryAR*.
- Acesso a dispositivo móvel compatível com o aplicativo, se necessário.
- Capacidade de leitura e compreensão das instruções fornecidas para o uso do aplicativo e para os questionários.

Critérios de exclusão de participantes:

- Alunos que não estão matriculados no 1º ano do Ensino Médio na Escola Branca Carneiro de Mendonça.
- Recusa em assinar os termos de consentimento e assentimento.
- Participantes que não desejem ou não tenham condições de utilizar o aplicativo *RappChemistryAR*.
- Alunos que não frequentam regularmente as aulas, dificultando a participação contínua nas atividades.
- Possíveis contraindicações médicas ou psicológicas para o uso de tecnologias de Realidade Aumentada, como fadiga ocular ou sensorial.

Desconfortos e riscos:

Você não deve participar deste estudo se sentir algum tipo de desconforto dentro da sala de aula ou no manuseio do equipamento tecnológico, devido a necessidade de utilização de questionários e um aplicativo de realidade aumentada através de um smartphone pessoal que será inserido nas aulas expositivas da disciplina em que o estudo está envolvido.

Ao estar dentro da sala de aula para explanação e aplicação da pesquisa, o sujeito está exposto aos seguintes riscos:

Riscos mínimos:

- Cansaço físico e/ou mental se forem muitas perguntas a serem respondidas;
- Aborrecimento ao responder os questionários;
- Dificuldade técnica ou problemas com o funcionamento do aplicativo;

Riscos moderados:

- Constrangimento por não conseguir responder algumas perguntas ou em relação ao assunto abordado;
- Sobrecarga sensorial

Riscos elevados:

- Receio com a privacidade dos dados pessoais ou acesso a câmera e localização através do smartphone.
- Dificuldades emocionais, como ansiedade, relacionadas ao desempenho durante as atividades.

Para mitigar os riscos mencionados no projeto, o pesquisador adotará algumas medidas como forma de garantir o bem-estar e a segurança dos participantes, como:

- Garantir tempo suficiente para responder os questionários, oferecendo momento de pausa, caso necessário.
- Garantir que o questionário apresente uma linguagem simples e objetiva.
- Garantir que os questionários sejam anônimos, e que não haja pressão sobre o participante.
- Incluir pausas durante a utilização do aplicativo para evitar fadiga sensorial e cognitiva.
- Garantir suporte técnico durante o uso do aplicativo em sala de aula.
- Garantir transparência total sobre o uso de dados, explicando claramente o que será coletado e como será utilizado

Benefícios:

A participação no projeto torna o aprendizado mais dinâmico e envolvente, permitindo a visualização de conceitos abstratos da disciplina de Química de maneira interativa, o que aumenta a motivação e facilita o entendimento. Além disso, os participantes desenvolvem habilidades tecnológicas, como o uso de dispositivos móveis, e podem aprender no próprio ritmo, com feedback instantâneo. A experiência também promove o trabalho em equipe e o pensamento crítico. Ao contribuir para essa pesquisa acadêmica, os participantes vivenciam o método científico e ampliam suas perspectivas educacionais e profissionais.

Acompanhamento e assistência:

Assistência Técnica:

- Orientação individual para instalação e operação do aplicativo em dispositivos móveis, se necessário.
- Em caso de dificuldades técnicas, os participantes poderão contar com a orientação da equipe de pesquisa, que buscará soluções utilizando os recursos disponíveis.

Assistência Pedagógica:

- Acompanhamento contínuo por parte dos professores e da equipe de pesquisa durante as atividades, garantindo que os conteúdos sejam compreendidos.
- Sessões de reforço para esclarecer dúvidas sobre os conceitos abordados com o uso da tecnologia.
- Feedback contínuo sobre o desempenho dos alunos, permitindo ajustes nas atividades conforme necessário.

