



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANNE CATHERINNE DA LUZ DOS SANTOS

O USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DIGITAL NO ENSINO E
APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE À LUZ DO CONECTIVISMO E
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Londrina - PR
2025

ANNE CATHERINNE DA LUZ DOS SANTOS

O USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DIGITAL NO ENSINO E
APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE À LUZ DO CONECTIVISMO E DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Química.

Área de concentração: Tecnologia Educacional e Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos, Anne Catherinne da Luz dos .

O USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DIGITAL NO ENSINO E APENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE À LUZ DO CONECTIVISMO E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA / Anne Catherinne da Luz dos Santos. - Londrina, 2025.
150 f. : il.

Orientador: Marcelo Maia Cirino.

Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química, 2025.
Inclui bibliografia.

1. Simulador PhET - Tese. 2. Ensino-Aprendizagem de Química - Tese. 3. Conectivismo - Tese. 4. Aprendizagem Significativa - Tese. I. Cirino, Marcelo Maia. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química. III. Título.

CDU 54

ANNE CATHERINNE DA LUZ DOS SANTOS

O USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DIGITAL NO ENSINO E
APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE À LUZ DO CONECTIVISMO E
DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Química.

Área de concentração: Tecnologia Educacional e Ensino de Química.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Cristiane Beatriz Dal Bosco Rezzadori
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Prof. Dr. Hawbertt Rocha Costa
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Profa. Dra. Diana Nara Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Natany Souza Assaí
Universidade Federal Fluminense - UFF

Londrina, 25 de fevereiro, 2025

DEDICATÓRIA

À Deus, que me sustentou em todos os momentos, não me deixando desamparada.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, dando-me forças para alcançar a realização de todos os meus sonhos. Em especial a minha avó Maria das Graças da Luz (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

À Deus, que fortaleceu e conduziu meus passos para que eu pudesse concluir mais uma etapa da minha vida acadêmica, pois “Tudo posso naquele que me fortalece” (Filipenses 4:13).

À minha família, minha base, responsáveis por me incentivarem não só nesta caminhada, mas em tudo na minha vida. Sou muito grata, em especial, à minha mãe, Conceição de Maria da Luz, ao meu pai, Raimundo Nonato dos Santos, e aos meus tios Bernardo José da Luz, Francisca das Chagas da Luz e Tereza Cristina Mata Aires.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino, pela constante orientação neste trabalho e, sobretudo, pela sua amizade e incentivo.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), por meio do Programa de Pós-Graduação em Química, por tornar possível a formação de doutores, mesmo diante das dificuldades na educação do país.

À Unidade Regional de Educação de Chapadinha, Maranhão, por gentilmente aceitar que eu desenvolvesse minha pesquisa, dando total suporte nas unidades de ensino que percorri em toda a Região do Baixo Parnaíba Maranhense.

Enfim, agradeço a todos os amigos que se fizeram presentes com palavras de incentivo. Muito obrigada a todos.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

SANTOS, Anne Catherinne da Luz. **O uso de Software de Simulação Digital no Ensino e Aprendizagem de Química: Uma Análise à Luz do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa.** 2025. 150p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2025.

RESUMO

Este estudo investiga como o uso de simulações digitais PhET, influencia na interação e assimilação dos alunos com o conteúdo escolar. Para isso, analisamos a aplicação dessas ferramentas nos temas *Impactos Ambientais, Chuva Ácida, Aquecimento Global, Efeito Estufa e Misturas*, conteúdo da apostila do programa preparatório para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), “Terceirão Não Tira Férias”, da Secretaria de Educação do Estado do Maranhão (SEDUC/MA). A integração das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC) tem ampliado as possibilidades do ensino e aprendizagem, facilitando o uso de recursos digitais e tornando os conteúdos mais acessíveis. Nesse contexto, a pesquisa foi conduzida em escolas públicas de Paulino Neves (MA), com alunos do 3º ano do Ensino Médio, utilizando observação e questionários, analisados à luz das teorias do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa. Foram utilizados três softwares: *PhET - Efeito Estufa*, que simula a dinâmica da entrada e saída de energia na superfície terrestre e a variação da temperatura do planeta; *PhET - Geometria Molecular*, que possibilita a exploração de moléculas em 3D e sua comparação com moléculas reais; e *PhET - Concentração*, que representa, de forma interativa, o processo de dissolução de substâncias na água. Disponíveis gratuitamente e compatíveis com diferentes dispositivos, essas simulações proporcionam mobilidade e acessibilidade aos alunos. Os resultados da observação indicaram que as simulações favoreceram um ambiente de aprendizado colaborativo, com maior interação dos alunos e na resolução das atividades. Já os resultados do questionário apresentaram três categorias: duas evidenciando uma possível aprendizagem significativa (subordinada e superordenada) e uma indicando que a aprendizagem foi superficial. Assim, os dados sugerem que as simulações permitiram a criação de conexões entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios dos alunos. Concluímos que os softwares de simulação digital são recursos valiosos para o ensino de Química, estimulando a interação, autonomia e pensamento crítico dos estudantes. Sugerimos que futuros estudos ampliem a amostra para verificar a replicabilidade desses resultados em diferentes contextos.

Palavras-chave: NTIC; Simulador PhET; Ensino de Química; Conectivismo; Aprendizagem Significativa.

SANTOS, Anne Catherinne da Luz. **The Use of Digital Simulation Software in the Teaching and Learning of Chemistry: An Analysis in the Light of Connectivism and Meaningful Learning**. 2025. 150p. Thesis (Doctorate in Chemistry) - State University of Londrina, Londrina-PR, 2025.

ABSTRACT

This study investigates how the use of PhET digital simulations influences student interaction and content assimilation. To this end, we analyzed the application of these tools to the topics *Environmental Impacts, Acid Rain, Global Warming, Greenhouse Effect* and *Mixtures*, content of the booklet of the preparatory program for the National High School Exam (ENEM), "Terceirão Não Tira Férias", from the Department of Education of the State of Maranhão (SEDUC/MA). The integration of New Information and Communication Technologies (NTIC) has expanded the possibilities of teaching and learning, facilitating the use of digital resources and making content more accessible. In this context, the research was conducted in public schools in Paulino Neves (MA), with 3rd year high school students, using observation and questionnaires, analyzed in light of the theories of Connectivism and Meaningful Learning. Three software programs were used: *PhET - Greenhouse Effect*, which simulates the dynamics of energy input and output on the Earth's surface and the variation of the planet's temperature; *PhET - Molecular Geometry*, which allows the exploration of molecules in 3D and their comparison with real molecules; and *PhET - Concentration*, which interactively represents the process of dissolving substances in water. Available free of charge and compatible with different devices, these simulations provide mobility and accessibility to students. The results of the observation indicated that the simulations favored a collaborative learning environment, with greater interaction between students and in solving the activities. The results of the questionnaire presented three categories: two evidencing possible significant learning (subordinate and superordinate) and one indicating that the learning was superficial. Thus, the data suggest that the simulations allowed the creation of connections between the new content and the students' prior knowledge. We conclude that digital simulation software is a valuable resource for teaching Chemistry, stimulating interaction, autonomy and critical thinking among students. We suggest that future studies expand the sample to verify the replicability of these results in different contexts.

Keywords: NTIC; PhET Simulator; Chemistry Teaching; Connectivism; Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Conhecimento na teoria Conectivista	40
Figura 2 – Processo de criação de uma rede (Ecologia da aprendizagem)	41
Figura 3 – Modelo triádico de Gowin na visão interacionista	54
Figura 4 – Desmontagem de uma resposta em uma unidade de análise (unidade em destaque: Aluno 7 – aprendizagem significativa subordinada)	59
Figura 5 – Desmontagem de uma resposta em uma unidade de análise (unidade em destaque: Aluno 10 – aprendizagem significativa subordinada)	60
Figura 6 – Centro de Ensino Alfredo Duailibe	65
Figura 7 – Esquema de seleção e inclusão de estudos na Revisão sistemática	67
Figura 8 - Página inicial do <i>PhET</i>	71
Figura 9 - Página de simulação <i>PhET Efeito Estufa</i>	72
Figura 10 - Página de simulação <i>PhET Geometria Molecular</i>	72
Figura 11 - Página de simulação <i>PhET Concentração</i>	73
Figura 12 - Apresentação e aplicação dos simuladores	74
Figura 13 - Utilização dos softwares <i>PhET Simulations</i> durante a atividade da apostila	75
Figura 14 – Esquema das etapas sequenciais, os principais pontos para análise sobre a perspectiva da teoria do Conectivismo	78
Figura 15 – Esquema das etapas sequenciais, os principais pontos para análise sobre a perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa	79
Gráfico 1 – Interação dos alunos com os Simuladores PhET	82
Gráfico 2 – Respostas dos alunos na questão 1	83
Gráfico 3 – Respostas dos alunos na questão 2	85
Gráfico 4 – Respostas dos alunos na questão 3.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias e subcategorias de análise a Priori.....	61
Quadro 2 – Escolas da Unidade Regional de Educação – Chapadinha	62
Quadro 3 – Critérios e indicadores das categorias observadas.....	69
Quadro 4 – Respostas dos alunos na questão 4	87
Quadro 5 – Respostas dos alunos na questão 5.....	92
Quadro 6 – Respostas dos alunos na questão 6	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior
CNE	Conselho Nacional de Educação
CONAB	Conferência Nacional de
CONAE	Conferência Nacional de Educação
COVID	Coronavirus Disease
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDBN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
NTIC	Novas Tecnologias da Informação e Comunicação
OCNEM	Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PhET	Tecnologia Educacional em Física
PNE	Plano Nacional de Educação
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systemstic Reviens and Meta-Analyses
SEDUC	Secretaria de Estado de Educação
TCT	Temas Contemporâneos Transversais
URE	Unidade Regional de Educação
3D	Três Dimensões/Tridimensional
H ₂ O	Água
CO ₂	Dióxido de Carbono
SO ₂	Dióxido de Enxofre
CH ₄	Metano
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	MOTIVAÇÃO	17
1.2	PROBLEMA E QUESTÃO DA INVESTIGAÇÃO	20
1.2.1	Objetivos.	23
2	REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1	NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	24
2.2	O USO DAS NTIC NA EDUCAÇÃO: DIRETRIZES FEDERAIS E DO ESTADO DO MARANHÃO	27
2.3	A INSERÇÃO DAS NTIC NO ENSINO DE QUÍMICA	33
2.4	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DOS SOFTWARES DE SIMULAÇÕES DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....	34
2.5	APRENDIZAGEM CONECTIVISTA: NOVOS PARADIGMAS PARA A EDUCAÇÃO EM REDE	36
2.5.1	Aspectos importantes para a aprendizagem Conectivista.....	38
2.6	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ASPECTOS COGNITIVOS	43
2.6.1	Requisitos para a Aprendizagem Significativa	47
2.6.2	Como ocorre o processo de conceitos subsunçores	49
2.6.3	Configuração da Aprendizagem Significativa	50
3	METODOLOGIA	56
3.1	Caracterização do método de análise.....	56
3.2	Aplicação da proposta	61
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	81
4.1	Resultados da observação (interação: aluo-conteúdo-simulação).....	81
4.2	Resultado das questões 1, 2 e 3 (objetivas)	83
4.3	Resultado das questões 4, 5 e 6 (subjetivas)	87
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICES	116
	APÊNDICE A – Respostas dos alunos (Formulários google)	117
	APÊNDICE B – Revisão sistemática da literatura	119
	APÊNDICE C - Protocolo de pesquisa	125
	APÊNDICE D – Ficha de observação	130
	APÊNDICE E – Sequência Didática	137
	ANEXOS	139

ANEXO A – Conteúdo de Química (Apostila SEDUC/MA)	140
ANEXO B - Declaração de consentimento institucional	147

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais têm colaborado com o Ensino de Química, como tem sido amplamente reconhecido na área. Para Leite (2018), a utilização de ferramentas tecnológicas nesta área de conhecimento, tem melhorado as experiências de aprendizagem, facilitando a compreensão dos conceitos mais complexos e abstratos.

Entre essas tecnologias, destaca-se a aplicação de *software* de simulação digital, que permitem aos estudantes visualizarem e interagir com fenômenos químicos de maneira prática e intuitiva. Esses *softwares*, são programas armazenados em discos ou circuitos integrados de computador, são especificamente desenvolvidos para uso com equipamentos audiovisuais, contribuindo com a aprendizagem por meio de simulações mais dinâmicas. Quando analisadas sob a perspectiva de teorias de aprendizagem como o Conectivismo, de George Siemens (2005), que enfatiza o aprendizado como uma rede interconectada de informações e onde o conhecimento é construído coletivamente por meio de interações com diversas fontes, incluindo a tecnologia. Nesse contexto, os *softwares* de simulação digital surgem como ferramentas com grande potencial para ampliar o acesso ao conhecimento e promover experiências de aprendizagem significativas, como na teoria de David Ausubel (1968).

No ensino de Química, os *softwares* de simulação, como *PhET*, *Labster* e *ChemCollective*, permitem que conceitos como reações químicas e estruturas moleculares, sejam explorados de forma interativa e visual, favorecendo alternativas para compreensão. Além disso, possibilita que os alunos realizem experimentos virtuais em ambiente que superam as limitações de recursos e infraestrutura.

Outro ponto de destaque é a personalização e a autonomia proporcionada pelos *softwares* de simulação. Os alunos podem explorar os conteúdos em seu próprio ritmo, repetir experimentos e ajustar variáveis para observar os diferentes resultados, permitindo uma abordagem investigativa e individualizada. Isso se alinha diretamente ao princípio de Ausubel (1986), pois o aprendizado ocorre quando o aluno é ativo na construção de sua própria rede de conhecimento.

Além disso, esses *softwares* fornecem a integração interdisciplinar, conectando a Química com outras áreas, como Física, Biologia e Matemática, de maneira prática e contextualizada. Essa abordagem estimula a curiosidade e motiva o aluno a enxergar a ciência de forma ampla, colaborativa e interconectada.

Portanto, a utilização de *softwares* de simulação digital no Ensino de Química, vista pela perspectiva da Aprendizagem Significativa, não apenas moderniza as práticas pedagógicas, mas também redefine o papel do aluno, que deixa de ser um receptor passivo e se torna protagonista no processo de construção do conhecimento. Assim, essas tecnologias são mais do que ferramentas didáticas: são pontes que conectam teoria, prática e inovação em um ambiente de aprendizado dinâmico e adaptado às demandas do século XXI. Nesse contexto, se encontra o foco das reflexões propostas nesta investigação. Esta tese se estrutura em cinco capítulos. No primeiro, debatemos o tema da pesquisa através de uma discussão que envolve as relações sobre as Tecnologias e o Ensino de Química, a utilização de *softwares* e melhores práticas a partir de revisão da literatura mais atual sobre o tema.

No segundo capítulo, abordamos o referencial teórico utilizado, evidenciando alguns tópicos importantes que contribuíram de forma significativa para as análises, dentre eles: I. Novas tecnologias de informação e comunicação (NTIC); II. O uso das NTIC na educação: diretrizes federais e do estado do Maranhão; III. A inserção das NTIC no Ensino de Química; IV. Principais contribuições dos softwares digitais para o ensino de Química; V. Aprendizagem Conectivista: novos paradigmas para a educação em rede. VI. Aprendizagem Significativa: conectando conceitos novos e pré-existentes.

No terceiro capítulo, apresentamos a metodologia empregada e descrevemos os procedimentos e técnicas de coleta e análise de dados, apontando inicialmente os caminhos percorridos para obtenção dos trabalhos, produção e tratamento dos dados, finalizando com as propostas de análise do material coletado.

No quarto capítulo, apresentamos os resultados e discussões, colocamos a experiência da aplicação do simulador juntamente com as respostas dos alunos no questionário (Google Formulários) em uma análise elaborada na perspectiva das teorias do Conectivismo de Siemens (2005) e da Aprendizagem Significativa, de Ausubel (1968).

No quinto e último capítulo, apresentamos nossas conclusões e considerações finais, referentes às observações e as análises do diagnóstico sobre os conceitos de Química propostos e a utilização de simuladores digitais. Tanto na perspectiva da teoria Conectivista, por análise de observação como na teoria da Aprendizagem Significativa, por análise de questões aplicadas em questionário.

1.1. MOTIVAÇÃO

É importante debater sobre questões reais da educação pública, em especial as dificuldades que alunos vem enfrentando na aprendizagem, principalmente na Química, uma área de conhecimento que vai além dos conceitos teóricos. Aqui, podemos citar a utilização de tecnologias, como os softwares de simulação digital, que são interativos e possuem uma rica variedade de experimentos, capazes de despertar a atenção e motivarem os alunos no aprendizado de conceitos químicos e científicos.

A acessibilidade de conhecimento e o uso de tecnologia sempre nos fascinou, e isso ajuda a compreender os motivos que nos levaram a desenvolver esta pesquisa. Com o Ensino de Química não foi diferente, nos encanta compreender sobre a grandeza que essa ciência representa, aliás, é a ciência de origem da vida, na sua essência. Trabalhar conceitos complexos, de maneira prática e simplificada, é um dos nossos principais propósitos.

Identificar na prática essa dificuldade em aprender Química que os alunos vêm enfrentando, foi o passo mais importante dessa caminhada. Através do programa “*Terceirão não tira férias*”, uma iniciativa da Secretaria de Estado da Educação do Maranhão (SEDUC), que promove aos estudantes do 3º ano do Ensino Médio de todo o Maranhão, matriculado em escolas da Rede Estadual, uma oportunidade para reforçar a aprendizagem visando o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), com aulas sem por cento presenciais, de segunda à sexta-feira, durante 20 dias, no período de férias. A ação disponibiliza apostilas impressas com conteúdo de todos os componentes curriculares que fazem parte da matriz de referência do ENEM Além de simulados online, transmissão de videoaulas no canal de *Youtube* da Plataforma Gonçalves Dias¹, como suporte à apostila. A iniciativa visa aprofundar os conteúdos disciplinares das áreas de conhecimento que compõem a formação do Ensino Médio, desenvolvendo competências na precisão de conceitos, atitudes e procedimentos, com foco na aprovação dos estudantes.

¹Plataforma Gonçalves Dias – desenvolvida pelo Estado do Maranhão para promover preparatórios online e gratuitos para o ENEM e Paes. Oferece aulas para o Ensino Médio, pré-vestibular, TV Educação e Podcast. A plataforma também possui um canal no YouTube. <https://www.youtube.com/channel/UCBrkFvJxqcyNH9ENztYrnA>

Em decorrência disso, despertou-nos o interesse em pesquisar sobre a utilização de *softwares* no ensino de Química, devido à carência de laboratórios físicos de Química e/ou ausência de equipamentos e reagentes laboratoriais nas escolas, a fim de verificar possibilidades de aprendizagem por meio de simulações do *PhET*, utilizando-o nas aulas de Química, ministradas em 11 (onde) unidades escolares de cidades do Baixo Parnaíba Maranhense.

Diante deste cenário educacional, logramos um interesse em desenvolver estratégias com potencial de aprimorar o ensino de Química e possibilitar ao aluno possibilidades de aprendizagem significativa, através de uma interação em rede como prega o Conectivismo. Pensando na teoria de Ausubel, o intuito é construir saberes através das redes de conexões, das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC) e da adaptabilidade na era digital, utilizando como ferramenta os softwares. Siemens (2005), destaca que, a transformação digital exige uma infraestrutura que acompanhe o ritmo de inovações e que permita o uso de novas metodologias de ensino, como o aprendizado adaptativo e o aprendizado colaborativo. Inserindo atualizações de softwares essenciais para preparar os alunos para um futuro cada vez mais digitalizado.