Assistência ao bem-estar:

- Criação de um ambiente acolhedor, incentivando a participação ativa e respeitosa de todos os alunos.
- Monitoramento por parte dos pesquisadores para identificar sinais de desconforto ou ansiedade, com intervenções simples, como pausas ou ajustes nas atividades, para aliviar tensões.
- Encorajamento de um ambiente de aprendizagem colaborativo, para minimizar a pressão e o constrangimento.

Proteção e Segurança de Dados:

- Garantia de que todas as informações coletadas sejam mantidas sob sigilo e utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa.
- Uso de códigos de identificação em vez de nomes para preservar o anonimato dos participantes.
- Informações sobre como os dados serão armazenados, analisados e divulgados.

Comunicação e Transparência:

- Sessões informativas no início e durante o projeto para esclarecer os objetivos, métodos e direitos dos participantes.
- Canais abertos para que os alunos e seus responsáveis possam fazer perguntas ou expressar preocupações a qualquer momento.

As medidas citadas visam assegurar uma experiência ética e segura.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que a identidade do seu filho(a) será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Mylena Ciribelle Silva da Cruz e Maria Cleide da Silva Barroso, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-531, Coordenação do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), fone (85) 988860414, e-mail: mylena.cruz05@aluno.ifce.edu.br

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

ANEXO C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AOS PAIS/RESPONSÁVEIS⁶



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AOS PAIS/RESPONSÁVEIS

Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio

**Mylena Ciribelle Silva da Cruz
Maria Cleide da Silva Barroso**

Seu filho(a) está convidado(a) a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

A utilização da tecnologia na educação tem transformado significativamente o processo de ensino e aprendizagem. Ferramentas digitais, como aplicativos, plataformas online e dispositivos móveis, têm permitido que alunos e professores acessem e interajam com o conhecimento de maneira inovadora. As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) ampliam as possibilidades de ensino, tornando-o mais dinâmico, interativo e acessível, especialmente com o uso de recursos como a realidade aumentada (RA), que facilita a compreensão de conceitos complexos.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva o uso das TDIC, com foco na realidade aumentada (RA), como recurso pedagógico no ensino de Química. A proposta visa analisar a aplicação do aplicativo *RAppChemistryAR* no ensino de conteúdos introdutórios, como estrutura atômica e ligações químicas, para alunos do 1º ano do Ensino Médio. A utilização da RA busca tornar o aprendizado mais interativo e facilitar a compreensão de conceitos abstratos, oferecendo aos professores uma ferramenta metodológica inovadora para melhorar o engajamento dos alunos e promover uma aprendizagem mais significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a fazer o preenchimento de questionário e utilização de aplicativo de smartphone.

Os procedimentos descritos acima serão realizados nas dependências da Escola de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça, dentro dos horários estabelecidos para a disciplina de Química no 1º ano e intervalos de aula, não sendo necessário o deslocamento em outros períodos. Somente os pesquisadores manusearão o material coletado, mantendo sigilo sobre a identidade dos participantes da pesquisa. As aulas expositivas e aplicação dos questionários devem ocorrer no período de 2h/a semanais. Ao fim da pesquisa os dados serão discutidos pelos pesquisadores

⁶ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.

envolvidos e, em seguida, o material coletado na forma de questionário ficará em posse dos pesquisadores por um período de 60 meses, onde após esse período será descartado.

Critérios de inclusão de participantes:

- Alunos matriculados no 1º ano do Ensino Médio na Escola Branca Carneiro de Mendonça.
- Participantes que assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e no caso de menores, também o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).
- Disposição para participar das atividades do projeto, incluindo questionários e uso do aplicativo *RappChemistryAR*.
- Acesso a dispositivo móvel compatível com o aplicativo, se necessário.
- Capacidade de leitura e compreensão das instruções fornecidas para o uso do aplicativo e para os questionários.