A proposta de buscar alternativas funcionais para o ensino de Química durante e após a pandemia de COVID-19 também representa essa motivação. A pandemia trouxe mudanças significativas e acelerou a integração de tecnologias de ensino, transformando de maneira repentina os anseios em relação à educação principalmente após esse período. Para Hodges *et al.* (2020), a transição para o ensino remoto e emergencial destacou a importância da resiliência tecnológica e da preparação institucional para situações de crise. Para esses autores, a pandemia evidenciou não só a necessidade de ferramentas digitais, mas também a capacitação contínua para o uso eficiente dessas tecnologias.

Siemens (2005) argumenta que, em um cenário de constante evolução, a educação deve se alinhar com o conceito de conectivismo, no qual o conhecimento está distribuído em redes e a habilidade de conectar informações de diferentes fontes é central para o aprendizado. Esse pensamento ganhou ainda mais relevância durante a pandemia, pois as instituições precisaram se adaptar rapidamente para utilizar uma série de ferramentas digitais e plataformas de aprendizado, criando ambientes educacionais mais dinâmicos e conectados.

Fullan (2020), compartilha do pensamento de que o período pandêmico revelou a necessidade de uma “pedagogia profunda” integrada à tecnologia, em que a inovação tecnológica é usada para engajar os alunos de maneira significativa. Evidenciando que o pós-pandemia representa uma oportunidade única para reinventar a educação, transformar o aprendizado em algo mais centrado no aluno, interativo e acessível.

Diante deste cenário, a integração de tecnologia no currículo escolar tem se tornado cada vez mais central para o desenvolvimento das habilidades dos alunos. A Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018) incentiva o uso de ferramentas digitais e metodologias que se apoiam em simulações virtuais, plataformas educacionais e experimentos digitais. A implementação dessas tecnologias permite que os alunos visualizem e manipulem conceitos abstratos, como reações químicas ou processos físicos, mesmo sem o acesso a laboratórios físicos tradicionais. Isso é importante em contextos escolares onde os recursos podem ser limitados.

Focando em um ensino interativo, as plataformas digitais de simulação e laboratórios virtuais no ensino de Química em escolas que não dispõem de laboratórios físicos, tem desenvolvido habilidades científicas básicas que tornam o aprendizado cada vez mais dinâmico e acessível. Vidal *et al* (2020), ressaltam que essas ferramentas digitais permitem que os alunos realizem experimentos controlados e aprendam a conduzir investigações científicas. Isso envolve funcionalidades que vão além da apresentação de conteúdos e permite que os estudantes participem ativamente do processo de aprendizagem. Rocha *et al* (2016), argumentam que o uso de softwares interativo permite aos alunos adquirirem habilidades práticas e fortalece o entendimento sobre estruturas molecular e equilíbrio químico. Esses autores exploraram modelos 3D e *softwares* de simulação em atividades práticas no ensino de Química, destacando como a tecnologia permite que os alunos realizem seus experimentos.

É importante enfatizar que a utilização de *softwares* tem se apresentado como um caminho de apoio no processo de aprendizagem dos alunos e não um substituto. (Corrêa; Schnetzler, 2024). É válido ressaltar que o uso de tecnologias na educação e no ensino de Química não exclui o papel do docente e do laboratório físico, pois essas ferramentas digitais também podem limitar experiências práticas tangíveis além de dependerem de investimento financeiro, para infraestrutura tecnológica e

capacitação docente, para uso eficaz. (Oliveira; Alves; Porto, 2017).

Para compreender melhor o processo de aprendizagem, utilizaremos tanto a teoria do Conectivismo quanto a Aprendizagem Significativa de Ausubel. O Conectivismo proposto por Siemens (2005), destaca que o desafio dos alunos não está apenas em adquirir conhecimento, mas em saber navegar e conectar diferentes fontes de informação em uma rede de conhecimento. A dificuldade muitas vezes surge da complexidade e da constante atualização das informações em ambientes digitais. Já a teoria de Ausubel (1986) enfatiza que a aprendizagem se torna mais eficaz quando novos conhecimentos se conectam de forma significativa com aquilo que o aluno já sabe. Assim, ao integrarmos essas abordagens, consideramos tanto a influência das conexões tecnológicas quanto a construção ativa do conhecimento.

A aprendizagem não ocorre apenas de forma linear ou dentro de um ambiente estático, mas em um contexto dinâmico onde as informações estão em constante evolução e as redes de conhecimento estão em fluxo. A dificuldade dos alunos em aprender não reside apenas em como navegar e integrar essas redes complexas de informação (Siemens, 2005, p.134).

Para promover o uso dessas ferramentas tecnológicas nos processos de ensino e de aprendizagem, foi preciso organizar como seria aplicado o simulador e suas etapas de avaliação com os alunos do 3º ano do Ensino Médio, participantes do programa “*Terceirão não tira férias*”, sobre os conteúdos de Química do caderno de estudos (elaborado pela SEDUC): *impactos ambientais; destruição da camada de ozônio; aumento da chuva ácida; poluição do ar, água e solo através do lixo e aquecimento global*, para serem analisadas sob a perspectiva das Teorias do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa.

Neste contexto, o escopo maior desta investigação foi o de verificar a possibilidade de haver ganhos de aprendizagem sobre os temas de Química, do caderno de estudos, com auxílio de um simulador digital, entendendo que simultaneamente à comunicação e às interações discursivas em sala de aula, esta abordagem pode ser um recurso de grande contribuição para uma aprendizagem construída por meio de interações em rede.

1.2. PROBLEMA E QUESTÃO DA INVESTIGAÇÃO

De que maneira os *softwares* de simulação digital favorecem a Aprendizagem Significativa em Química para alunos da educação básica, considerando também os

princípios do Conectivismo durante as interações?

O uso de *softwares* de simulação digital no ensino de Química tem sido amplamente discutido na literatura educacional devido ao seu potencial de transformar a forma como os estudantes interagem com os conceitos químicos. Essas ferramentas tecnológicas proporcionam representações visuais dinâmicas de fenômenos que, de outra forma, seriam abstratos e de difícil compreensão (Martins; Machado, 2018).

A aprendizagem significativa, conforme definida por Ausubel (1968), enfatiza a importância da ancoragem de novos conhecimentos em estruturas cognitivas pré-existentes. No entanto, a efetividade dessa abordagem no contexto das simulações digitais depende de diversos fatores, incluindo a mediação docente, a familiaridade dos alunos com as tecnologias e a adequação do *software* ao conteúdo programático (Ausubel, 2003).

Já o Conectivismo, defendido por Siemens (2005), propõe que o aprendizado na era digital ocorre por meio de redes interconectadas, nas quais o conhecimento se expande a partir da interação com diversas fontes de informação. Nesse sentido, a integração de *softwares* de simulação ao ensino de Química exige uma análise cuidadosa sobre como essas tecnologias podem se articular com práticas pedagógicas tradicionais e inovadoras (Downes, 2010).

Além disso, desafios como o acesso desigual à tecnologia, a necessidade de formação docente para o uso dessas ferramentas e a resistência a novas metodologias de ensino precisam ser considerados ao discutir a implementação de simulações digitais no contexto escolar (Santos; Oliveira, 2020). Estudos indicam que, sem um planejamento pedagógico adequado, essas ferramentas podem não alcançar seu potencial máximo na facilitação do aprendizado (Martins; Machado, 2018).

Portanto, ao abordar o uso de *softwares* de simulação digital no ensino de Química, é fundamental considerar tanto seus benefícios quanto suas limitações. A investigação sobre esse tema deve levar em conta diferentes perspectivas teóricas e práticas para compreender melhor seu impacto no processo de ensino-aprendizagem. Segundo Carmichael *et al* (2023), simuladores interativos como *PhET* e *Avogadro*, ajudam alunos a interagir com modelos moleculares em tempo real, promovendo um entendimento mais profundo dos conceitos desejados no ensino de Química.

Os softwares de simulação digital em Química são ferramentas poderosas que possibilitam modelar e prever reações, estruturas e processos mais complexos de forma virtual. Essas ferramentas possuem uma abordagem mais prática, que ajuda os

alunos a compreenderem melhor os fenômenos químicos. Segundo Rosa e Heinz (2007 *apud* Gomez, 2013), um *software* para ensino deve ser gratuito, a fim de evitar cópias ilegais, de fácil instalação e manuseio; e permitir adaptação, atualização e modificação com programas acessórios como *plug-in*². (Bastos; Bezerra; Nunes, 2016).

Nessa investigação, podemos destacar o *software* de Química *PhET* e seu desempenho na revisão de conceitos químicos propostos pela SEDUC do estado do Maranhão, como ferramenta para auxiliar nos assuntos preparatórios para o ENEM, por meio da mobilidade dos celulares dos alunos no período das férias.

A combinação de estratégias de ensino inovadoras e discussões relacionadas ao cotidiano do aluno pode permitir a formação de saberes sobre a área do conhecimento em que se insere esse conteúdo. Assim, essa pesquisa buscou considerar as orientações que enfatizam a importância de se articular os eixos do conhecimento químico à abordagem de temas sociais. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (Brasil, 1999), os conhecimentos desenvolvidos no ensino da Química devem contribuir para a construção de uma visão de mundo articulada e menos fragmentada, fazendo com que o aluno se sinta inserido na sociedade que se encontra em constante transformação. (Brasil, 1999 *apud* Bastos; Bezerra; Nunes, 2016).

Há vários estudos que comentam sobre a questão do aluno se sentir ou não, inserido na sociedade diante dos constantes avanços da tecnologia. Siemens (2005), enfatiza a interação entre a sociedade, tecnologia e educação, apontando que a globalização afeta a sociedade contemporânea e como as redes de comunicação impactam a educação e a formação dos indivíduos no século XXI. A oportunidade de acesso à tecnologia no âmbito escolar, ajuda o aluno a se adaptar a um mundo em constante mudança.

² Plug-in - Programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores. Geralmente é pequeno e leve, usado somente sob demanda

1.2.1. Objetivos

Investigar como o uso de simulações digitais (*PhET*) no Ensino de Química, fundamentado na teoria Conectivista e na Aprendizagem Significativa, influencia a interação dos alunos da educação básica e favorece a apropriação do conteúdo.

1.2.1.1. Objetivos específicos

- Observar e analisar, sob a ótica Conectivista, as interações dos alunos da educação básica (3º ano), durante o uso de software de simulação, identificando padrões de interações em rede (conexões), colaboração e construção do conhecimento;
- Avaliar se a utilização de simulações digitais promove uma aprendizagem significativa, verificando a relação entre os novos conhecimentos adquiridos e os conhecimentos prévios dos alunos da educação básica (3º ano);
- Identificar desafios e possibilidades na aplicação de simulações digitais no Ensino de Química, como estratégia didática para os conteúdos específicos de Impactos Ambientais, Aquecimento Global /Efeito Estufa e Misturas.
- Adaptar material didático de Química com vistas às demandas das NTIC para alunos da rede estadual do Maranhão.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de simulações digitais no ensino de Química, fundamentada na teoria Conectivista e na Aprendizagem Significativa. O protocolo seguiu as diretrizes da recomendação PRISMA e foi elaborado com base na metodologia proposta por *Boers et al* (2018), *Mayo et al* (2018) e *Stovolf et al* (2014). A revisão buscou identificar como as tecnologias digitais, especialmente os *softwares* de simulação, influenciam a interação dos alunos e a apropriação dos conceitos de Química na educação básica.

Para a realização da revisão (APÊNDICE B), foram consultadas bases de dados como Scielo, Google Acadêmico, Periódico Capes e repositórios acadêmicos de universidades brasileiras. A estratégia de busca foi estruturada para garantir a reprodutibilidade dos resultados. Como exemplo, utilizamos a seguinte busca avançada no Google Acadêmico: "*digital simulator*" AND "*chemistry teaching*", considerando publicações entre 2014 e 2024.

As palavras-chave empregadas na busca incluíram: "NTIC na educação", "NTIC no Ensino de Química", "simulação digital no ensino de Química", "ferramentas digitais no ensino de Química", "tecnologias educacionais em Química", "aprendizagem conectivista" e "aprendizagem significativa". O período de publicação considerado foi de 2005 a 2024, priorizando estudos recentes e relevantes para o campo.

Os critérios de seleção focaram em trabalhos que abordam aplicações práticas, metodologias educacionais contemporâneas e análises críticas sobre o impacto das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC) no ensino de Química. Além disso, buscamos estudos que discutem o uso de *softwares* de simulação digital e exploram os conceitos do Conectivismo de Siemens (2005) e da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968). Essas buscas tiveram o propósito de delimitar os problemas, justificar, objetivar e avaliar a relevância do estudo.

2.1. NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (NTIC)

Atualmente, a sociedade é fortemente influenciada pela informatização e

pelo avanço tecnológico, marcado pela rapidez com que a informação é criada, processada e disseminada. As Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC), enquanto ferramentas que permitem o acesso, a transformação e a produção de informação, que pode estar em formato de texto, imagem, som, dados, documentos multimídia e hipermídia, se constituem numa linguagem de comunicação essencial no século XXI (Carvalho; Ivanoff, 2010). As NTIC têm ganhado um foco maior na educação desde 2020, especialmente com a pandemia da COVID-19, com a necessidade de ensino remoto. Essa tendência para utilizá-las para fins educacionais, possibilitou novos processos de ensino e aprendizagem. Para Silva *et al.* (2021) esse período evidenciou tanto a relevância das NTIC para manutenção da educação quanto para as desigualdades no acesso a recursos digitais entre diferentes regiões e escolas, especialmente nas redes públicas.

As tecnologias atuais, como computadores, smartphones, tablets, possibilitam capturar, armazenar, organizar, recuperar e transmitir informações com alta eficiência. Leite (2021) aborda essas tecnologias como contribuintes para a criação de ambientes de aprendizagem mais colaborativos e dinâmicos, onde estudantes e educadores podem interagir de maneira eficiente, rompendo barreiras geográficas e de tempo.

Para Escartín (2023), o computador é ferramenta poderosa na realização das aulas, auxiliando o estudo e modelagem de processos e fenômenos de dimensão espacial, onde as experiências podem resultar extremamente motivadoras, e que os professores percebem mudanças no seu papel perante os alunos, pois em vez de serem transmissores com todas as respostas, desempenham o papel de orientadores, que apoiam os estudantes na descoberta dos ambientes e na construção de ideias e juízos baseados na informação recompilada do mundo, não existindo limitações de idade na aplicação da tecnologia na educação, podendo beneficiar-se alunos desde a primária até o universitário (Vieira; Meirelles; Rodrigues, 2011). Recentemente Escartín (2023), discutiu as mudanças que a tecnologia vem enfrentando, como o poder transformador da inteligência artificial, realidade virtual e aplicativos moveis, que podem se ajustar aos ritmos individuais de aprendizagem e melhorar a interação entre professores e alunos.

Para que esse cenário se concretize, é fundamental que o

desenvolvimento, a aprendizagem e a comunicação ocorram de maneira eficiente, é importante que a inclusão dessas tecnologias na educação seja acompanhada pela junção de diversos fatores. Podem-se destacar como mais importantes: a) o domínio do professor sobre as tecnologias existentes e sua utilização na prática, e isso passa, necessariamente, por uma boa formação acadêmica; b) que a escola seja dotada de uma boa estrutura física e material, que possibilite a utilização dessas tecnologias durante as aulas; c) que os governos invistam em capacitação, para que o professor possa atualizar-se frente às mudanças e aos avanços tecnológicos; d) que o professor se mantenha motivado para aprender e inovar em sua prática pedagógica; e) que os currículos escolares possam integrar a utilização das novas tecnologias aos blocos de conteúdo das diversas disciplinas; dentre outros (Leite;Ribeiro, 2012).

As NTIC representam um avanço significativo na educação à distância. Com a criação de ambientes virtuais de aprendizagem, os alunos têm a oportunidade de interagir, compartilhar informações e experiências. Os professores e/ou tutores tem a possibilidade de realizar trabalhos em grupos, debates, fóruns, dentre outras formas de tornar a aprendizagem mais significativa. Nesse sentido, a gestão do próprio conhecimento depende da infraestrutura e da vontade de cada indivíduo.

Essas questões tornam-se ainda mais relevantes diante de mudanças que a sociedade tem sofrido nos últimos anos, as quais impactam diversos setores, sendo a educação um dos mais afetados por essas transformações. A inserção do computador e da internet no cotidiano dos alunos gerou uma imensa quantidade de informações, com as quais escolas e professores ainda não estão totalmente preparados para lidar. A adaptação das escolas ao uso das NTIC ainda é um desafio para alguns educadores, pois muitos não possuem domínio das ferramentas tecnológicas (Oliveira, 2015).

A utilização de recursos tecnológicos no processo de ensino tem se tornado cada vez mais essencial, pois torna as aulas mais interessantes e oferece aos alunos uma abordagem de aprendizado diferenciada. Para que isso aconteça de maneira que todos os envolvidos se sintam beneficiados, é fundamental que a questão das NTIC devidamente consolidada. A forma de ensinar e aprender podem ser beneficiados por essas tecnologias, como, o computador, por exemplo, a Internet, que traz uma diversidade de informações, mídias e

softwares, que auxiliam nessa aprendizagem (Oliveira, 2015).

Nesse contexto, diante da inevitabilidade de conviver com as NTIC na educação, torna-se essencial analisar e refletir sobre os benefícios, as transformações e os conhecimentos necessários para que essas tecnologias sejam aplicadas ao aprendizado do aluno (Oliveira, 2015).

Entretanto, torna-se um desafio para os professores a busca de novas estratégias de ensino que minimizem as dificuldades e facilite o aprendizado dos alunos. No sistema de ensino, as NTIC fazem parte dos parâmetros curriculares desde o 3º ciclo do ensino básico até o ensino médio. O Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário afirma que:

O ensino obrigatório das NTIC é uma necessidade, tanto no âmbito social quanto cultural social e cultural. Não basta saber acessar à Internet, substituir a máquina de escrever por um processador de texto ou construir um gráfico a partir de uma folha de cálculo. As técnicas e o domínio dos processos de sistematização e tratamento de informação, das aplicações ligadas ao desenho assistido por computador, ou a capacidade de produzir conteúdo para a Internet, são domínios estratégicos do conhecimento a que não poderemos ficar alheios. Não podemos restringir à formação de potenciais consumidores de informação. Pelo contrário, o desafio da escola do futuro está na capacidade de formar para a produção, tratamento e difusão da informação (Vieira; Meirelles; Rodrigues, 2011).

2.2. O USO DAS NTIC NA EDUCAÇÃO: DIRETRIZES NACIONAIS E DO ESTADO DO MARANHÃO

A integração das NTIC na educação exige um direcionamento claro que garanta seu uso de forma alinhada às demandas do ensino contemporâneo. Nesse contexto, a legislação vigente tem destacado a importância de discussões teóricas e atividades práticas voltadas ao uso das tecnologias digitais da informação e comunicação na educação básica. Esse tema consta na própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996), que preconiza, no Inciso II do Artigo 32, que, no Ensino Fundamental, deve-se oportunizar aos educandos “a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamentam a sociedade”

Nesse sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) também destacam como objetivo de o ensino fundamental proporcionar ao aluno a possibilidade de “saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos” (Brasil, 1997, p. 5). A

tecnologia é concebida nos PCN como uma ferramenta indispensável para a construção de conhecimentos e, nesse âmbito, deve ser uma referência tanto para o professor quanto para o aluno.

Para Macedo (2014), a proposta de uma base comum nacional não é recente no Brasil, visto que na década de 1980 já existiam discussões e debates sobre isto. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), promulgada em 1996, consolidou uma demanda por uma base nacional comum. A BNCC (2018) assinala que toda a elaboração do documento esteve ancorada na Constituição Federal de 1988, na LDBEN, na Política Curricular Nacional e nas Diretrizes Curriculares Nacionais.