Critérios de exclusão de participantes:

- Alunos que não estão matriculados no 1º ano do Ensino Médio na Escola Branca Carneiro de Mendonça.
- Recusa em assinar os termos de consentimento e assentimento.
- Participantes que não desejem ou não tenham condições de utilizar o aplicativo *RappChemistryAR*.
- Alunos que não frequentam regularmente as aulas, dificultando a participação contínua nas atividades.
- Possíveis contraindicações médicas ou psicológicas para o uso de tecnologias de Realidade Aumentada, como fadiga ocular ou sensorial.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo se sentir algum tipo de desconforto dentro da sala de aula ou no manuseio do equipamento tecnológico, devido a necessidade de utilização de questionários e um aplicativo de realidade aumentada através de um smartphone pessoal que será inserido nas aulas expositivas da disciplina em que o estudo está envolvido.

Ao estar dentro da sala de aula para explanação e aplicação da pesquisa, o sujeito está exposto aos seguintes riscos:

Riscos mínimos:

- Cansaço físico e/ou mental se forem muitas perguntas a serem respondidas;
- Aborrecimento ao responder os questionários;
- Dificuldade técnica ou problemas com o funcionamento do aplicativo;

Riscos moderados:

- Constrangimento por não conseguir responder algumas perguntas ou em relação ao assunto abordado;
- Sobrecarga sensorial

Riscos elevados:

- Receio com a privacidade dos dados pessoais ou acesso a câmera e localização através do smartphone.
- Dificuldades emocionais, como ansiedade, relacionadas ao desempenho durante as atividades.

Para mitigar os riscos mencionados no projeto, o pesquisador adotará algumas medidas como forma de garantir o bem-estar e a segurança dos participantes, como:

- Garantir tempo suficiente para responder os questionários, oferecendo momento de pausa, caso necessário.
- Garantir que o questionário apresente uma linguagem simples e objetiva.
- Garantir que os questionários sejam anônimos, e que não haja pressão sobre o participante.
- Incluir pausas durante a utilização do aplicativo para evitar fadiga sensorial e cognitiva.
- Garantir suporte técnico durante o uso do aplicativo em sala de aula.
- Garantir transparência total sobre o uso de dados, explicando claramente o que será coletado e como será utilizado

Benefícios:

A participação no projeto torna o aprendizado mais dinâmico e envolvente, permitindo a visualização de conceitos abstratos da disciplina de Química de maneira interativa, o que aumenta a motivação e facilita o entendimento. Além disso, os participantes desenvolvem habilidades tecnológicas, como o uso de dispositivos móveis, e podem aprender no próprio ritmo, com feedback instantâneo. A experiência também promove o trabalho em equipe e o pensamento crítico. Ao contribuir para essa pesquisa acadêmica, os participantes vivenciam o método científico e ampliam suas perspectivas educacionais e profissionais.

Acompanhamento e assistência:

Os participantes da pesquisa contarão com diversas formas de assistência para garantir uma experiência segura e eficaz:

Assistência Técnica:

- Orientação individual para instalação e operação do aplicativo em dispositivos móveis, se necessário.
- Em caso de dificuldades técnicas, os participantes poderão contar com a orientação da equipe de pesquisa, que buscará soluções utilizando os recursos disponíveis.

Assistência Pedagógica:

- Acompanhamento contínuo por parte dos professores e da equipe de pesquisa durante as atividades, garantindo que os conteúdos sejam compreendidos.
- Sessões de reforço para esclarecer dúvidas sobre os conceitos abordados com o uso da tecnologia.
- Feedback contínuo sobre o desempenho dos alunos, permitindo ajustes nas atividades conforme necessário.

Assistência ao bem-estar:

- Criação de um ambiente acolhedor, incentivando a participação ativa e respeitosa de todos os alunos.
- Monitoramento por parte dos pesquisadores para identificar sinais de desconforto ou ansiedade, com intervenções simples, como pausas ou ajustes nas atividades, para aliviar tensões.
- Encorajamento de um ambiente de aprendizagem colaborativo, para minimizar a pressão e o constrangimento.