Ao apresentar esse processo, fica evidente como as tecnologias desempenham um papel fundamental na sistematização e criação de documentos legais e políticos. Em um país como o Brasil, com sua imensa diversidade territorial e cultural, é essencial trabalhar em rede para a implementação de uma Base Nacional Comum Curricular. Esse processo evidencia a transversalidade da cultura digital na elaboração do documento, reconhecendo que ela permeia todos os campos, gerando ou transformando gêneros e práticas (Brasil, 2018).

Dessa forma, França e Costa (2017) destacam que a BNCC sugeriu, por meio de consulta política, a implementação de uma política nacional voltada para a formação de professores, produção de materiais, uso de tecnologias educacionais, aprimoramento da infraestrutura escolar, além de políticas nacionais e avaliação padronizada da educação básica. Retomamos o foco da BNCC na cultura digital, ao evidenciar “a multiplicação das tecnologias de informação e comunicação e do crescente acesso a elas pela maior disponibilidade de computadores, telefones, celulares, tablets e afins” [...] (Brasil, 2018, p.61). O documento ressalta a importância da tecnologia. Também reconhece a necessidade de professores e alunos dominarem o ambiente digital, utilizando de forma crítica e ética as diversas ferramentas existentes.

É importante destacar ainda que a cultura digital tem provocado transformações sociais profundas na sociedade atual [...]. “Os jovens assumem um papel de protagonismo nesse contexto, participando ativamente de novas formas de interação multimidiática e multimodal, além de práticas sociais em rede que se desenvolvem de maneira cada vez mais rápida. Ao mesmo tempo,

essa cultura se caracteriza por um forte apelo emocional, incentivando respostas imediatas e a fugacidade das informações. Isso tende a valorizar análises rápidas e o uso de imagens e expressões mais concisas, contrastando com os modos de argumentação e comunicação tradicionalmente cultivados no ambiente escolar (Brasil, 2018, p.61)”.

Nesse contexto, no Capítulo II da Resolução nº2/2015, no Artigo 5º, destaca-se a importância de utilizar as NTIC de forma estratégica e responsável, visando não apenas aprimorar as práticas pedagógicas, mais também ampliar a formação cultural de professores e estudantes (Brasil, 2015).

Isso evidencia a necessidade de reavaliar a formação tradicional e tecnicista, incorporando novas práticas e iniciativas que promovam reflexões sobre as possibilidades de transformação. Na formação profissional, é essencial desenvolver a capacidade dos estudantes para a inovação e a análise crítica da informação, além de fomentar um posicionamento ético e consciente diante dos desafios e demandas da realidade atual (Kenski, 2012).

Uma educação renovada deve refletir a compreensão de que educação e tecnologia são elementos inseparáveis, integrados ao cotidiano de todos. As mídias, além de serem fontes de informação, têm o potencial de gerar conhecimento, destacando a necessidade de formar um educando que, nos dias de hoje, demanda maior dinamismo e protagonismo na construção do saber.

Diante desse cenário, destacam-se documentos oficiais que propõem uma formação que vá além das demandas voltadas às exigências do mundo do trabalho. Entre eles, encontra-se o Plano Nacional de Educação (PNE), que estabelece metas educacionais e serve de referência para a elaboração e consolidação de planos estaduais e municipais de educação. Além disso, é um documento integrado ao sistema nacional de educação, atendendo às demandas das Conferências Nacionais de Educação (CONEB e CONAE). (Scheibe, 2010 *apud* Brasil, 2014).

Nesse sentido, o contexto educacional do Estado do Maranhão reflete avanços significativos, como os empreendidos pelo Programa Escola Digna, criado pelo Decreto nº 30.620/2015 e que, em 2019 e oficializado em 2019 como política educacional pela lei Lei nº 10.995/2019, reforçando o compromisso da Secretaria Estadual de Educação em promover a ampliação e melhorias das escolas da rede. (SEDUC/MA, 2017).

Essa política se fundamenta em ações estratégicas guiadas por princípios norteadores, como a “inclusão social, o respeito à diversidade, a formação integrada, a democracia e participação na gestão, o ensino comprometido e a aprendizagem significativa, além do ensino pela pesquisa e o uso de tecnologias”. (SEDUC/MA, 2017).

Para garantir a efetivação do processo de ensino e aprendizagem nas escolas, seja na incorporação dos Temas Contemporâneos Transversais (TCT) ou trabalhar os conteúdos da base comum, é essencial definir o método didático a ser adotado. Isso porque o método escolhido influencia diretamente o tipo de aprendizagem desejada, determinando as ações sistematizadas que precisam ser desenvolvidas para que o aprendizado se concretize conforme o esperado (SEDUC/MA, 2014).

O método didático é o fio condutor do trabalho pedagógico da escola e da ação docente (Marchiorato, 2014). Sendo assim, precisa estar vinculado aos objetivos educacionais, ao papel social e específico da escola e à concepção de aprendizagem.

Nesse contexto, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para Educação Básica apontam que a escola desempenha um papel essencial na disseminação do conhecimento acumulado e produzido pela humanidade ao longo do tempo (Brasil, 2013). Alinhando-se a essas diretrizes, as orientações educacionais do Estado do Maranhão destacam que a função social da escola está vinculada à apropriação dos elementos culturais necessários para uma compreensão mais ampla e sistemática da realidade, promovendo uma visão de mundo mais crítica e aprofundada.

Em consonância com a BNCC, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, compostas por biologia, física e química, integrada as NTC, devem proporcionar aos estudantes uma compreensão mais ampla e crítica sobre o mundo natural e suas interações com a sociedade. “Essa área visa desenvolver competências que capacitem os alunos a investigarem, interpretar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo” (Brasil, 2018).

Considerando a proposta apresentada no documento sobre a Política Nacional de Materiais e Tecnologias Educacionais, observa-se que as discussões contidas nele, assim como nas Diretrizes relacionadas, abrangem os

objetivos de aprendizagem em todas as áreas do conhecimento e etapas do ensino. Como aponta Orofino (2005, p.52), “as crianças e adolescentes de hoje convivem com as mídias [...] de um modo nunca experimentado pelas gerações anteriores”.

Nesse cenário, em que a informação está amplamente acessível e muitas vezes é gratuita, Mota (2016), destaca que mais importante do que a simples assimilação de conteúdo é a capacidade do estudante de aprender de forma autônoma, desenvolver o pensamento crítico e compreender plenamente (com todas as articulações possíveis) o que é aprendido. As tecnologias digitais contribuem significativamente para esse propósito, ao possibilitar a exploração de um ambiente educacional que transcende os limites da escola. Na sociedade da informação e do conhecimento, a aprendizagem não se restringe ao espaço físico escolar. Assim, aliada à adoção de metodologias ativas, desempenha um papel crucial na concretização de novas propostas educacionais.

Recentemente, foi sancionada a lei que regulamenta o uso de aparelhos eletrônicos portáteis, como celulares, por estudantes em instituições de ensino público e privado da educação básica. De acordo com a Lei nº 15.100/2025, é proibido o uso de dispositivos eletrônicos pessoais durante as aulas, recreios e intervalos em todas as etapas da educação básica, exceto quando utilizados com fins pedagógicos. Além disso, a proibição não se aplica em casos de necessidade, perigo ou força maior. A lei também garante o uso desses aparelhos para promover acessibilidade, inclusão, atender condições de saúde ou assegurar direitos humanos (Brasil, 2025).

Os estados e municípios, em parceria com comunidades escolares, desempenham um papel fundamental na definição dos formatos mais adequados para a implementação da Lei nº 15.100/2025, levando em conta as particularidades locais. Nesse contexto, as secretarias estaduais assumem um papel estratégico na execução da política de conectividade em seus territórios, conforme previsto na Lei nº 14.172/2021. Paralelamente, o Ministério da Educação (MEC) tem dado prioridade à educação digital, e a BNCC está sendo analisada pelo CNE com o objetivo de identificar mais subsídios que possam orientar as redes de ensino sobre como realizar a implementação eficaz dessa política (Brasil, 2025).

A lei também estabelece que as redes de ensino e as escolas devem

elaborar estratégias para abordar o tema do sofrimento psíquico e da saúde mental dos estudantes, incluindo informações sobre os riscos e a prevenção relacionados ao uso imoderado de aparelhos eletrônicos. Isso inclui oferecer treinamentos periódicos para a detecção e prevenção de sinais de sofrimento psíquico e mental, além de disponibilizar espaço de escuta e acolhimento para estudantes e funcionários.

A regulamentação do uso de dispositivos eletrônicos, tem gerado debates que refletem a relevância desse tema. Neira (2025) enfatiza que a simples proibição pode não ser a solução mais eficiente. O autor argumenta que é necessário considerar o contexto educacional e as práticas pedagógicas ao discutir o uso de dispositivos eletrônicos em sala de aula. Para Santos (2025), esse debate precisa ser feito, ser amadurecido. *“Os alunos vão ter laboratórios (multieducativos), espaços de experimentação? E se eu não uso as tecnologias, preciso ter mais bibliotecas, espaços mais interessantes ou outras tecnologias que não seja celular e internet. Precisamos pensar nisso, porque faz parte da vida e da cultura dessa sociedade”* (Santos, 2025 apud DIARIO DO NORDESTE, 2025).

Em consonância com as diferentes abordagens dos autores sobre o tema, é possível perceber que, apesar das variações nas perspectivas, há um entendimento comum acerca dos impactos das NTIC nos processos de ensino e de aprendizagem. A legislação também reforça a necessidade de um ambiente escolar mais focado e propício ao desenvolvimento integral dos estudantes. Contudo, a lei também reconhece o potencial das NTIC como ferramentas pedagógicas, permitindo seu uso de forma planejada e orientada.

2.3. A INSERÇÃO DAS NTIC NO ENSINO DE QUÍMICA

O currículo de Química é extenso e focado em conteúdo, com destaque na memorização de conceitos, símbolos e regras. Os alunos têm grande dificuldade de abstrair conceitos apreendidos nas atividades de sala de aula, impossibilitando dessa forma uma relação destes conceitos com seu dia a dia. (Marques *et al*, 2008).

É esperado, de acordo com as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM), um ensino de Química de forma mais abrangente e integrada, desenvolvendo “ferramentas químicas” mais apropriadas para

estabelecer ligações com outros campos do conhecimento, visando a interdisciplinaridade e apresentando fatos observáveis e mensuráveis. (Brasil, 2006)

A prática pedagógica do professor em sala de aula precisa ser constantemente atualizada e para isso, o computador, o tablet e o celular, podem contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem, como importantes ferramentas. (Giordan, 2005 *apud* Leite, 2014).

No contexto educacional, essas tecnologias podem atuar como ferramentas mediadoras entre o professor e o conteúdo a ser trabalhado. Como exemplo, o homem, sem as mídias digitais, não conseguiria utilizar a ferramenta de internet para acessar determinados conteúdos. Da mesma forma, essas mídias não conseguiriam efetuar buscas mais elaboradas na internet sem a operação humana. Nesse sentido, entendemos que essas ferramentas possam contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem como mediadoras, auxiliando bastante o professor.

Nessa perspectiva, é necessário que o futuro docente da área de Ciências, em especial o de Química, tenha uma formação que atenda às novas demandas da educação e seja capaz de compreender, integrar e acompanhar a “sociedade da informação”. Para isso, necessitam de uma formação que lhes possibilitem adquirir habilidades e competências pedagógicas e que saibam utilizar as NTIC, uma vez que estas são ferramentas facilitadoras para ensinar e aprender, podendo com isso, atender não apenas a demanda da escola, como também da sociedade.

Sob esse aspecto, Pauletti *et al* (2017), enfatizaram que a formação dos professores precisa ser repensada, tendo em vista a necessidade de aproximar o ensino universitário da realidade escolar, formando professores capacitados para desenvolver práticas de ensino que atendam as demandas emergentes, subtraindo as adversidades do contexto.

As tecnologias promovem também a interação entre estudante-estudante e, entre professor-estudante. É capaz de proporcionar prazer e despertar o interesse pelos conteúdos disciplinares. As NTIC possibilitam uma abordagem diferenciada dos conteúdos em sala de aula e pode minimizar as dificuldades dos alunos, permitindo a integração desses indivíduos na sociedade. Segundo Fogaça e Giordan (2012), tecnologias são consideradas ferramentas

indispensáveis ao processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos científicos, podendo favorecer a inclusão escolar e social.

Em relação ao Ensino de Química, as tecnologias apresentam grande potencial e podem ajudar na mediação de conceitos complexos, por meio de signos, ajudando os alunos na superação das dificuldades e desafios que enfrentam ao compreender fenômenos microscópicos e fórmulas químicas. (Giordan; Góis, 2007; Giordan, 2005; Pauletti, *et al* 2017). Portanto, as tecnologias podem atuar no Ensino de Química como colaboradoras, para facilitar o entendimento sobre os conteúdos tidos como difíceis pelos alunos, uma vez que a tecnologia pode proporcionar a visualização de fenômenos que a olho nu não poderiam ser percebidos, a exemplo dos softwares que possibilitam construir modelos, comparar as representações macroscópicas e visualizar múltiplos modelos tridimensionais (Giordan; Góis, 2007).

2.4. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DOS SOFTWARES DE SIMULAÇÕES DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Diversos estudos têm apontado que os estudantes apresentam dificuldades em aprender os conteúdos da área de Ciências da Natureza, pois muitos não sabem o motivo pelo qual estudam estas disciplinas. O componente curricular de Química é mostrado como uma das disciplinas em que eles apresentam grande dificuldade de compreensão do conteúdo. (Leite e Rotta, 2016; Giordan, 2008; Maldaner, 1999; Goi e Santos, 2004)

O estudo da Química ajuda o aluno a entender as razões por trás das diversas transformações que ocorrem no planeta, permitindo que ele conecte as informações adquiridas na construção desse conhecimento. (Almeida *et al.*, 2007).

Com a utilização de plataforma virtual para o aprendizado, o estudante dispõe de uma ferramenta diferenciada para complementar o estudo da Química, despertando a atenção para a disciplina, bem como permitindo a interatividade das aulas pelas possibilidades que esses softwares de simulação têm a oferecer. Para Giordan (2008) as elaborações de significados em sala de aula, com o uso de ferramentas computacionais, mostram a importância da tutoria pela internet no desenvolvimento da educação em ciências.

As ferramentas computacionais também podem ser utilizadas como plataformas de estudos para treinamento e simulados do ENEM. Dessa forma, elas complementam as aulas presenciais e se tornam recursos importantes para o preparo dos estudantes.

O uso de simuladores, especialmente na área de Ciências da Natureza, como na Química, torna-se ainda mais relevantes no contexto do ingresso na educação superior. O preparo, iniciado desde o 1º ano do ensino médio, é potencializado por essas ferramentas, que oferecem uma abordagem prática e estratégica para melhorar o desempenho dos estudantes.

No Ensino de Química, podemos destacar os simuladores como ferramentas complementares ao laboratório didático, ampliando as possibilidades de aprendizado. Schwahn e Oaige (2007) dizem que as aulas que adotam a utilização de simuladores computacionais são uma estratégia que torna o ensino muito mais atrativo. Como exemplo de simuladores, temos o *PhET*, que permite de forma gratuita, efetuar vários experimentos de Química, Física, Matemática e Biologia. Por ser um recurso totalmente *on-line*, ou seja, não é necessário realizar download de qualquer tipo de arquivo, pode ser utilizado em qualquer plataforma (celular ou computador), abrangendo assim um maior número de alunos. O *Virtual Chemistry Lab*, também é um programa que permite ao aluno manipular as vidrarias como se estivesse no laboratório, embora tenha que ser adquirido pela instituição de ensino, mas é uma boa opção para escolas que não possuem laboratórios.

Além do exposto acima, é possível também utilizar *softwares* que impactam na compreensão de estruturas moleculares, como exemplo, os softwares de visualização *Avogadro* e *ChemDraw*. Eles permitem que os estudantes vejam e manipulem modelos tridimensionais de moléculas, e são capazes de contribuir significativamente para a compreensão de conceitos como geometria molecular, hibridização e interações intermoleculares.

Em comparação com laboratórios tradicionais, os laboratórios virtuais, como *Labster* e *ChemCollective Virtual Labs*, simulam o ambiente de laboratórios físicos, proporcionando aos alunos realizarem experimentos completos de maneira virtual.

No entanto, o *PhET* foi escolhido para este estudo devido a sua versatilidade, acessibilidade gratuita, abordagem pedagógica sólida e recursos

interativos que atender a diversos estilos de aprendizagem. Portanto, ao contrário de simuladores mais técnicos como *Avogadro* e *ChemDraw*, que atendem a um público avançado, o *PhET* é projetado para ensinar fundamentos, sendo ideal para escolas que buscam uma abordagem mais didática. Além disso, em comparação com laboratórios virtuais como *Lebster* e *ChemCollective Virtual Labs*, o *PhET* também se destaca por oferecer uma ampla variedade de simulações que abrangem desde química básica até tópicos interdisciplinares, como física e biologia, promovendo uma aprendizagem integrada.

Sobre softwares desenvolvidos para a aprendizagem, Leite (2015, p. 176) argumenta que “*softwares são programas educacionais que são projetados por meio de uma metodologia que os contextualiza no processo ensino-aprendizagem*” e que estes softwares poderiam ser utilizados para tutoria, exercícios e práticas, programação, aplicativos, simuladores e jogos educativos.

Nesse sentido, o autor infere que a “*eficácia de um software educativo depende do papel atribuído a ele e da articulação pedagógica atribuída pelo docente*” (Leite, 2015, p. 177), assim o professor deve pensar muito bem sobre quais os objetivos a serem alcançados, utilizando este recurso digital.

2.5. APRENDIZAGEM CONECTIVISTA: NOVOS PARADIGMAS PARA A EDUCAÇÃO EM REDE

A teoria conectivista, também conhecida como Conectivismo, proposta em 2005 por George Siemens, professor e diretor do Centro de Tecnologia da Aprendizagem da Universidade de Manitoba, no Canadá, surgiu como uma resposta à necessidade de uma abordagem de aprendizagem mais adaptada às demandas da era digital. Para Siemens (2005), o avanço tecnológico, especialmente com o surgimento da internet, gerou um cenário globalizado, dinâmico e extremamente acelerado. Nesse contexto, há uma abundância, ou mesmo um excesso, de informação facilmente acessíveis a grande parte da população mundial. Esses avanços tecnológicos impactaram profundamente as formas como os seres humanos aprendem, demandando adaptações às teorias tradicionais de aprendizagem. (Siemens, 2005)

O conectivismo emerge nesse cenário, mas com uma abordagem ainda mais radical. Em vez de apenas ajustar as teorias clássicas, Siemens (2004) defende uma verdadeira ruptura paradigmática³, propondo uma modificação dos modelos

tradicionais, considerados antiquados, em direção a uma perspectiva complementar e inovadora. Segundo Siemens (2005), a teoria conectivista pode ser sintetizada em oito princípios básicos, descritos da seguinte forma:

- Aprendizagem e conhecimento se fundamentam na diversidade de opiniões;
- Aprendizagem consiste em um processo de realização de conexões entre nódulos especializados ou fontes de informação;
- Aprendizagem pode residir em dispositivos não-humanos;
- A capacidade de 'saber mais' é mais crítica do que o que é atualmente sabido;
- A nutrição e manutenção de conexões são necessárias para a facilitação de aprendizagem contínua;
- Capacidade de ver conexões entre campos, ideias e conceitos é uma habilidade central;
- Atualidade (i.e., conhecimento preciso e atual) é o propósito de todas as atividades de aprendizagem conectivistas;
- Tomada de decisão é, em si, um processo de aprendizagem. A escolha do que aprender e o significado da informação sendo recebida é vista através da lente de uma realidade em transformação. [Isto é, a percepção de que] apesar da existência de uma resposta 'certa' [para algo] hoje, é possível que amanhã esta mesma resposta se torne 'errada' devido a alterações no ambiente informacional que afeta a decisão.

Esses pressupostos, entretanto, têm sido alvo de críticas (Verhagen, 2006; Bell, 2011; Clarà e Barberà, 2014), principalmente devido às suas afirmações ambiciosas e a tentativa de se posicionar como uma teoria de aprendizagem completa, algo que alguns consideram exagerado. Segundo Downes (2012) muitos argumentam que o conectivismo não é, de fato, uma teoria. No entanto, ele defende que o conectivismo é uma teoria em desenvolvimento, assim como o próprio conhecimento conectivo. Ainda assim, mais de 20 anos após sua criação, o conectivismo segue sendo discutido nos círculos acadêmicos da educação, embora seu *status* como uma teoria consolidada ainda seja questionado.

³Paradigmática – Trata-se de uma transformação que altera os conceitos ou práticas predominantes. No texto, o termo é utilizado para descrever como o conectivismo propõe uma mudança entre as teorias de aprendizagem, em vez de apenas adaptar modelos clássicos.

2.5.1 Aspectos importantes para a Conectivista

De acordo com Siemens (2005, 2008), o Conectivismo é a integração de princípios provenientes das teorias do caos, das redes, da complexidade e da auto-organização, aplicados ao processo de aprendizagem. Dessa forma, a aprendizagem é entendida como a construção e manutenção de conexões entre conjuntos de informações especializadas, sendo um processo contínuo de avaliação sobre quais conexões devem ser priorizadas e quais devem ser descartadas. Esse processo ocorre em ambientes fluidos, que não estão totalmente sob o controle do indivíduo. O ponto de partida para esse processo é a integração do aprendiz com os elementos presentes em uma comunidade de aprendizagem, um espaço que favorece a formação de conexões e é descrito como *“um local onde áreas de interesse similares se agrupam, permitindo a interação, o compartilhamento, o diálogo e o pensamento coletivo”* (Siemens, 2003, 160).

Downes (2009), acrescenta que, nesses contextos, as atividades de aprendizagem são, essencialmente, conversações e trocas (facilitadas pelas diversas formas e formatos proporcionados pela tecnologia) entre o aprendiz e outros membros da comunidade, cada um com diferentes níveis de expertise. A prática de aprender, portanto, consiste simplesmente na participação ativa na comunidade. No entanto, essas fronteiras representam apenas o início, pois uma comunidade é apenas um pequeno nó em uma rede muito maior e mais complexa, o que leva a (Downes, 2009, p.19.) a afirmar que, “nessa teoria, em essência, aprender é mergulhar na rede.” Durante esse processo de imersão, o aprendiz tem a oportunidade de interagir com os temas de seu interesse sob diferentes perspectivas, uma vez que, na rede, os limites entre área de conhecimento são acessíveis. De maneira semelhante, novas informações estão sendo continuamente geradas e adquiridas por meio de novas conexões, o que torna essencial a habilidade de discernir a relevância de novos dados e compreender como eles alteram o estado atual do conhecimento.

Portanto, o conectivismo propõe que o conhecimento individual se construa e se transforme continuamente por meio de uma rede dinâmica, que integra pessoas, organizações e instituições. Este processo não é linear, mas cíclico, e

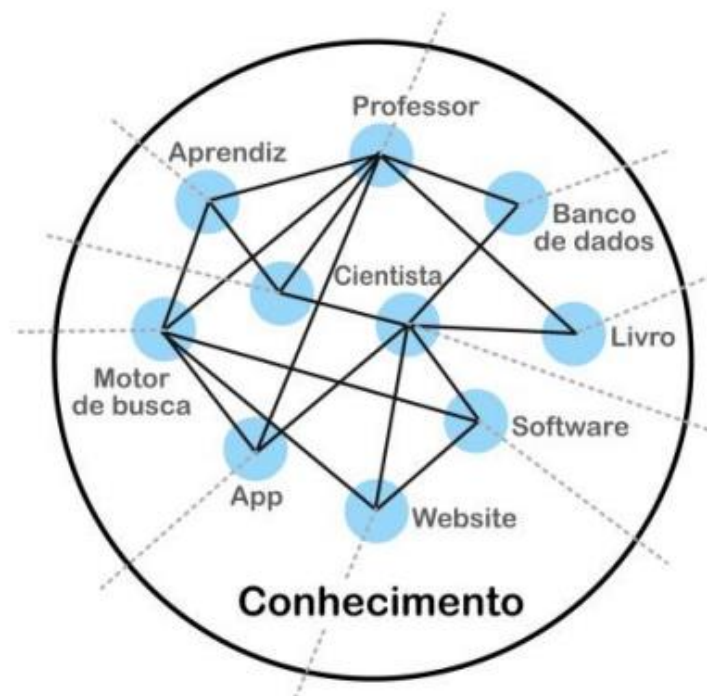
leva à amplificação da aprendizagem e do conhecimento, ampliando a compreensão por meio de uma rede pessoal em constante evolução (Siemens, 2005). No entanto, como Downs (2009) observa, nem todas as redes são propensas a uma aprendizagem eficaz. Para que uma rede seja realmente capaz de aprendizagem, adaptação e evolução, ela deve ser:

1. **Descentralizadas:** Redes centralizadas seguem um padrão onde certas entidades possuem muitas conexões enquanto a vasta maioria das restantes possuem poucas. Em redes descentralizadas o peso das conexões e o fluxo de informação é distribuído.
2. **Distribuídas:** Entidades em uma rede devem residir em diferentes localizações físicas, reduzindo riscos de falhas generalizadas e a necessidade de maior infraestrutura. O foco nestes sistemas é compartilhamento e não cópia.
3. **Desintermediadas:** Isto é, elas eliminam 'mediação', a barreira entre originador e receptor (e.g., a remoção do professor intermediador que se posiciona entre o conhecimento e o estudante). Onde possível, deve-se prover acesso direto à informação e serviços, o propósito da mediação sendo, se existente, gerenciar fluxo e não a informação, e reduzir o volume de informação e não seu o tipo.
4. **Desagregadas:** Em redes efetivas, contexto e serviços são desagregados. Unidades de conteúdo devem ser do menor tamanho possível e o conteúdo não deve ser agregado como se vê, por exemplo, em cursos "pré-fabricados". A organização e a estrutura do conteúdo e serviços devem ser criadas pelo próprio receptor.
5. **Desintegradas:** Entidades em uma rede não são 'componentes' umas das outras, significando que a estrutura da mensagem, em si, é distinta do tipo de entidade enviando ou recebendo-a. A mensagem deve ser codificada em uma 'língua' comum onde o código é algo aberto e facilmente acessível no sentido de não ser dependente de um ferramental ou software proprietário específico para ser recebido e lido.
6. **Democráticas:** Isto é, devem seguir os princípios da diversidade (de opiniões); autonomia (posicionamentos verdadeiramente pessoais e não meras repetições do que alguém pede para ser falado); interatividade/conectividade (conhecimento produzido como produto de reais interações); abertura (a ideias externas à rede).

7. **Dinâmicas:** Uma rede deve ser uma entidade fluida, que se modifica, pois sem mudança o crescimento e a adaptação não são possíveis. É através desse processo de mudança (onde a criação de conexões é uma função central) que novo conhecimento é descoberto.
8. **Dessegregadas:** Isto significa, por exemplo, que no aprendizado em rede a aprendizagem não é pensada como um domínio à parte/independente, e que, portanto, dependa de ferramentas e processos específicos seus. Ao invés disso, a aprendizagem é pensada como parte do viver, do trabalhar, do jogar. As mesmas ferramentas que utilizamos nas atividades do dia a dia são as ferramentas usadas para aprender.

Essas propriedades são fundamentais para qualquer modelo de ensino que se baseie na teoria conectivista, pois asseguram que a rede não caia na estagnação. A Figura 1 apresenta um modelo ilustrativo de como o conhecimento é visto na teoria conectivista.

Figura 1. Conhecimento na Teoria Conectivista



Fonte: Weiland, Pereira e Barcellos (2022, baseado em AlDahdouh, Osório e Caires, 2015)

Siemens (2003), sugere que o modelo tradicional de ensino, com suas

estruturas rígidas e hierárquicas, não pode proporcionar a flexibilidade e a autossuficiência necessária para um aprendizado duradouro. Em vez disso, ele propõe uma Ecologia da Aprendizagem (Figura 2), um conceito que reflete a natureza dinâmica e adaptativa do processo de aprendizagem. Brown (1999) complementa essa visão, descrevendo a ecologia como sistema aberto e interconectado, no qual as partes evoluem de forma auto-organizada, mas também de maneira frágil e dependente. Esse conceito pode ser ampliado no contexto do conectivismo para incluir um conjunto de comunidades de interesse interligadas, que se sobrepõem e se influenciam mutuamente, promovendo uma aprendizagem constante e auto-organizada.

Figura 2 – Processo de criação de uma rede (Ecologia da Aprendizagem)



Fonte: Siemens, 2008.

A aprendizagem em rede, segundo Siemens (2005), exige que se criem conexões entre fontes de conhecimento, o que, por sua vez, facilita a geração de novos saberes. Franco (2008) acrescenta que, mesmo em redes onde algumas pessoas podem não inicialmente desejar colaborar, o ambiente organizado de maneira horizontal pode incentivar a colaboração entre todos. Isso reforça a ideia de que, para que as redes sejam efetivas, é preciso criar um espaço onde todos, independentemente das suas opiniões iniciais, possam contribuir para o aprendizado coletivo. Não é necessário que todos

compartilhem as mesmas ideias ou que haja uma liderança, mas sim que todos se envolvam de maneira ativa e colaborativa.

Okada (2011) enfatiza que a exploração do contexto é parte integrante da aprendizagem. Aprendizes que sabem escolher seus recursos, compartilhar experiências e busca aprender não somente “o quê” e “onde”, mas também, “como” e “com quem”, são aqueles que sabem como usar os recursos abertos e redes colaborativas para aprender. A ecologia proposta por Siemens (2003), portanto, vai além de uma simples rede, ela é uma comunidade viva e em constante mudança, na qual todos podem explorar diferentes áreas do conhecimento, interagir com especialistas e ampliar suas próprias expectativas. Criar esse ambiente de aprendizagem, moldar as redes e liberar os alunos dentro desse espaço é uma responsabilidade de educadores e tutores, que têm o papel de facilitar essas conexões e proporcionar um ambiente dinâmico e colaborativo.

Entretanto, Siemens (2004) aponta que o Behaviorismo, o Cognitivismo e o Construtivismo são teorias mais utilizadas na criação de ambientes institucionais de aprendizagem. Contudo, essas teorias foram desenvolvidas em um tempo em que não existia o impacto das tecnologias. Nesse sentido, o Conectivismo surge como uma síntese moderna dessas teorias de aprendizagem clássicas, ajustada às necessidades do século XXI.

Uma teoria que merece destaque dentre as demais, é a teoria da Aprendizagem Significativa, que oferece uma base importante para o Conectivismo, especialmente no que diz respeito à maneira como o conhecimento é estruturado e conectado.

Segundo Ausubel (2003), o aprendizado significativo ocorre quando o aluno é capaz de estabelecer uma relação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Essa conexão é chamada de ancoragem cognitiva e é essencial para a compreensão e retenção do novo conhecimento. Esse princípio pode complementar diretamente o Conectivismo, que enfatiza a construção de rede de conhecimento, mas com um foco adicional em como as informações são armazenadas e processadas dentro da mente do aprendiz.

Nesse contexto, os conteúdos que estudamos precisam ser constantemente atualizados, relevantes e contextualizados. Com o avanço das tecnologias, o conhecimento se transforma em uma função da rede, tornando-se um elemento cognitivo independente: processa, filtra, avalia e valida nova

informação:

Numa abordagem conectivista da aprendizagem, criamos redes de conhecimento para ajudar na substituição de conteúdos desatualizados por conteúdos atuais. Transferimos muitas capacidades cognitivas para a rede, de modo que nosso foco como alunos muda do processamento para o reconhecimento de padrões. Quando descarregamos os elementos de processamento da cognição, somos capazes de pensar, raciocinar e funcionar num nível mais elevado ou navegar em espaços de conhecimento mais complexos. (Siemens, 2006, s.p.)

A nossa capacidade para aprender o que precisamos para amanhã é mais importante do que aquilo que sabemos hoje, e é por isso que o verdadeiro desafio para qualquer teoria da aprendizagem é ativar o conhecimento no ponto de aplicação:

O tubo é mais importante do que o conteúdo dentro do tubo (...) À medida que o conhecimento continua a crescer e a evoluir, o acesso ao que é necessário é mais importante do que aquilo que o aluno possui atualmente.” (Siemens, 2004, s.p.)

No Conectivismo, as conexões não ocorrem apenas no nível cognitivo interno, mas também através de redes externas e digitais. No entanto, o princípio da Aprendizagem Significativa reforça a necessidade de que essas conexões sejam relevantes e bem integradas ao conhecimento pré-existente, o que garante que o aprendizado seja não apenas acumulativo, mas também duradouro. Ao integrar esse aspecto, o conectivismo passa a não apenas conectar informações dispersas em redes externas, mas também a garantir que essas informações sejam conectadas de forma significativa ao que o aluno já sabe, promovendo um aprendizado mais eficaz e compreensível.

Dessa forma, o Conectivismo se beneficia da teoria da Aprendizagem Significativa ao incorporar a ideia de que a qualidade das conexões é tão importante quanto a quantidade. As redes de conhecimento que o Conectivismo propõe devem, portanto, ser enriquecidas com conexões cognitivas que façam sentido para o aprendiz, promovendo não apenas a construção de redes externas, mas também a organização interna e significativa do conhecimento. Esse vínculo entre a Aprendizagem Significativa e o Conectivismo proporciona uma abordagem mais robusta, onde o aprendizado é profundo (significativo) quando expandido (conectado).

2.6. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ASPECTOS COGNITIVOS

Considerando os aspectos cognitivos do processo de apropriação do conhecimento, o psicólogo norte-americano David Ausubel, na década de 1960, introduziu as bases da teoria da Aprendizagem Significativa. Na área de Psicologia Educacional, Ausubel apresenta propostas psicoeducativas que, segundo Moreira e Mansini (2001), abordam a aprendizagem escolar e o processo de ensino a partir de uma perspectiva que se afasta dos princípios condutistas (comportamento observável), priorizando a construção de conhecimento relevante à estrutura cognitiva do aprendiz. (Guimarães e Maciel, 2021)

Segundo Ausubel (1968, p.37-38), a aprendizagem envolve a organização e integração do material na estrutura cognitiva, que pode ser entendida como “[...] *o conjunto total de ideias de um indivíduo e a forma como elas estão organizadas, ou o conteúdo e a organização de suas ideias em um campo específico do conhecimento.*” Sua Teoria que está vinculada à Psicologia Educacional, a qual ele define como:

[...] uma ciência aplicada que tem um valor social, interessada não em leis gerais da aprendizagem em si mesma, mas em propriedades de aprendizagem, que possam ser relacionadas a meios eficazes de deliberadamente levar mudanças na estrutura cognitiva. (Ausubel, 1968, p.8)

Para Ausubel (1963), as novas informações recebidas no ambiente escolarizado podem ser assimiladas por relações, as quais “ligam” os conteúdos a serem aprendidos com informações disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, verifica-se que a aprendizagem ocorre de modo não-literal e não arbitrário, ou seja, significativamente. A ideia de modo não-literal e não arbitrário, ou reorganização da estrutura cognitiva, ou seja, um processo em que a informação nova se relaciona com algo relevante na estrutura do conhecimento do estudante. É uma tentativa de fornecer sentido ao estabelecer relações de modo não arbitrário e substancial entre os novos conhecimentos e conceitos existentes (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Nesse contexto, Moreira (2006) explica que segundo Ausubel (1968), o conhecimento prévio é um dos pilares para a Aprendizagem Significativa, um processo ao qual uma informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Esse processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura prévia de conhecimento específico.

Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento (Moreira, 2005, p. 05).

A aprendizagem Significativa ocorre quando as novas informações, incorporam uma estrutura lógica e interagem com os outros conceitos relevantes, inclusivos e claros, previamente estabelecidos na estrutura cognitiva por processo de assimilação em equidade sob o processo de diferenciação, elaboração e estabilidade. É por meio desse processo de interatividade que há apropriação de uma experiência consciente, claramente articulada e precisamente diferenciada quanto a sinais, símbolos, conceitos e proposições potencialmente e incontestavelmente significativos que estão estritamente relacionados a estrutura cognitiva e a ele incorporados.

[...] a Aprendizagem Significativa é um processo de ensino- aprendizagem, em que o aluno como ser biopsicossocial e participante deste processo, apresenta motivação de aprender, assim, compreende, reflete e atribui novos conceitos, partindo de conhecimentos e experiências prévias, modificando os significados existentes, por meio da organização e integração na estrutura cognitiva dos conceitos prévios e novos, tornando-os significativos, os quais necessariamente, são transferidos para outras situações que vivenciar (Agra *et al.*, 2019, p.263).

Veras e Ferreira (2010) afirmam que a afetividade se constitui como um fator de vasta importância no desenvolvimento de um indivíduo, e na sua relação com o outro, pois, é por meio do outro que esse indivíduo pode delimitar-se como pessoa no decorrer de um processo constante e permanente de construção. É imprescindível que o docente esteja profundamente envolvido nesse processo; e considere a afetividade como parte do desenvolvimento, sobretudo, buscando uma Aprendizagem Significativa, contribuindo na formação integral de seus alunos e para uma vivência mais positiva do processo de ensino-aprendizagem. (Guimarães e Maciel, 2021)

Ausubel (1968) propõe que o conhecimento humano é organizado de forma hierárquica e que novas informações só têm significado quando se conectam a conhecimentos já adquiridos. Essa premissa fundamenta o uso de organizadores avançados na elaboração curricular, visto que eles facilitam a

associação entre novos conteúdos e conceitos pré-existentes. Os organizadores comparativos ajudam a ativar conhecimentos prévios, enquanto os expositivos introduzem conteúdos desconhecidos, proporcionando uma base para a assimilação do material.

Na obra *“A Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva”*, Ausubel (2003) reforça sua teoria ao argumentar que o aprendizado significativo é fundamental para a construção do conhecimento e para a retenção duradoura de informações.

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (Ausubel, 2003, p.254)

Com base nessa perspectiva, a teoria da Aprendizagem Significativa permite que os professores reflitam sobre sua prática pedagógica e incentivem os alunos a aprenderem de forma contextualizada, conectando o conteúdo escolar às experiências do cotidiano. Essa abordagem não apenas promove debates sobre a prática educacional, mas também coloca a vivência dos alunos no centro do processo de aprendizagem.

Embora a teoria de Ausubel (1968) tenha sido apresentada na década de 1960, ela ainda demanda a adaptação a novos conceitos e estratégias para atender às necessidades atuais de professores e alunos. Isso requer um repensar de como a teoria é aplicada em sala de aula, reconhecendo que a educação deve ir além do simples repasse de informações. Ampla e complexa, a Aprendizagem Significativa também propõe a compreender como os indivíduos constroem e organizam seu conhecimento intelectual, tornando o processo educativo mais dinâmico e conectado às realidades do sujeito.

Para que a Aprendizagem Significativa ocorra de maneira eficaz, é essencial que o estudante esteja motivado a aprender. Isso significa que ele deve perceber o conteúdo como relevante para sua vida pessoal e profissional. Nesse contexto, uma das principais funções do professor é atuar como motivador, estimulando o interesse pelo conhecimento. Um professor de Química, por exemplo, ao ensinar sobre geometria das moléculas, deve demonstrar a importância desse conceito no cotidiano.

No entanto, apenas apresentar a relevância do conteúdo não é suficiente. O professor também deve considerar os interesses e motivações dos alunos para tornar o aprendizado realmente significativo. Segundo Zompero e Laburú (2010), essa predisposição para aprender é essencial, pois qualquer aprendizagem exige esforço e a superação de desafios.