Proteção e Segurança de Dados:

- Garantia de que todas as informações coletadas sejam mantidas sob sigilo e utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa.
- Uso de códigos de identificação em vez de nomes para preservar o anonimato dos participantes.
- Informações sobre como os dados serão armazenados, analisados e divulgados.

Comunicação e Transparência:

- Sessões informativas no início e durante o projeto para esclarecer os objetivos, métodos e direitos dos participantes.
- Canais abertos para que os alunos e seus responsáveis possam fazer perguntas ou expressar preocupações a qualquer momento.

As medidas citadas visam assegurar uma experiência ética e segura.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que a identidade do seu filho(a) será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Mylena Ciribelle Silva da Cruz e Maria Cleide da Silva Barroso, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-531, Coordenação do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), fone (85) 988860414, e-mail: mylena.cruz05@aluno.ifce.edu.br

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO E SOBRE TECNOLOGIA MÓVEL NO COTIDIANO ESCOLAR⁷



Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio

**Mylena Ciribelle Silva da Cruz
Maria Cleide da Silva Barroso**

QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO

1. **Idade:** ☐ 10 à 12 anos ☐ 13 à 15 anos ☐ 16 à 18 anos ☐ mais de 18 anos
2. **Sexo:** ☐ feminino ☐ masculino ☐ outros
3. **Como você se considera:**
☐ Branco ☐ Pardo ☐ Preto ☐ Amarelo ☐ Indígena
4. **Quantas pessoas moram com você? (incluindo filhos, irmãos, parentes e amigos)**
☐ Moro sozinho ☐ uma a três ☐ quatro a sete ☐ oito a dez ☐ mais de dez
5. **A casa onde você mora é?**
☐ própria ☐ alugada ☐ cedida
6. **Sua casa está localizada em?**
☐ zona rural
☐ zona urbana
☐ comunidade indígena
☐ comunidade quilombola
7. **Qual é o nível de escolaridade do seu pai?**
☐ Da 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (antigo primário)
☐ Da 5ª à 8ª série do Ensino Fundamental (antigo ginásio)
☐ Ensino Médio (antigo 2º grau)
☐ Ensino Superior
☐ Especialização

⁷ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.

☐ Não estudou

☐ Não sei

8. Qual é o nível de escolaridade da sua mãe?

☐ Da 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (antigo primário)

☐ Da 5ª à 8ª série do Ensino Fundamental (antigo ginásio)

☐ Ensino Médio (antigo 2º grau)

☐ Ensino Superior

☐ Especialização

☐ Não estudou

☐ Não sei

9. Somando a sua renda com a renda das pessoas que moram com você, quanto é, aproximadamente, a renda familiar mensal?

☐ Nenhuma renda.

☐ Até 1 salário mínimo (até R\$ 1.518,00).

☐ De 1 a 3 salários mínimos (de R\$ 1.518,01 até R\$ 4.554,00).

☐ De 3 a 6 salários mínimos (de R\$ 4.554,01 até R\$ 9.108,00).

☐ De 6 a 9 salários mínimos (de R\$ 9.108,01 até R\$ 13.662,00).

☐ De 9 a 12 salários mínimos (de R\$ 13.662,01 até R\$ 18.216,00).

☐ De 12 a 15 salários mínimos (de R\$ 18.216,01 até R\$ 22.770,00).

☐ Mais de 15 salários mínimos (acima de R\$ 22.770,01).

10. Qual a sua renda mensal, aproximadamente?

☐ Nenhuma renda.

☐ Até 1 salário mínimo (até R\$ 1.518,00).

☐ De 1 a 3 salários mínimos (de R\$ 1.518,01 até R\$ 4.554,00).

☐ De 3 a 6 salários mínimos (de R\$ 4.554,01 até R\$ 9.108,00).

☐ De 6 a 9 salários mínimos (de R\$ 9.108,01 até R\$ 13.662,00).