A construção do conhecimento ocorre de maneira mais eficiente quando o estudante primeiro compreende os aspectos mais globais e inclusivos de um tema, para depois se aprofundar nos detalhes. Esse princípio, conhecido como diferenciação progressiva (Ausubel, 2003; Tavares, 2008), que sugere que a apresentação inicial dos conceitos mais gerais facilita a assimilação dos elementos mais específicos ao longo do processo. Dessa forma, os alunos desenvolvem uma visão ampla antes de lidar com informações fragmentadas, que favorece uma melhor compreensão e retenção do conhecimento.

Nesse contexto, a aprendizagem de conceitos específicos torna-se mais acessível quando se parte de uma abordagem abrangente, conectando informações menores ao todo. O ensino fragmentado, sem uma introdução geral, pode dificultar a assimilação e prejudicar a construção do conhecimento. Assim, a interdisciplinaridade se torna uma estratégia eficaz, pois permite a interconexão entre diferentes áreas, enriquecendo a experiência do aprendizado.

Além disso, cada estudante aprende de maneira única, uma vez que sua cognição é influenciada por suas experiências anteriores. Conceitos mais amplos ocupam posições superiores na hierarquia do conhecimento, servindo como base para a assimilação de informações mais específicas. Dessa forma, levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos não apenas facilita o aprendizado, mas também promove evolução conceituais ao longo do processo.

2.6.1 Requisitos para a Aprendizagem Significativa

Essencialmente, são dois os requisitos para a aprendizagem significativa:

- 1) material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e

2) aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

O primeiro requisito implica: I) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) II) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não literal.

É importante enfatizar aqui que o material só pode ser potencialmente significativo, não significativo: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, ..., pois o significado está nas pessoas, não nos materiais.

É o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e os significados atribuídos podem não ser aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. Naturalmente, no ensino o que se pretende é que o aluno atribua aos novos conhecimentos, veiculados pelos materiais de aprendizagem, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino, mas isso normalmente depende de um intercâmbio, de uma “negociação”, de significados, que pode ser bastante demorada.

O segundo requisito é talvez mais difícil de ser satisfeito do que o primeiro: o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não literal, a seus conhecimentos prévios. É isso que significa predisposição para aprender.

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente porque ela ou ele sabe que sem compreensão não terá bons resultados nas avaliações. Aliás, muito da aprendizagem memorística sem significado (a chamada aprendizagem mecânica) que usualmente ocorre na escola resulta das avaliações e procedimentos de ensino que estimulam esse tipo de aprendizagem.

Por outro lado, o aluno pode querer dar significados aos novos conhecimentos e não ter conhecimentos prévios adequados, ou o material didático não ter significado lógico, e aí voltamos à primeira condição: o material deve ser potencialmente significativo.

2.6.2 Como ocorre o processo de conceitos subsunçores

Os subsunçores são conhecimentos prévios armazenados na estrutura cognitiva de um indivíduo que servem como base para a assimilação de novas informações. Segundo David Ausubel (1968), teórico da aprendizagem significativa, esses conceitos atuam como "âncoras" que permitem relacionar novos conteúdos ao que já se sabe, facilitando a compreensão e a retenção do conhecimento. Por exemplo, se um aluno já entende o conceito de "cadeia alimentar", ele poderá aprender com mais facilidade sobre "teias alimentares", pois conseguirá estabelecer conexões entre os dois temas. Dessa forma, quanto mais sólidos e bem-organizados forem os conceitos subsunçores, mais eficaz será a aprendizagem de novos conteúdos.

Moreira (2009) explica que os primeiros subsunçores se estabelecem quando a criança, em seus primeiros anos de vida, interage com o mundo ao redor criando conceitos acerca de significados e símbolos. O que representa uma espécie de aprendizagem por descoberta, fruto da experiência individual na interação do indivíduo com objetos, animais e pessoas, dentre outros. Pode-se considerar que ao adentrar a idade escolar a criança já apresenta subsunçores suficientes para que haja a aprendizagem por recepção. Desde então a criança passa a ter predisposição a adquirir novos conceitos.

A interação da criança com novas características sobre um conceito já adquirido seu subsunçor amplia-se e o conceito ganha novas características, sendo algo novo, de uma nova compreensão. Caso não haja subsunçores, o que fazer? Há duas propostas para resolver esta questão. A primeira é trazida por Novak (1989) apud Moreira (2009); dizendo que nestes casos em que o aluno vem a ter o primeiro contato com o objeto de estudo a aprendizagem mecânica é necessária. Na segunda proposta, conforme Ausubel (2003), organizadores prévios são elaborados para servir de ancoradouros para os conhecimentos a serem adquiridos.

A função principal de um organizador prévio é servir como ponte entre o conhecimento que se sabe e o conhecimento que deve ser introduzido para que o aluno possa alcançar o que vai ser aprendido significativamente. Moreira (2009) ainda assinala que os organizadores prévios são amplamente pesquisados, embora não sejam a parte mais importante da teoria. Em vista disso, também existem críticas ao que Ausubel (2003) definiu como organizador prévio, pois muitos questionam que o autor não deixou claro o que seria isso. Para que se tenha clara e objetiva ciência de que o aluno realmente aprendeu com significado é preciso planejar de forma criteriosa que tipo de material avaliativo deve ser utilizado. A princípio, deve-se considerar o que Moreira (2009, p. 18) diz:

[...] o significado real para o indivíduo (significado psicológico) emerge quando o significado potencial (significado lógico) do material de aprendizagem converte-se em conteúdo cognitivo diferenciado e idiossincrático por ter sido relacionado, de maneira substantiva e não arbitrária, e interagindo com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Uma forma apontada pelos autores Novak (1977 *apud* Moreira, 2009; Ausubel, 2003), quando se utiliza os instrumentos de ocorrência de aprendizagem, com os quais os alunos já possuam familiaridade, pode ser um caminho facilitador para o uso de memórias recentes com os conhecimentos novos que serão adquiridos, que fazem parte da cognição humana, que podem sinalizar a resolução de perguntas por critérios de memorização. Enfim, o que se propõe para verificar se há ou não aprendizagem significativa é assegurar que os significados construídos pelo aprendiz ficaram com ele, pode-se verificar, por meio de respostas mais elaboradas e complexas. Sendo assim, o que faz com que o aluno possa solucionar situações cotidianas não é o contexto das perguntas ou problemas colocados diante dele, mas sim, a ocorrência de aprendizagem com significados. (Santos, 2017).

2.6.3 Configuração da Aprendizagem Significativa

Segundo Moreira (2012), a estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a

diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

- A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.
- A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.

Pode-se distinguir entre três formas de aprendizagem significativa: por subordinação, por superordenação e de modo combinatório. Analogamente, pode-se identificar três tipos de aprendizagem significativa: representacional (de representações), conceitual (de conceitos) e proposicional (de proposições). (Moreira, 2012)

Aprendizagem subordinada ou subsunção, é a primeira forma de aprendizagem significativa. O processo se explica neste caso quando se estabelece uma relação de subordinação do novo material com a estrutura cognitiva do aprendiz já existente, ou seja, ocorre a ancoragem a um subsunçor. Desta forma a aprendizagem de conceitos e a proposicional, já apresentadas, relacionam-se a esta subordinação. A aprendizagem subordinada pode ser derivativa ou correlativa.

a. A aprendizagem subordinada derivativa ocorre quando o que se aprende é interpretado com algum material específico de uma proposição ou conceito já existente na cognição do aluno. Por exemplo, para um aluno compreender o que venha a ser e como fazer uma Geometria Molecular se faz necessário que ele tenha em sua cognição conceitos acerca do que seja molécula, átomo e ligação química, para que ocorra uma diferenciação na aprendizagem preliminar sobre o assunto.

b. A aprendizagem subordinada correlativa é satisfeita quando o conceito ou proposição aprendidos são extensão ou até reelaboração conceitual do que já se aprendeu. Por exemplo, para um aluno aprender sobre os diferentes tipos de geometrias moleculares se faz necessário que ele tenha em sua cognição

conceitos acerca do que seja um moléculas.

Aprendizagem superordenada é a segunda forma de aprendizagem significativa, que se dá quando uma proposição ou conceito com potencial significativo é assimilado e passa a ancorar na cognição do aprendiz em conceitos já existentes, e o aprendiz passa a incluir esses conceitos no seu cognitivo e a assimilá-los, tornando os pensamentos preexistentes subordinados a esta nova ideia.

Aprendizagem combinatória é a terceira e última forma de aprendizagem significativa. É uma aprendizagem de proposições onde se relaciona as ideias aprendidas num outro nível de ensino, por exemplo em outra série, com o novo conceito; neste caso, o conceito científico. A diferença é que esta forma não estabelece uma relação de subordinação ou de superordenação, perpassa por uma assimilação mais geral, sendo uma nova proposição estabelecida devido a outras já existentes.

No que se refere a tipos de aprendizagem significativa, a mais elementar, porém a mais fundamental, pois dela dependem os outros tipos, é a aprendizagem representacional. (Moreira, 2012).

Aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa.

Aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa.

Aprendizagem proposicional, implica dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisito para a proposicional, mas o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos.

Uma premissa da teoria da aprendizagem significativa é que o sujeito que aprende vai diferenciando progressivamente e, ao mesmo tempo, reconciliando integrativamente, os novos conhecimentos em interação com aqueles já

existentes. Ou seja, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos, simultâneos, da dinâmica da estrutura cognitiva. Através desses processos o aprendiz vai organizando, hierarquicamente, sua estrutura cognitiva em determinado campo de conhecimentos. Hierarquicamente significa que alguns subsunçores são mais gerais, mais inclusivos do que outros, mas essa hierarquia não é permanente, à medida que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa a estrutura cognitiva vai mudando (Moreira, 2012).

Isso significa que o conteúdo curricular deveria, inicialmente, ser mapeado conceitualmente de modo a identificar as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave do que vai ser ensinado. Essa análise permitiria identificar o que é importante e o que é secundário, supérfluo, no conteúdo curricular.

A perspectiva interacionista social da aprendizagem significativa, conforme discutido por Novak e Gowin (1996), propõe que a aprendizagem é um processo dinâmico no qual o aluno constrói conhecimento de maneira significativa por meio da interação com o conteúdo educativo, com o professor e com outros aprendizes. Nesse contexto, a aprendizagem não é um ato isolado, mas sim um processo contínuo de troca de significados e compreensão que se dá através da comunicação e da troca de experiências. Para Santos (2017), o aprendizado significativo ocorre quando o indivíduo conecta novas informações às suas estruturas cognitivas pré-existentes, proporcionando uma compreensão mais profunda e duradoura.

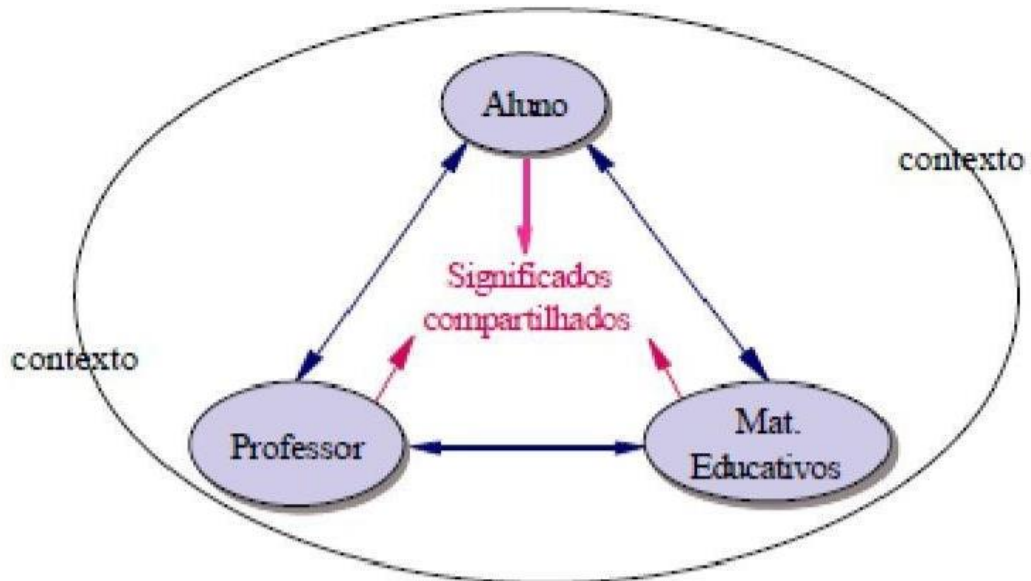
(Aluno ↔ Professor ↔ Materiais Educativos do Currículo)

A função do educador, que já está inteirado acerca dos significados da matéria ensinada, é ser o mediador nesta troca de significados. Conforme apresentado por Moreira (2009), no modelo triádico de Gowin (Figura 3) um episódio de ensino só é terminado quando o aluno capta os significados compartilhados pelo professor por meio dos materiais educativos, que já são válidos para o grupo de pessoas que os utilizam. Então, o novo conceito, ou seja, o conceito científico, deriva de um processo anterior à aprendizagem significativa, que é a captação de significados.

Desta forma, tendo como instrumento de análise o material e as condições baseadas na relação existente entre o aluno e a aprendizagem significativa, o resultado será, caso seja possível, uma captação das informações pela estrutura cognitiva desse aluno, que foram aprendidas de forma significativa (Moreira, 2009).

Figura 3 - Modelo triádico de Gowin na visão interacionista

Fonte: Moreira (2009, p. 36).



Na metodologia deste trabalho, observou-se especial atenção à elaboração do material e a forma de transmitir as informações, pretendendo usar o simulador como uma peça-chave, pois pretendemos que seja a ferramenta que vai possibilitar essa interação entre ensino e aprendizagem, de forma significativa.

Segundo Moreira (2012), a grande maioria dos livros didáticos não promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Sua organização é linear, muitas vezes cronológica, começando com o mais simples e terminando com o mais complexo, ou mais difícil. É uma organização lógica, não psicológica, do ponto de vista cognitivo, a aprendizagem significativa será facilitada se o aprendiz tiver uma visão inicial do todo, do que é importante para, então, diferenciar e reconciliar significados, critérios, propriedades, categorias etc.

Ademais, ao conectarmos os pressupostos da teoria da aprendizagem significativa ao conceito de conectivismo, vemos que o aprendizado também se

dá em rede, com a interação de múltiplos pontos de conhecimento e fontes de informação. O conectivismo, como uma teoria de aprendizagem contemporânea, destaca a importância das conexões e das redes de saberes para a construção de conhecimento. Em um ambiente educacional mediado por tecnologias e softwares, o aluno não apenas interage com o conteúdo e com o professor, mas também com outras fontes de informação, acessíveis por meio de plataformas digitais. Os softwares educativos desempenham um papel crucial nesse cenário, proporcionando ambientes ricos para o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem autônoma e colaborativa, onde o conhecimento é construído por meio da interação contínua com ferramentas tecnológicas e outros indivíduos.

3. METODOLOGIA

Este trabalho se enquadra como pesquisa de caráter qualitativo. Segundo Ludke e André (1986), a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como principal fonte de dados e o pesquisador como seu instrumento central. Nesse tipo de abordagem, a ênfase recai mais sobre o processo do que sobre o produto resultante da análise dos dados, priorizado significado social das informações obtidas.

Nessa linha, os autores destacam algumas características fundamentais da pesquisa qualitativa, tais como:

fonte principal de dados (ambiente natural), sendo o pesquisador o principal instrumento da pesquisa; os dados coletados são predominantemente descritivos; menor preocupação com o produto e maior em relação ao processo; torna-se fonte de atenção do pesquisador o “significado” que as pessoas dão as coisas e a sua vida e o enfoque indutivo (Ludke e André, 1986, p. 42).

Nesse sentido ao utilizar a abordagem qualitativa, o pesquisador se assume como parte integrante da pesquisa ao utilizar de seus sentidos adquiridos durante a pesquisa para expressar a realidade em questão.

3.1. Caracterização do método de análise

Esta pesquisa se estrutura, em termos metodológicos, na Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galliazzi (2013) e na utilização de um software de simulação digital para o ensino de Química. A investigação considera a teoria conectivista para analisar a transição do aprendizado diante do tema estudado e a teoria da aprendizagem significativa para interpretar os resultados obtidos. A ATD foi utilizada para organização e tratamento dos dados coletados.

Para isso, foi elaborado um questionário no Google formulários, como o intuito de compreender as possíveis contribuições da utilização do software na aprendizagem de conceitos de Química. Ao adotar a ATD, reconhecemos que o uso de softwares no ensino de Química representa um recorte na aplicação de novas metodologias educacionais.

De acordo com Moraes e Galiuzzi (2020), a ATD pode ser compreendida

como um processo auto-organizado de construção de novos entendimentos, fundamentado na reconstrução textual. Os documentos que compõem o corpus podem incluir materiais especificamente elaborados para a análise pretendida, como transcrições de entrevistas e notas de observações, ou documentos já existentes, como legislações, registros oficiais e outros.

A ATD parte do princípio de que não há uma única interpretação objetiva para um texto. Diferentes formas de pensar e referenciais teóricos possibilitam múltiplas leituras de um mesmo material. Assim, busca-se descrever e interpretar alguns dos sentidos que um conjunto de texto (*corpus*) pode gerar. Nesse sentido, a ATD, como qualquer processo de análise textual, consiste em um exercício de produção e expressão de significados.

A abordagem da ATD proposta por Moraes e Galiuzzi (2020) é estruturada em três etapas: a primeira é a **unitarização**, que envolve a fragmentação do texto em unidades menores; em seguida, ocorre a **categorização**, na qual se estabelecem relações entre os elementos identificados na etapa anterior; por fim, há a **captação do novo emergente**, que corresponde à construção de uma nova compreensão global do corpus, baseada nas conexões estabelecidas ao longo do processo analítico.

O processo de unitarização que é a desmontagem dos textos requer do pesquisador, uma análise nos textos com o intuito de observar pormenores que uma leitura desprovida de intenção não poderia interpretar, pois todo texto “possibilita uma multiplicidade de leituras, leituras essas tanto em função das intenções dos autores como dos referenciais teóricos dos leitores e dos campos semânticos em que se inserem” (Moraes, 2003, p.192). Diferentemente de uma leitura em que se faz de um jornal, revista ou até mesmo de um livro em que as interpretações podem ser facilmente compartilhadas, ou seja, são explícitas, nesse tipo de pesquisa é necessária uma leitura latente, que se constitui como uma interpretação mais aprofundada do corpus da pesquisa. Para Moraes e Galiuzzi, (2013):

É importante salientar que o processo de unitarização não necessita prender-se ao que já está expresso nos textos num sentido mais explícito. Podem ser construídas unidades que se afastam mais do imediatamente do expresso, correspondendo a interpretações do pesquisador que atingem sentidos implícitos dos textos. (Moraes e Galiuzzi, 2013, p. 20)

A segunda etapa, a categorização, se dá por meio da comparação entre as unidades de análise, na busca de elementos semelhantes entre elas. Leva então à construção gradativa das categorias, que são formadas por conjuntos de elementos próximos enxergados entre as unidades de análise. As categorias são entendidas como partes na organização do novo emergente, uma vez que será a partir delas que se dará a estruturação das novas interpretações do texto original.

Moraes e Galiazzi (2020) denotam que a formação das categorias de análise pode se dar através de quatro métodos: método dedutivo, método indutivo, método dedutivo-indutivo e método intuitivo. No método dedutivo as categorias são dadas a priori, a partir das teorias que embasam o pesquisador. São entendidas então como “caixas” em que serão depositados os fragmentos desmontados dos textos. Ou seja, as categorias são criadas mesmo antes da análise dos textos. De outra perspectiva, o método indutivo, compreende a formação das categorias por meio das unidades de análise destacadas do corpus. São entendidas como “categorias emergentes”, já que sua construção se dá no contraste entre as unidades de análise e na busca dos elementos semelhantes entre estas.

Os autores também apontam, como possível, um misto entre os métodos dedutivo e indutivo, que daria origem ao que se poderia chamar de método dedutivo-indutivo. Neste formato, algumas categorias seriam dadas a priori, enquanto outras surgiriam no decorrer da análise. Esse método é entendido como um construto reflexivo, uma vez que as transformações gradativas que se dariam no conjunto de categorias e se traduziriam em uma evolução das categorias a priori.

Um quarto método seria intuitivo. Neste, parte-se da superação de uma racionalidade linear, trazendo-se a ideia de que as categorias podem ser construídas e terem sentido a partir do fenômeno como um todo. Elas seriam dadas através das intuições repentinas, ou insights, do pesquisados com base na intensa impregnação deste com o corpus.

Seja qual for o método escolhido, as categorias precisam ser validadas com respaldo nos objetivos da pesquisa e do pesquisador. Isto se dá quando estas propiciam uma nova compreensão do fenômeno estudado. Para tanto, o conjunto das categorias precisa ser entendido e construído com base nas teorias

que o sustentam.

O relacionamento entre as categorias e a construção de argumentos em relação a elas, dá origem aos metatextos que serão componentes na captação do novo emergente. Esta terceira etapa se estrutura mediante a descrição e a interpretação das categorias que representam um modo de teorização sobre os fenômenos estudados. Esse é um processo de explicitação de significados e de novas compreensões do texto original. Pode se configura por meio da construção de metatextos parciais sobre cada categoria, que darão origem ao todo, ou seja, ao novo emergente. Moraes e Galiazzi (2020) utilizam a metáfora de “tempestade de luz” para se referir ao objetivo da ATD, que se concretiza nesta terceira etapa: a emersão de uma nova compreensão do todo, de novos significados e de uma nova ordem por meio de outra organização da desordem construída.

É importante frisar que os metatextos e, por conseguinte o novo emergente captados, não devem ser entendidos como modos de expressar algo já existente no texto. São a ampliação da compreensão dos fenômenos investigados, tornando compreensível o que antes não o era. A construção dos argumentos em relação às categorias, que darão sustento a esse novo entendimento, deve ser ancorada na realidade empírica, que pode ser concretizada pelo “encaixe” de excertos dos textos analisados (Moraes e Galiazzi, 2020).

No desenvolvimento da ATD, durante o processo de unitarização, respostas das questões analisadas eram destacadas (em verde) para identificar unidades de análise semelhantes. Essas unidades eram organizadas a partir de categorias determinadas a priori e que pudessem ser utilizadas posteriormente, conforme as figuras 4 e 5.

Figura 4: Desmontagem de uma resposta em uma unidade de análise (unidade em destaque: Aluno 7 – aprendizagem significativa subordinada).

A7	<i>“Homogênea possui uma fase e heterogêneas várias fases”</i>
----	--

Figura 5: Desmontagem de uma resposta em uma unidade de análise (unidade em destaque: Aluno 10 – aprendizagem significativa subordinada)

A10	<i>“Sal e água=homogênea. Água e areia=heterogêneas.”</i>
-----	---

Fonte: a autora, 2025.

Através da desmontagem das respostas dos alunos, procurar indícios de uma Aprendizagem Significativa, teoria utilizada na análise dos questionários, para entender para que tipo de aprendizagem as respostas se direcionavam. Na categoria 1 buscamos verificar se as respostas tendiam para uma aprendizagem subordinada e na categoria 2, verificar se as respostas são do tipo superordenada, e categoria 3, se as respostas não apresentavam uma aprendizagem significativa, apenas superficial ou mecânica.

A etapa de categorização consiste em reunir elementos em sua semelhança e podem ser produzidas de duas formas diferentes: A produção de categorias pode ser a priori ou categorias emergentes. Na primeira forma, também denominado de método dedutivo, as categorias podem ser determinadas até antes do processo de unitarização e depende do objetivo da pesquisa e dos referenciais teóricos do pesquisador, já as categorias emergentes (método indutivo) são construídas ao longo do desenvolvimento da pesquisa a partir das reflexões criadas após a leitura do corpus.

Os dois processos de categorização também podem se combinar durante a pesquisa e, a partir de categorias a priori, o pesquisador se encaminha no sentido de construções de novas categorias (categorias emergentes). As categorias de análise que serão discutidas estão apresentadas no Quadro 1. Estabelecemos para esta pesquisa três categorias de análise determinadas a priori, e a partir da impregnação com o corpus da pesquisa, emergiram subcategorias de análises.

Quadro 1 – Categorias e subcategorias de análise *a priori*

Categoria de análise	Foco	Subcategoria	Metatexto
Aprendizagem Subordinada	Interação de novos conhecimentos conceitos já existentes	Associação de informações novas a conhecimentos prévios	Ocorre quando o aluno relaciona o conteúdo novo ao que já aprendeu, fortalecendo a retenção e compreensão do conhecimento
Aprendizagem Superordenada	Reestruturação cognitiva e formação de novos conceitos	Criação de novas categorias conceituais	Ocorre quando o aluno desenvolve um novo conceito mais abrangente, reorganizando e ampliando sua estrutura cognitiva.
Aprendizagem Superficial	Retenção mecânica sem conexão significativa	Memorização sem compreensão profunda	Ocorre quando o aluno apenas memoriza informações sem estabelecer relações significativas com seus conhecimentos prévios.

Fonte: a autora, 2025.

Durante a etapa de categorização foi necessária a impregnação do pesquisador no *corpus* de análise, pois as novas compreensões emergiram sobre o fenômeno investigado no sentido da construção de um metatexto, em que o pesquisador se assumiu como autor, a partir das hipóteses e dos referenciais teóricos que os sustentavam. Nesse sentido, “o metatexto constitui um conjunto de argumentos descritivo-interpretativos capazes de expressar a compreensão atingida pelo pesquisador em relação ao fenômeno pesquisado, sempre a partir do *corpus* de análise” (Moraes, 2013, p.202).

3.2 Aplicação da proposta

Optamos por desenvolver esta pesquisa na rede pública de ensino do Maranhão devido à oportunidade de investigar uma escola pertencente à Unidade Regional de Educação (URE) - Chapadinha, que engloba unidades escolares estaduais de 14 municípios situados na microrregião do Baixo Parnaíba, no leste do estado. Essa escolha permitiu ampliar nosso campo de

pesquisa e analisar de forma mais aprofundada o uso de metodologias tecnológicas no ensino de Química. Investigar essas práticas em escolas públicas é essencial para transformar a educação, tornando-a mais acessível e alinhada às demandas do mundo tecnológico em que vivemos.

Abaixo, no quadro 2, apresenta a relação das cidades que compõem a URE-Chapadinha e as respectivas escolas envolvidas. Nele destacamos a distinção entre **escola sede**, que é a unidade principal, localizada na área central do município, e **escolas anexas**, que são extensões da escola sede, situadas em bairros afastados ou povoados, atendendo alunos que residem em áreas mais distantes, garantindo acesso à educação sem a necessidade de deslocamento para a sede.

Quadro 2 – Escolas da Unidade Regional de Educação - Chapadinha

ESCOLAS SEDE		ESCOLAS ANEXAS	MUNICÍPIOS
01	Centro de Ensino José Vieira da Silva	Centro de Ensino Vereador Neide Costa	Água doce do Maranhão
02	Centro de Ensino Deputado Júlio Pires de Monteles	Centro de Ensino Deputado Júlio Pires de Monteles (Anexo I – Lagoa dos Ciganos) Centro de Educação Quilombola Deputado Júlio Pires Monteles (Anexo II – Guadalupe) Centro Educa mais Vicente Garreto de Vasconcelos	Anapurus
03	Centro de Ensino Humberto de Campos	Centro de Ensino Humberto de Campos (Anexo I - Carnaubeiras) Centro de Ensino Humberto de Campos (Anexo II - Ilhas Canarias) Centro de Ensino Luís Viana	Araioses
04	Centro de Ensino Maria Luiza Novaes Viana	Centro de Ensino Maria Luiza Novaes Viana (Anexo I - Belém) Centro de Ensino Maria Luiza Novaes Viana (Anexo II – Cabeceiras) Centro de Ensino Maria Luiza Novaes Viana (Anexo III – Pitombeira)	Buriti
05	Centro de Ensino Dr Otavio Vieira Passos. (A)	Centro de Ensino Dr Paulo Ramos (Anexo II - Riacho	Chapadinha

	Centro Educa Mais Raimundo Araujo. (B)	Fundo). Centro de Ensino Dr Paulo Ramos Instituto Estadual de Educação Ciência Tecnologia do MA - IEMA Pleno	
06	Centro de Ensino Oliveira Roma	Centro de Educação Quilombola Eloi Ferreira dos Reis	Mata Roma
07	Centro de Ensino Alfredo Duailibe	Centro de Ensino Alfredo Duailibe (Anexo I – Tingidor) Centro de Ensino Alfredo Duailibe (Anexo II – São José) Centro de Ensino Alfredo Duailibe (Anexo III – Simplicio) Centro de Ensino Alfredo Duailibe (Anexo VI – Santa Rita) Centro de Ensino Alfredo Duailibe (Anexo V – São Francisco)	Paulino Neves
08	Centro de Ensino Conego Nestor Cunha	Centro de Ensino José Lopes de Sousa	Santa Quitéria do Maranhão
09	Centro de Ensino São Francisco	Centro de Ensino São Francisco (Anexo I – São João)	Santana do Maranhão
10	Centro de Ensino Debora Correia Lima	Centro de Ensino Debora Correia Lima (Anexo I – Coqueiro) Centro de Ensino Debora Correia Lima (Anexo II - Mamorana) Centro de Ensino Dr Henrique Couto Centro de Ensino Dr Henrique Couto (Anexo I – Baixa Grande)	São Bernardo
11	Centro de Ensino Liceu Tutoiense	Centro de Ensino Henrique Rocha Centro de Ensino Liceu Tutoiense (Anexo I - Comum) Centro de Ensino Olindina da Costa Nunes Freire Instituto Estadual de Educação Ciência e tecnologia do Maranhão – IEMA Pleno –	Tutoia

		Casemiro de Abreu	
12	Não participante	Não participante	Brejo
13	Não participante	Não participante	Magalhães de Almeida
14	Não participante	Não participante	Milagres do Maranhão

Fonte: Guia de Escolas do Brasil, disponível em: <https://escolas.com.br/>

O programa “*Terceirão não tira férias*” já citado no início dessa pesquisa, desenvolvido pela SEDUC - MA, é realizado uma vez por ano, e tem a finalidade de preparar para o ENEM estudantes que estão concluindo o Ensino Médio, intensificando os estudos para garantir uma vaga na universidade. Portanto, o programa disponibiliza aulas presenciais de todas as áreas de conhecimento, suporte de apostilas e simulados na Plataforma Gonçalves Dias.

Na oportunidade, ao ministrar a disciplina de Química, pensamos em sistematizar uma metodologia digital para as escolas que não possuíam laboratórios de Química, a fim de melhorar a experiência dos alunos com relação aos temas estudados. Dessa forma, pensou-se também na realização desta pesquisa, uma vez que seria muito interessante poder identificar, sob análise criteriosa, os resultados desta experiência. Para autorização da coleta de dados, foi submetida uma declaração de consentimento institucional à Secretaria Geral da URE. (ANEXO B)

Dentro do programa “*Terceirão não tira férias*”, decidimos focar nossas análises em apenas um município, dentre os 14 municípios envolvidos, devido ao grande volume de dados que seria gerado, caso considerássemos todos os municípios da URE- Chapadinha. Assim, escolhemos o município de Paulino Neves (maior município), onde a aula presencial ocorreu na escola Alfredo Duailibe (Figura 6). Essa unidade recebeu alunos de cinco escolas anexas, pertencentes à mesma rede de ensino, localizadas em bairros e/ou povoados mais afastados da sede, conforme explicitado no quadro 2. Com a aula realizada no turno da manhã, participaram da pesquisa apenas os alunos do terceiro ano do Ensino Médio. No entanto, validamos a participação de apenas 15 alunos, que demonstraram comprometimento e disponibilidade ao responderem o questionário online de forma voluntária. Os demais optaram por não participar da pesquisa.

Figura 6 – Centro de Ensino Alfredo Duailibe



Fonte: A autora, 2025.

A escola analisada em questão, apresenta uma boa estrutura, fator essencial para proporcionar um ambiente de aprendizado acolhedor. Para a aula, foram disponibilizados espaços como sala de aula e auditório, lousa, pincel, além de recursos tecnológicos, como datashow, caixa de som, microfone e conexão com a internet. A conectividade, em especial, teve um papel fundamental na aplicação da nossa metodologia, que envolveu o uso de simulações. Além disso, contamos com o apoio constante da coordenadora escolar, que nos auxiliou ao longo do processo.

I Pesquisa bibliográfica

A primeira etapa desta pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica sobre o uso de softwares de simulação digital para o ensino de Química,

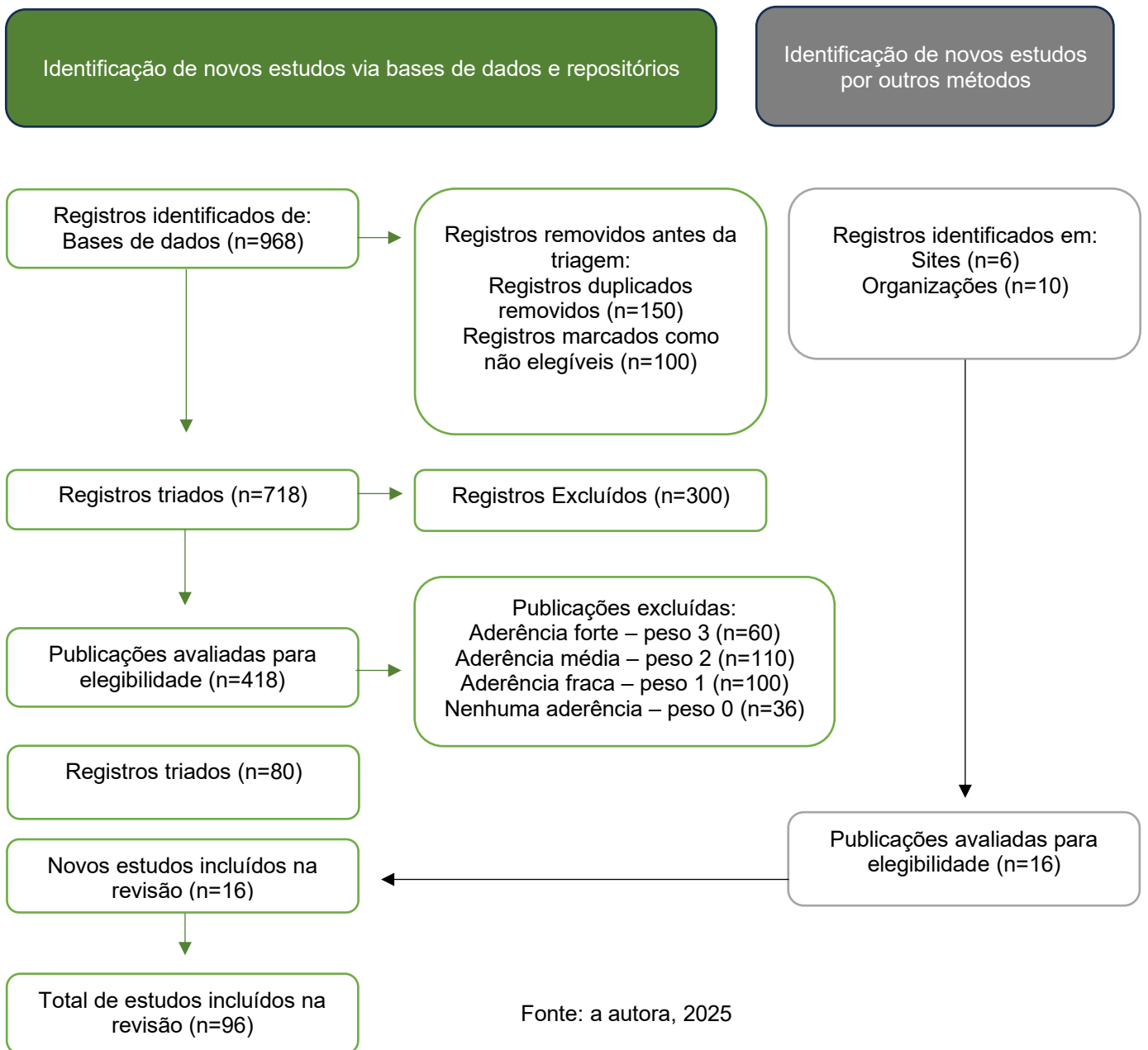
ancorada nas teorias de Aprendizagem Conectivista (Siemens) e Aprendizagem Significativa (Ausubel). Buscamos por artigos publicados nos últimos 10 a 15 anos (2008 – 2005). Acreditamos que o recorte temporal assegura que a pesquisa esteja ancorada tanto na atualidade quanto em uma base teórica mais sólida. No entanto, mesmo após a construção do caminho epistemológico da pesquisa, utilizamos trabalhos mais antigos para fundamentar teorias essenciais, por exemplo, a de Ausubel que surgiu na década de 1960. Isso permite uma análise crítica da evolução do conhecimento e pode ser tomada como base comparativa.

A coleta de dados seguiu um protocolo estruturado (APÊNDICE C), com busca sistemática em bases acadêmicas reconhecidas, como SciELO, Google Acadêmico, Periódico CAPES e repositórios institucionais de universidades brasileiras, garantindo a seleção criteriosa das fontes confiáveis para a investigação. As palavras-chave mais utilizadas nas buscas foram “NTIC”, “Ensino de Química”, “Simulação Digital”, “Software no Ensino de Química” que fazem parte das categorias ATD: categoria 1 (NTIC na Educação e Ensino de Química) e “Teorias de aprendizagem”, “Teoria Conectivista”, “Aprendizagem Significativa”, que fazem parte da categoria 2 (Abordagens e Fundamentos Teóricos da Tecnologia Educacional).

A revisão sistemática da literatura, se apoia na recomendação PRISMA⁵, no modelo mais atual de 2020, que permite análise adaptada de fluxogramas propostos por *Boers et al* (2018), *Mayo-Wilson et al* (2018) e *Stovold et al* (2014). O modelo considera relatar o número de publicações identificadas em cada banco de dados ou repositório pesquisado. Como mostra a síntese desta pesquisa:

⁵Recomendação PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) é uma ferramenta que orienta a forma como os autores devem relatar revisões sistemáticas e meta-análises. (<http://www.prisma-statement.org/>)

Figura 7- Esquema de Seleção e Inclusão de Estudos na Revisão Sistemática



Após a identificação de 968 registros na base de dados, iniciamos o processo de seleção. Primeiramente, removemos 150 trabalhos duplicados e 100 não elegíveis, resultando em 718 registros triados. Desses, 300 foram excluídos na triagem inicial, restando 418 trabalhos para avaliação de elegibilidade. Na análise de exclusão por elegibilidade de aderência, observamos que 60 publicações apresentaram forte aderência, 110 média, 100,

fraca e 36 nenhuma, totalizando 344 publicações excluídas. Mesmo com essa exclusão rigorosa, identificamos 16 novos estudos relevantes para inclusão. Assim, o processo resultou em 96 estudos incluídos na revisão, refletindo um filtro criterioso que garantiu a relevância das evidências selecionadas.