☐ De 9 a 12 salários mínimos (de R\$ 13.662,01 até R\$ 18.216,00).

☐ De 12 a 15 salários mínimos (de R\$ 18.216,01 até R\$ 22.770,00).

☐ Mais de 15 salários mínimos (acima de R\$ 22.770,01).

11. Você trabalha ou já trabalhou?

☐ sim ☐ não (passe para a pergunta 15)

12. Em que você trabalha atualmente?

☐ Na agricultura, no campo, na fazenda ou na pesca.

☐ Na indústria.

☐ Na construção civil.

☐ No comércio, banco, transporte, hotelaria ou outros serviços.

☐ Como funcionário(a) do governo federal, estadual ou municipal.

- ☐ Como profissional liberal, professora ou técnica de nível superior.
- ☐ Trabalho fora de casa em atividades informais (pintor, eletricista, encanador, feirante, ambulante, guardador/a de carros, catador/a de lixo).
- ☐ Trabalho em minha casa informalmente (costura, aulas particulares, cozinha, artesanato, carpintaria etc.).
- ☐ Faço trabalho doméstico em casa de outras pessoas (cozinheiro/a, mordomo/governanta, jardineiro, babá, lavadeira, faxineiro/a, acompanhante de idosos/as etc.).
- ☐ No lar (sem remuneração).
- ☐ Outro.

13. Com que idade você começou a trabalhar?

- ☐ Antes dos 14 anos.
- ☐ Entre 14 e 16 anos.
- ☐ Entre 17 e 18 anos.
- ☐ Após 18 anos.

14. Como você avalia estudar e trabalhar, simultaneamente, durante o ensino médio?

- ☐ Atrapalha meus estudos.
- ☐ Possibilita meus estudos.
- ☐ Possibilita meu crescimento pessoal.
- ☐ Não atrapalha meus estudos

15. Você já reprovou alguma vez?

- ☐ Não, nunca
- ☐ Sim, uma vez.
- ☐ Sim, duas vezes.
- ☐ Sim, três vezes ou mais.

QUESTIONÁRIO SOBRE TECNOLOGIA MÓVEL NO COTIDIANO ESCOLAR

Você costuma trazer o celular para a escola?

- ☐ sim ☐ não

Com que frequência você usa o celular durante o horário escolar?

- ☐ sempre ☐ frequentemente ☐ raramente ☐ nunca

Para quais atividades você costuma usar o celular na escola?

- ☐ jogos ☐ redes sociais ☐ pesquisas escolares ☐ comunicação com colegas
- ☐ Outros: _____

O uso do celular é permitido durante as aulas na escola?

- ☐ sim ☐ não ☐ depende do professor

Você tem acesso à internet durante o horário escolar?

☐ sim, através do wi-fi da escola ☐ sim, através dos meus dados móveis

☐ não

Sua escola oferece rede wi-fi para os alunos?

☐ sim ☐ não

Você já usou o celular para acessar conteúdos educacionais durante as aulas?

☐ sim ☐ não

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE INTEGRAÇÃO DE CONCEITOS E APRENDIZAGEM⁸



Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio

**Mylena Ciribelle Silva da Cruz
Maria Cleide da Silva Barroso**

QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE INTEGRAÇÃO DE CONCEITOS E APRENDIZAGEM

1. Qual é a definição de matéria?

- A) Tudo o que tem massa e ocupa espaço
- B) Somente substâncias sólidas
- C) Apenas substâncias líquidas
- D) Apenas gases

2. O que é um átomo?

- A) A menor unidade de um elemento que mantém suas propriedades
- B) Uma molécula composta por dois átomos
- C) A parte central de uma célula
- D) Uma substância química pura

3. O que compõe o núcleo de um átomo?

- A) Somente elétrons
- B) Prótons e nêutrons
- C) Somente prótons
- D) Prótons e elétrons

4. O que são prótons?

- A) Partículas com carga negativa localizadas no núcleo.
- B) Partículas sem carga, localizadas fora do núcleo.
- C) Partículas com carga positiva localizadas no núcleo.
- D) Partículas com carga negativa orbitando ao redor do núcleo.