O levantamento bibliográfico revelou uma tendencia crescente de inserção de novas tecnologias no ensino, especialmente nas áreas das ciências exatas. No entanto, observamos que ainda há uma escassez de estudos investigando o uso de software no ensino de Química, particularmente nas escolas do interior do Maranhão. Além disso, notamos que os estudos que abordam o uso do *PhET Simulation* se concentram mais em teorias como a Aprendizagem Significativa e o ensino de Química, com pouca investigação sobre abordagens com a combinação da aprendizagem significativa com outras teorias de aprendizagem como o conectivismo. Nesse contexto, destacamos a importância de realizar uma pesquisa focada no ensino de Química utilizando software de simulação digital sobre análises dessas teorias de aprendizagem, visando contribuir para o processo de aprendizagem na microrregião do baixo Parnaíba maranhense.

II Observação

A visita ao município foi realizada em um único dia devido à limitação de tempo, e a observação aconteceu no mesmo dia da aplicação. No entanto, antes dessa visita, estabelecemos contato com a coordenadora da Escola Alfredo Duailibe por telefone, para coletar informações essenciais, como a infraestrutura da escola, a acessibilidade dos alunos aos meios tecnológicos e a viabilidade de trabalhar com simulações digitais. Também indagamos sobre a possibilidade de a escola fornecer o suporte necessário para o desenvolvimento dessa atividade.

No dia da aplicação, chegamos mais cedo para conhecer o ambiente escolar e nos inteirarmos sobre o funcionamento da instituição. Aproveitamos a oportunidade para interagir com o corpo docente e administrativo, que nos forneceu todo apoio necessário. Durante as conversas, discutimos temas como acesso à internet, a existência de laboratório de Química (que não existia) e a disposição dos alunos para aprender e pesquisar.

Durante as observações em sala de aula, foi possível perceber que grande parte dos alunos demonstravam um nível muito bom de participação. Eles

fizeram perguntas pertinentes e participaram ativamente nas discussões dos exercícios da apostila, especialmente durante a dinâmica de correção. Essa interação serve como um indicativo do interesse deles pelo conteúdo e pela metodologia utilizada. A dinâmica revelou também a disposição dos alunos em colaborar, expressando suas dúvidas e compartilhando suas próprias interpretações dos exercícios.

O quadro 3 faz parte de uma ficha de observação (APÊNDICE D), que apresenta critérios e indicadores para avaliar diferentes categorias de comportamento, como engajamento, exploração autônoma, interação com colegas, dúvidas expressadas e aplicação do conhecimento. Ele permite um acompanhamento estruturado nos princípios do Conectivismo, fornecendo dados objetivos para análise sobre a interação/disposição a participação dos alunos.

Quadro 3 - Critérios e indicadores das categorias observadas

Categoria	Critério de observação	Indicadores na prática
Engajamento	O aluno demonstra interesse ativo na simulação	Foco na tela, participação espontânea, curiosidade.
Exploração Autônoma	O aluno interage com o simulador sem necessidade de mediação.	Testa funções sozinho, experimenta diferentes configurações.
Interação com Colegas	O aluno compartilha ideias ou discute o conteúdo com colegas.	Explica conceitos, faz perguntas ao grupo, sugere hipóteses.
Dúvidas Expressadas	O aluno verbaliza incertezas sobre o conteúdo.	Pergunta ao professor ou colegas, solicita esclarecimentos.
Aplicação do Conhecimento	O aluno relaciona a simulação com conceitos já aprendidos.	Faz conexões com a teoria menciona aplicações n cotidiano.

Fonte: a autora, 2025.

III Escolha do conteúdo a ser trabalhado junto ao simulador

O Programa “*Terceirão não tira férias*” fornece a apostila para o professor com os conteúdos a serem trabalhados nas aulas. É uma apostila padrão, com todas as disciplinas divididas por capítulos. Diante disso, organizamos uma sequência didática (APÊNDICE E) para trabalhar a metodologia junto aos conteúdos de Química:

- **Impactos ambientais:** destruição da camada do ozônio; formação do ozônio; qual a importância da camada de ozônio; substâncias que prejudicam a camada de ozônio; aumento da incidência de chuva ácida; poluição do ar, água e solo / lixo.
- **Aquecimento global:** quais são as causas do aquecimento global; quais são as consequências do aquecimento global; o aquecimento global e o efeito estufa.
- **Misturas:** homogêneas, heterogêneas, separação de misturas.

Com base nesses dados, articulamos a possibilidades de trabalhar com várias simulações do *PhET Simulation* que ajudam a entender como esses fenômenos químicos ocorrem, um deles foi através da representação de moléculas, por exemplo. A dinâmica desse software pode ter contribuído para uma possível aprendizagem que conecta o aluno a redes de informação.

IV Apresentação da tecnologia

Antes de aplicar o simulador, comentou-se sobre as funções do software para cada aplicação utilizada durante a aula e qual o porquê da sua utilização. Esse momento foi importante para que os alunos pudessem manusear também dos seus aparelhos de celular em tempo real.

V Aplicação do simulador

Após estarem familiarizados com as funções do simulador, iniciou-se a aula com apresentação em datashow, na qual foi possível executar a página do software paralelo a apresentação Power point e os alunos puderam reproduzir em tempo real nos seus aparelhos de celular. O *PhET Simulation* é disponível gratuitamente, pertence a Universidade do Colorado, onde as simulações são escritas em Java⁴ e HTML5⁵, no caso do simulador utilizado nesta pesquisa foi no formato HTML5, que pode ser executado on-line (Figura 8).

⁴ Java - Linguagem de programação, compilada para um *bytecode* que é interpretado por Java Virtual Machine - JVM. A linguagem de programação Java é a linguagem convencional da Plataforma Java..

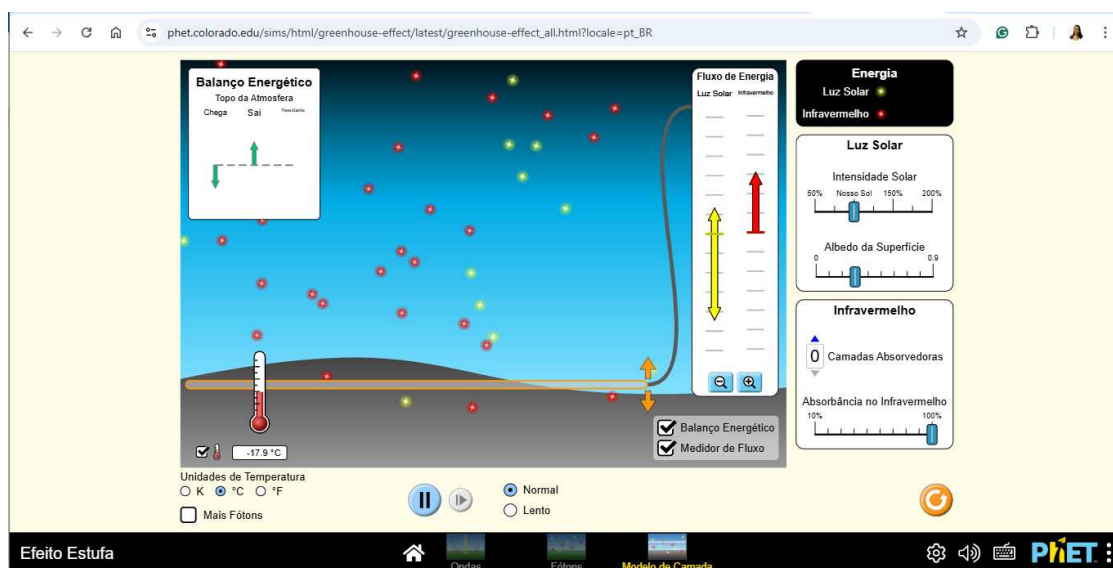
⁵ HTML5 - Versão 5 do *Hyper Text Markup Language*, que significa Linguagem de Marcação de

Hipertexto. É a linguagem de marcação para World Wide Web e é uma tecnologia chave da internet de construção de página na web

Figura 8 – Página inicial do *PhET Simulation*

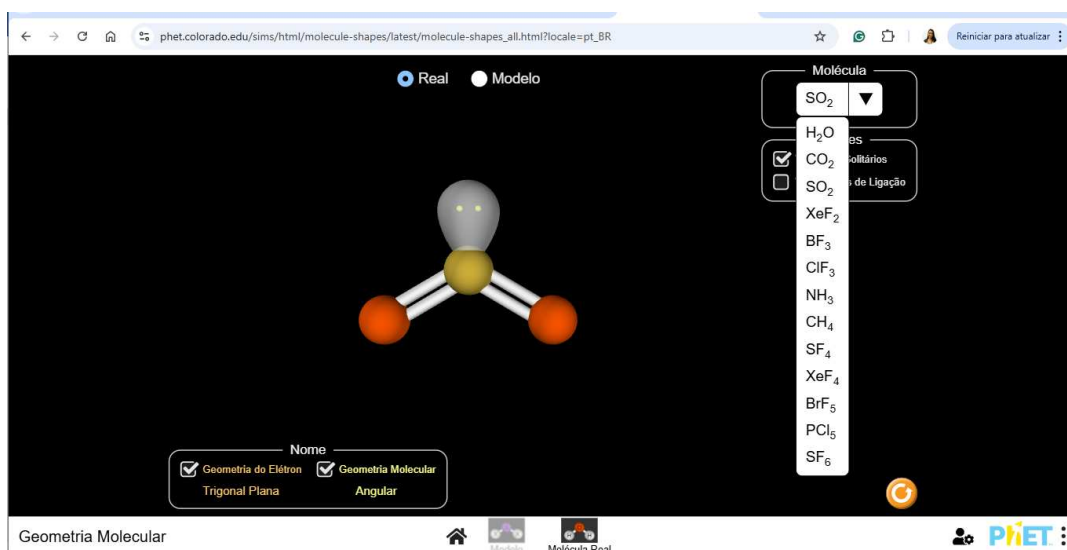
Fonte: PhET Colorado, Versão 1.1.15, 2018.

A utilização do simulador, foi proposta com a intenção de permitir ao aluno uma experiência de realidade virtual sobre conceitos de química que estão contidos em temas da realidade cotidiana. O efeito estufa que é um fenômeno natural que serve para manter o planeta terra em uma temperatura adequada para a vida, também pode causar aquecimento global quando sofre atividade humana. Para representar melhor esse fenômeno, o simulador *PhET Efeito Estufa* (Figura 9) simula como a terra absorve a luz solar, aquece e emite energia em forma de radiação infravermelha.

Figura 9 – Página da simulação do *PhET Efeito Estufa*

Fonte: PhET Colorado, Versão 1.1.15, 2018.

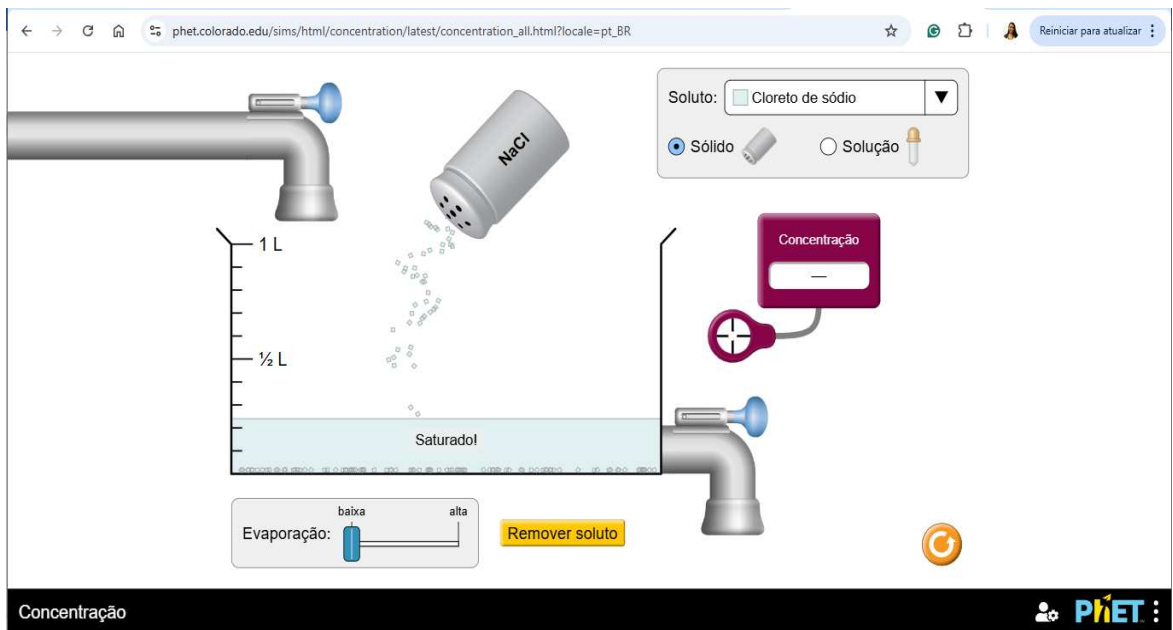
A Química da poluição atmosférica também pode ser observada através da representação do simulador *PhET Geometria Molecular* (Figura 10), através de estruturas moleculares como o SO_2 (dióxido de enxofre) poluente atmosférico que ao reagir com a água da chuva, forma o ácido sulfúrico (H_2SO_4) provocando a chuva ácida. Com esse simulador, é possível explorar a geometria das moléculas em 3D, utilizar as ligações simples, duplas ou triplas e pares isolados ao átomo central para poder visualizar suas geometrias, isso pode ser observado comparando com modelos e moléculas reais.

Figura 10 – Página da simulação *PhET Geometria Molecular*

Fonte: PhET Colorado, Versão 1.1.15, 2018.

A combinação de duas ou mais substâncias na Química, podem ser classificadas como uma mistura. As misturas podem ser homogêneas (aparência uniforme) e heterogêneas (aparência não uniforme). A utilização do simulador *PhET Concentração*, pode representar de maneira interativa, substâncias se dissolvendo completamente na água, como o sal, em uma mistura homogênea. (Figura 11).

Figura 11 – Página da simulação *PhET Concentração*



Fonte: PhET Colorado, Versão 1.1.15, 2018.

A aplicação do software foi conduzida com discussões onde os alunos eram orientados a irem relacionando as simulações com os conceitos teóricos. Sobre os possíveis resultados, o intuito era orientar os alunos a fazerem conexões entre teoria e prática para poderem consolidar o aprendizado. Na Figura 12, estamos navegando pela plataforma do *PhET Simulation*, apresentando a variedade de simulações capazes de potencializar vários conteúdos da Química, não só os utilizados na aula.

Figura 12 – Apresentação e aplicação dos simuladores



Fonte: A autora, 2025.

Apesar dos alunos nunca terem utilizado o software antes, com base em um tutorial que antecedeu a aula, foi proposto que eles o utilizassem em dois momentos, durante os experimentos na aula e depois, para responderem as questões da apostila (Figura 13). Vale destacar que a legislação que proíbe o uso de celular em sala de aula, também permite sua utilização para fins pedagógicos. Dessa forma, o celular se torna uma ferramenta relevante nesse contexto, pois sua mobilidade favorece uma participação mais ativa dos alunos.

Sassi *et al* (2013) argumentam que essas ferramentas fornecem desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas e pensamento crítico, já que os alunos podem explorar livremente os parâmetros das simulações observando as consequências de suas ações.

Figura 13 – Utilização do software *PhET* durante as atividades da apostila



Fonte: A autora, 2025.

Segundo Adams *et al* (2008), esse tipo de simulação não só ajuda a fixar o conhecimento, mas também estimula a curiosidade científica e a compreensão

mais profunda dos conteúdos estudados. Moore *et al* (2014), comenta que o *PhET Simulation* permite que os professores possam integrar tecnologia ao currículo, possibilitando aulas mais dinâmicas e interativas, capazes de atender as diversas necessidades de aprendizagem dos estudantes.

VI Questionário de Avaliação

Após o término da aula, os alunos foram incentivados a responder, no próprio tempo (de forma assíncrona), um questionário online via Google Formulários, contendo seis perguntas. Três delas eram objetivas e abordavam diretamente os temas tratados (*Gases do efeito estufa, Chuva ácida e Misturas*) com a finalidade de verificar se os estudantes conseguiam recordar e aplicar os conceitos aprendidos com a ajuda do *software*, independentemente do ambiente em que fosse acessado o questionário. (APÊNDICE A)

É importante destacar que o modelo assíncrono (em tempos distintos) oferece um ambiente flexível, favorecendo a reflexão e a tomada de decisão, habilidades alinhadas ao Conectivismo. Teoria esta, que também fundamenta este estudo e destaca que a aprendizagem pode ocorrer em dispositivos não humanos, que a capacidade de “saber mais” é fundamental. Embora os alunos possam eventualmente consultar diversas fontes online, isso não é uma limitação, mas sim parte do aprendizado em rede, que incentiva a construção de conexões variadas.

As outras três questões, de caráter dissertativo, foram elaboradas para investigar indícios de uma possível aprendizagem significativa, conforme as teorias que sustentam esse conceito. A intenção era analisar se os alunos conseguiam relacionar o conteúdo estudado com o software utilizado, demonstrando compreensão além da memorização. Para isso, requer uma análise mais aprofundada das respostas e da forma como os alunos constroem sentido a partir das informações apresentadas.

Na elaboração das questões subjetivas, foi levado em consideração não apenas o conteúdo a ser avaliado, mas também a acessibilidade dos alunos a dispositivos móveis, fator essencial para a participação na atividade. As perguntas foram desenvolvidas com foco de estimular os estudantes a expressarem, com base em seus conhecimentos adquiridos e na interação com

o *PhET*, exemplos e soluções para problemas relacionados aos conteúdos de Química.

A análise desse processo de ensino-aprendizagem foi realizada a partir de duas abordagens teóricas. A Teoria do Conectivismo, de Siemens, foi utilizada exclusivamente para identificar como os alunos se relacionaram/interagiram com o software durante a aula. Essa análise não foi baseada em questionários, mas sim na observação realizada pela pesquisadora ao longo da aula e documentado por meio de uma ficha de observação, buscando compreender a maneira como os estudantes navegaram pelas simulações, exploraram os conceitos e estabeleceram conexões com os conteúdos propostos.

Organização dos dados para análise:

A teoria do Conectivismo se fundamenta em oito princípios, conforme citado anteriormente na literatura desta pesquisa. Esses princípios destacam a aprendizagem como um processo baseado em conexões entre diferentes fontes de informação, integração social e tecnológica. Para avaliar a interação dos alunos com os temas estudados e a utilização do software, foram estabelecidas categorias de análise com base na ficha de observação. Portanto, as categorias de análise são:

- **Engajamento** – O aluno demonstra interesse ativo na simulação
- **Exploração Autônoma** – O aluno interage com o simulador sem necessidade de mediação.
- **Interação com colegas** – O aluno compartilha ideias ou discute o conteúdo com colegas.
- **Dúvidas expressadas** – O aluno verbaliza incertezas sobre o conteúdo
- **Aplicação do conhecimento** – O aluno relaciona a simulação com conceitos já aprendidos.

Figura 14 – Esquema das etapas sequenciais, os principais pontos para a análise sobre a perspectiva da Teoria do Conectivismo:



Já a Teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel, foi utilizada na avaliação do questionário. O foco dessa análise foi verificar se os alunos conseguiram assimilar os conceitos químicos de maneira significativa, ou seja, relacionando as novas informações aos seus conhecimentos prévios. Como muitas escolas públicas no Brasil não possuem laboratórios físicos de Química, a utilização das simulações PhET proposta nesta pesquisa surge como uma alternativa didática para complementar as aulas.

Organização dos dados para análise:

A teoria da Aprendizagem Significativa ocorre de três formas principais: subordinada, superordenada e combinatória. Para avaliar se o uso de simulações *PhET* junto aos temas: Impactos Ambientais; Aquecimento Global e

Misturas, de fato, promove uma aprendizagem significativa, foram estabelecidas categorias de análise tanto para as questões objetivas (1, 2 e 3) quanto para as questões subjetivas (4, 5 e 6). As categorias são:

I. **Subordinada** quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva;

II. **Superordenada** envolve, então, processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos.

No entanto, algumas questões não apresentaram indícios de aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória criando então uma categoria.