⁸ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.

5. Qual das partículas abaixo não possui carga elétrica?

- A) Próton
- B) Elétron
- C) Nêutron
- D) Todas as partículas têm carga elétrica

6. Como os elétrons estão distribuídos em um átomo?

- A) Eles estão localizados apenas no núcleo.
- B) Eles estão distribuídos em camadas ou níveis ao redor do núcleo.
- C) Eles estão espalhados aleatoriamente em todo o átomo.
- D) Eles se movem livremente entre o núcleo e o exterior do átomo.

7. Ao lembrar sobre o modelo de um átomo, o que você pode concluir sobre o comportamento dos elétrons?

- A) Eles estão fixos no núcleo, sem se mover.
- B) Eles se movem em torno do núcleo em regiões chamadas orbitais.
- C) Eles estão sempre no mesmo lugar ao redor do núcleo.
- D) Eles se movem livremente, sem uma ordem definida.

8. Qual é a principal diferença entre átomos de diferentes elementos químicos?

- A) O número de elétrons.
- B) O número de nêutrons.
- C) O número de prótons no núcleo.
- D) O tamanho do núcleo.

9. Qual é a diferença entre uma substância pura e uma mistura?

- A) Uma substância pura contém apenas um tipo de átomo, enquanto uma mistura contém dois ou mais tipos de átomos.
- B) Uma substância pura contém apenas um tipo de elemento ou composto, enquanto uma mistura contém dois ou mais tipos de substâncias.
- C) Uma mistura é sempre líquida, enquanto uma substância pura pode ser sólida ou gasosa.
- D) Uma substância pura é sempre um elemento, enquanto uma mistura é sempre um composto.

10. Qual tipo de ligação ocorre quando átomos compartilham elétrons?

- A) Iônica
- B) Covalente
- C) Metálica
- D) Intermolecular

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO DE IMPACTO E COMPREENSÃO PÓS-INTERVENÇÃO⁹



QUESTIONÁRIO DE IMPACTO E COMPREENSÃO PÓS-INTERVENÇÃO

1. Qual é a definição de matéria?

- A) Tudo o que tem massa e ocupa espaço
- B) Somente substâncias sólidas
- C) Apenas substâncias líquidas
- D) Apenas gases

2. O que é um átomo?

- A) A menor unidade de um elemento que mantém suas propriedades
- B) Uma molécula composta por dois átomos
- C) A parte central de uma célula
- D) Uma substância química pura

3. O que compõe o núcleo de um átomo?

- A) Somente elétrons
- B) Prótons e nêutrons
- C) Somente prótons
- D) Prótons e elétrons

4. O que são prótons?

- A) Partículas com carga negativa localizadas no núcleo.
- B) Partículas sem carga, localizadas fora do núcleo.
- C) Partículas com carga positiva localizadas no núcleo.
- D) Partículas com carga negativa orbitando ao redor do núcleo.

5. Qual das partículas abaixo não possui carga elétrica?

- A) Próton
- B) Elétron
- C) Nêutron
- D) Todas as partículas têm carga elétrica

⁹ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.

6. Como os elétrons estão distribuídos em um átomo?

- A) Eles estão localizados apenas no núcleo.
- B) Eles estão distribuídos em camadas ou níveis ao redor do núcleo.
- C) Eles estão espalhados aleatoriamente em todo o átomo.
- D) Eles se movem livremente entre o núcleo e o exterior do átomo.

7. Ao observar o modelo de um átomo no *Itreal*, o que você pode concluir sobre o comportamento dos elétrons?

- A) Eles estão fixos no núcleo, sem se mover.
- B) Eles se movem em torno do núcleo em regiões chamadas orbitais.
- C) Eles estão sempre no mesmo lugar ao redor do núcleo.
- D) Eles se movem livremente, sem uma ordem definida.

8. Qual é a principal diferença entre átomos de diferentes elementos químicos?

- A) O número de elétrons.
- B) O número de nêutrons.
- C) O número de prótons no núcleo.
- D) O tamanho do núcleo.

9. Qual é a diferença entre uma substância pura e uma mistura?

- A) Uma substância pura contém apenas um tipo de átomo, enquanto uma mistura contém dois ou mais tipos de átomos.
- B) Uma substância pura contém apenas um tipo de elemento ou composto, enquanto uma mistura contém dois ou mais tipos de substâncias.
- C) Uma mistura é sempre líquida, enquanto uma substância pura pode ser sólida ou gasosa.
- D) Uma substância pura é sempre um elemento, enquanto uma mistura é sempre um composto.

10. Qual tipo de ligação ocorre quando átomos compartilham elétrons?

- A) Iônica
- B) Covalente
- C) Metálica
- D) Intermolecular

11. Na plataforma *Itreal*, você visualiza uma representação 3D de um átomo. Quais componentes são visíveis e qual é a sua disposição?

12. Após visualizar as estruturas atômicas no *Itreal*, como você percebeu a diferença entre os tipos de ligações (iônicas, covalentes e metálicas) nas moléculas? Como

essas visualizações influenciaram sua compreensão sobre a organização dos átomos e a formação das moléculas?

13. Como a visualização das moléculas em 3D no *Itreal* alterou sua percepção sobre o tamanho relativo dos átomos e as distâncias entre eles nas ligações químicas?

14. Como o *Itreal* ajudou você a visualizar a distribuição dos elétrons nos átomos? De que maneira essa visualização facilitou sua compreensão sobre os níveis de energia e como os elétrons estão organizados ao redor do núcleo?

15. Você acredita que a plataforma *Itreal* auxiliou para você compreender melhor conteúdos de Química?

APÊNDICE D - TERMO DE AUTORIZAÇÃO E DECLARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA¹⁰



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO CEARÁ - SEDUC
COORDENADORIA REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO - CREDE 1
ESCOLA DE ENSINO MÉDIO BRANCA CARNEIRO DE MENDONÇA

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA

Eu, _____, Diretor escolar da Escola de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça autorizo a realização do projeto intitulado **“Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio”** pelos pesquisadores Mylena Ciribelle Silva da Cruz e Maria Cleide da Silva Barroso, que envolverá aulas expositivas dialogadas, aplicação de questionários e utilização de dispositivos eletrônicos, e será iniciado após a aprovação pelo Sistema CEP-CONEP.

A Escola de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça está ciente de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para desenvolvê-la em conformidade às diretrizes e normas éticas. Ademais, ratifico que não haverá quaisquer implicações negativas aos gestores da escola, alunos da instituição e ao professor(a) da disciplina de Química, que não desejarem ou desistirem de participar do projeto.

Declaro, outrossim, na condição de representante desta organização, conhecer e cumprir as orientações e determinações fixadas nas Resoluções nºs 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional nº 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), e disponíveis no Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE.

Caucaia, ____ de _____ de 2024.

Diretor Escolar
Escola de Ensino Médio Branca Carneiro de Mendonça

Caucaia - CE
Fone: 85 3101-3369 INEP: 23062126 CNPJ: 07.954.514/0130-22
CEP: 61600-050 e-mail: 23062126@prof.ce.gov.br

¹⁰ O título constante neste documento ("Realidade Aumentada: Utilização do aplicativo *RappChemistryAR* como ferramenta pedagógica para abordagem de conteúdos de Química Geral a alunos de 1º Ano do Ensino Médio") refere-se ao título original do projeto aprovado pelo CEP (Parecer nº 7.276.871), tendo sido alterado na versão final desta dissertação para fins de refinamento acadêmico.