III. **Superficial** quando o aluno não assimilou adequadamente os conceitos necessários para a construção de uma aprendizagem significativa.

Figura 15 – Esquema das etapas sequenciais, os principais pontos sobre a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa:



Com base nessas sínteses, onde ficam evidentes a separação de duas abordagens (Conectivismo e Aprendizagem Significativa) dentro da mesma pesquisa, permitindo que o estudo destaque diferenças metodológicas e diferentes focos de análise de cada teoria. Isso colabora para uma compreensão mais ampla sobre os processos de aprendizagem, unindo elementos da interação social e da construção individual do conhecimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

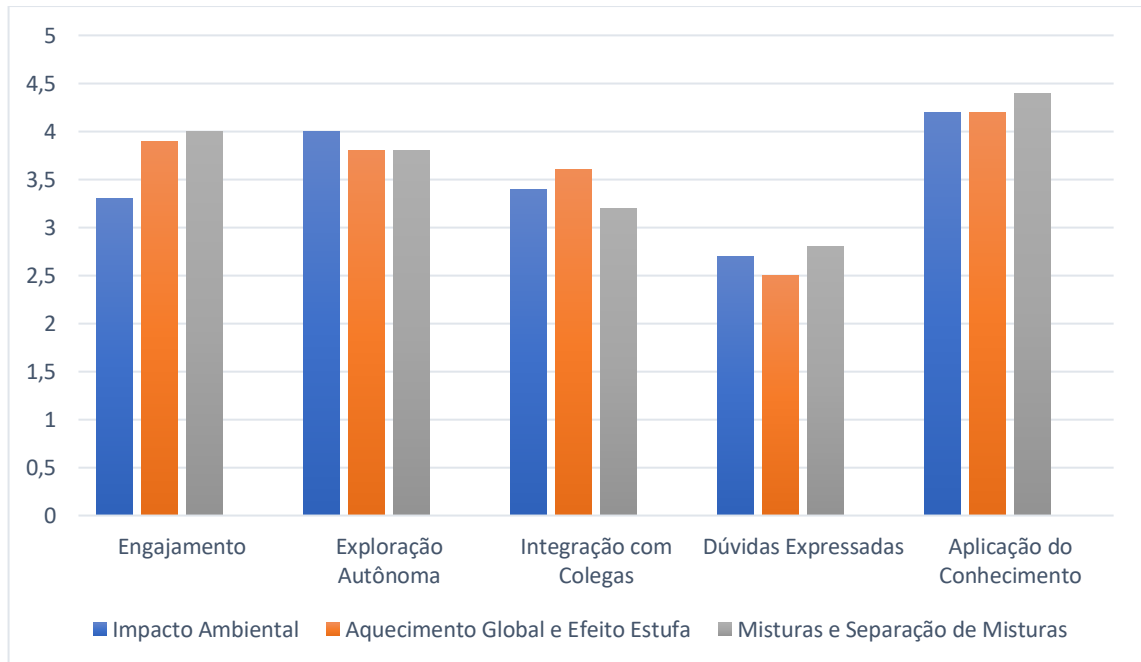
Nesta seção, apresentamos a análise dos dados obtidos, a partir da observação das interações dos alunos com o simulador *PhET* durante a aula de Química, fundamentada na Teoria do Conectivismo, e na aplicação de questionário, com base na Teoria da Aprendizagem Significativa. O intuito é identificar como os alunos estabelecem conexões para a construção do conhecimento e de que forma a integração de novos conteúdos ocorre em relação ao conhecimento prévio.

A análise foi conduzida, metodologicamente, por meio da ATD, conforme proposta por Moraes e Galiuzzi (2006), uma metodologia qualitativa que organiza e interpreta os dados em categorias emergentes, estruturando um processo analítico baseado na fragmentação dos textos, categorização e reconstrução do sentido. Assim, a ATD permitiu reconhecer tendências e padrões na aprendizagem dos alunos, indicando uma possível compreensão mais profunda das interações e percepções envolvidas no processo educacional.

4.1 Resultado da observação (interação alunos-conteúdos-simuladores).

O gráfico abaixo apresenta padrões das interações observadas pela pesquisadora sobre os 15 alunos investigados nesta pesquisa, durante a aula de Química sobre os temas: Impactos Ambientais (camada de ozônio), Aquecimento Global, Efeito Estufa e Misturas, utilizando simulações PhET.

Gráfico 1: Interação dos Alunos com os Simuladores PhET



Fonte: a autora, 2025.

Os resultados da observação dos alunos, interagindo com os simuladores PhET, podem ser analisadas a partir do Conectivismo (Siemens, 2005), que destaca a aprendizagem como um processo baseado em conexões entre indivíduos, tecnologias e informações. Os simuladores atuaram como pontos de conexão, permitindo que os alunos explorassem conceitos de forma interativa, alinhando-se à ideia de que o conhecimento é distribuído e construído por meio de redes digitais (Downes, 2010).

O alto nível de **engajamento** para o tema *Misturas* e **exploração autônoma** para *Impactos Ambientais*, sugere que os alunos aprenderam ativamente ao testar variáveis e observar resultados, refletindo a noção de que a aprendizagem ocorre quando há interação significativa com diversas fontes de informação (Siemens, 2006). A **interação com colegas** também foi intensa, especialmente no tema *Aquecimento Global*, reforçando o papel das trocas sociais na construção do conhecimento. Kop e Hill (2008), destacam a importância da colaboração e da aprendizagem participativa em ambientes digitais.

As **dúvidas expressadas** indicam que a aprendizagem é um processo contínuo de atualização. Os alunos demonstram mais questionamentos no tema

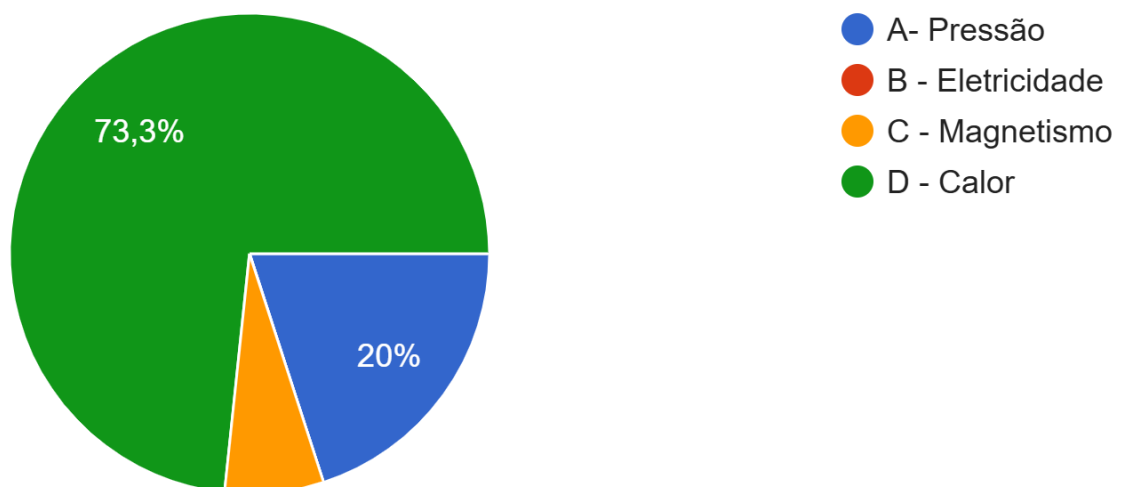
Aquecimento Global, sugerindo que o simulador desafiou sua compreensão e incentivou a busca por novas conexões cognitivas, o que corrobora com a ideia de que a aprendizagem Conectivista envolve adaptação constante às novas informações disponíveis (Bell, 2011). Já a **aplicação do conhecimento**, mais evidente no tema Impactos Ambientais, revela que os simuladores auxiliaram os alunos a relacionarem a teoria com a prática, fortalecendo sua rede de aprendizagem, algo essencial para o desenvolvimento da autonomia no aprendizado (Dunaway, 2011).

Com base nos dados observados, os resultados foram determinantes, pois direcionaram o desenvolvimento da sequência de atividades para o levantamento dos próximos dados, permitindo buscar estratégias para superar desafios, como as dificuldades na compreensão dos conteúdos e na utilização do simulador. Simuladores mais elaborados exigem que os alunos desenvolvam maiores habilidades no manuseio da ferramenta. A escolha do PhET se deu pela facilidade de uso e pela ampla variedade de simulações, tornando-o ideal para este estudo. Os resultados a seguir refletem essas análises.

4.2 Resultado das questões 1, 2 e 3 (objetivas)

No gráfico 2, organizamos as 15 respostas sobre a questão 1 para comparar as semelhanças e diferenças nas formas de compreensão dos alunos, sob análise da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Gráfico 2 – Respostas dos alunos na questão



Fonte: A autora via Google Formulários, 2025.

Primeira questão (Gráfico 2), “O efeito estufa esta como um dos temas mais importantes do mundo. Discutido na aula de química, utilizando a simulação *PhET - Efeito Estufa*. Selecione o que você considera estar relacionado a vibração das moléculas da radiação infravermelha:

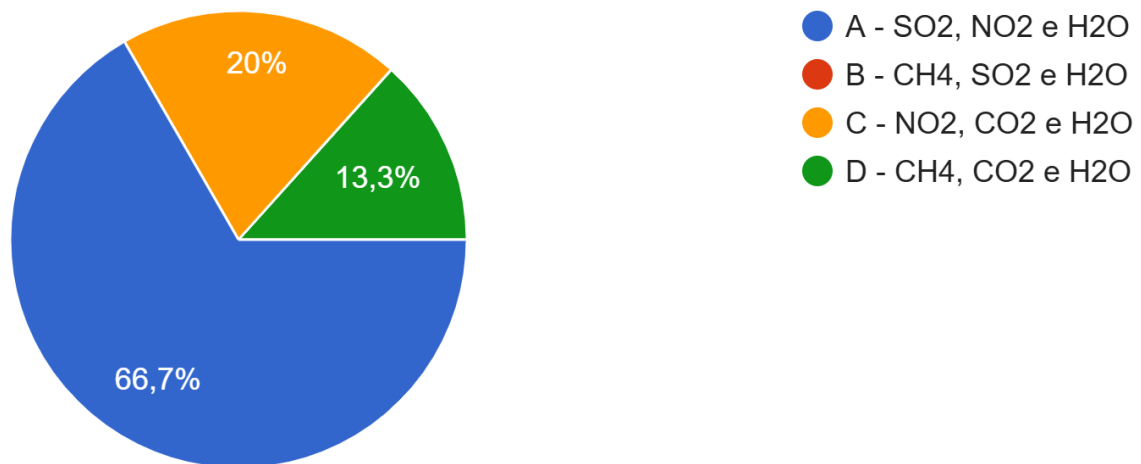
- A) pressão;
- B) Eletricidade;
- C) Magnetismo
- D) Calor.

O bom desempenho de 73,3% dos alunos nesta questão sugere que muitos foram capazes de integrar conceitos sobre a vibração das moléculas com os seus conhecimentos prévios sobre Efeito Estufa e radiação infravermelha. Esse comportamento caracteriza uma **aprendizagem subordinada**, em que o novo conhecimento se integra aos conhecimentos já existentes, formando uma compreensão mais sólida e organizada. De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos conseguem relacionar novos conceitos a conceitos previamente existentes, criando uma estrutura cognitiva mais sólida. Nesse caso, o conhecimento prévio sobre o Efeito Estufa permitiu a esses alunos realizarem uma conexão eficaz com os novos conceitos, o que favoreceu o entendimento do fenômeno.

Entretanto, as respostas erradas (20% para alternativa A e 16% para alternativa C) indicam que alguns alunos não conseguiram realizar uma integração adequada entre o novo conhecimento e o conhecimento pré-existente. Segundo Ausubel (2003), a falha em integrar essas informações pode ser caracterizada como uma aprendizagem mais superficial, resultante de uma estrutura cognitiva não bem-organizada. Para esses alunos, a dificuldade em conectar o novo conteúdo ao conhecimento prévio pode ter gerado uma compreensão fragmentada e menos significativa.

No gráfico 3, organizamos as 15 respostas sobre a questão 2 para podermos comparar as semelhanças e diferenças nas formas de compreensão dos alunos.

Gráfico 3 – Respostas dos alunos na questão 2



Fonte: A autora via Google Formulários, 2025.

Segunda questão (Gráfico 3), “Nós sabemos que a chuva ácida é consequência da poluição atmosférica. Esse fator ocorre quando poluentes do ar reagem com a água na atmosfera e formam ácidos corrosivos e tóxicos. Discutido na aula de química, utilizando a simulação *PhET - Geometria molecular*. Selecione as moléculas que você considera formar as reações de ácido sulfúrico e ácido nítrico:

- A) SO₂, NO₂ e H₂O;
- B) CH₄, SO₂ e H₂O;
- C) NO₂, CO₂ e H₂O;
- D) CH₄, CO₂ e H₂O.

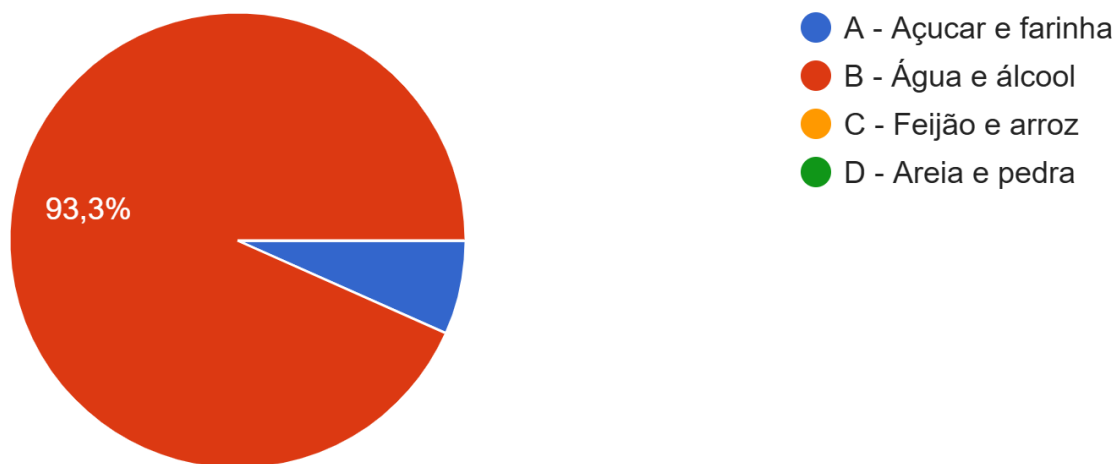
O resultado de 66% de acertos sugere que a maior parte dos alunos conseguiu integrar os novos conhecimentos sobre a chuva ácida com os seus conhecimentos prévios sobre poluição atmosférica, caracterizando uma **aprendizagem subordinada**. Como defendido por Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conceitos são absorvidos de maneira hierárquica, ou seja, eles são anexados a conceitos previamente existentes no conhecimento do aluno. Nesse caso, os alunos demonstraram conseguir associar os conceitos de poluição e os processos químicos envolvidos

na formação de chuva ácida, refletindo em aprendizado bem-sucedido.

Por outro lado, as respostas erradas (35% no total, somando alternativas C e D) indicam que alguns alunos não conseguiram estabelecer essas conexões de maneira eficiente. Quando isso acontece, significa que o aluno não conseguiu organizar as novas informações de maneira estruturada, resultando em uma compreensão mais superficial do tema.

No gráfico 4, organizamos as 15 respostas sobre a questão 3 para podermos comparar as semelhanças e diferenças nas formas de compreensão dos alunos.

Gráfico 4 – Respostas dos alunos na questão 3



Fonte: A autora via Google Formulários, 2025.

Terceira questão (Gráfico 3), “As misturas fazem parte da nossa vida. basicamente tudo que nos cerca é formado por misturas (associações de substâncias). Discutido na aula de química, utilizando a simulação PhET - Concentração. Selecione o que você considera uma mistura homogênea:

- A) Açúcar e farinha;
- B) Água e álcool;
- C) Feijão e arroz;
- D) Areia e pedra.

Com o desempenho excelente de 93,3% dos alunos nesta questão, esse

resultado implica que a maioria conseguiu integrar bem o conceito de mistura homogênea com o conhecimento prévio sobre misturas, caracterizando uma **aprendizagem subordinada** bem-sucedida. Segundo Ausubel (2003), quando a aprendizagem é significativa, ela ocorre por meio de uma organização hierárquica do conhecimento, onde novas informações são incorporadas e subordinadas aos esquemas já existentes. Nesse caso, a integração do conhecimento de mistura homogênea aos conhecimentos prévios foi eficaz e permitiu aos alunos compreenderem o tema de forma sólida.

Porém, 6,7% dos alunos que erraram a questão pode ter concentrado dificuldade para estabelecer essa conexão entre os conceitos novos e o conhecimento prévio, resultando em uma aprendizagem superficial ou isolada. Essa falta de integração pode ocorrer quando o aluno não consegue fazer a devida associação entre o novo conteúdo o conhecimento pré-existente, resultando em uma estrutura cognitiva incompleta. Nesse caso, a aprendizagem não foi significativa, pois a conexão entre os conceitos não foi realizada.

4.3 Resultado das questões 4, 5 e 6 (subjetivas)

No quadro 4, organizamos as 15 respostas sobre a questão 4 para podermos comparar as semelhanças e diferenças nas formas de compreensão dos alunos.

Quadro 4 – Respostas dos alunos na questão 4

ALUNO	QUESTÃO 4 - De acordo com o tópico da apostila, efeito estufa. Cite uma fonte de emissão de CO ₂ e dê uma sugestão de fonte de energia renovável como solução.
A1	<i>“A fumaça dos carros. Como solução andar mais de bicicleta”</i>
Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A1 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.	
A2	<i>“Indústrias. E a minha sugestão para energia renovável é o uso de placas solares”</i>

	<p>Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A2 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>
A3	<p><i>“A queima de combustíveis e uma energia renovável bastante comum no litoral de Paulino Neves é a energia eólica”</i></p>
	<p>Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, A3 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>
A4	<p><i>“O gás carbono da fumaça dos carros, a sugestão de carros elétricos”</i></p>
	<p>Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A4 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>
A5	<p><i>“As fábricas são bastante poluentes e como alternativa sustentável, adotar energia eólica”</i></p>
	<p>Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, A5 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>
A6	<p><i>“A fumaça dos carros a sugestão é a energia solar aproveitar que na nossa cidade tem bastante sol”</i></p>
	<p>Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, O A6 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>
A7	<p><i>“É fonte de energia renovável a energia por meio de hidrelétrica”</i></p>

	<i>que usa a água dos rios”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, A7 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.
A8	<i>“Energia elétrica gerada por combustíveis e minha sugestão para energia renovável, energia eólica ou solar”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, A8 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.
A9	<i>“Queimada na floresta. Energia solar”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A9 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúncios já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.
A10	<i>“O desmatamento. Como sugestão de energia renovável é a energia solar, principalmente aqui na nossa região que tem bastante sol”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, A10 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.
A11	<i>“Combustível fóssil e energia solar”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A11 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúncios já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.
A12	<i>“O CO₂ pode ser emitido através das queimadas, uma fonte</i>

	<i>renovável de energia pode ser a eólica”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A12 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsunoçores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.
A13	<i>“A queima de combustíveis e para energia renovável eu sugiro energia solar”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A13 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsunoçores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.
A14	<i>“As indústrias liberam muito CO2 na atmosfera e ajudaria usar energia solar como solução”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, O A14 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.
A15	<i>“Emite gás carbônico pela descarga de carros e caminhões. Energia solar”</i>
	Utilizando o simulador PhET- Efeito Estufa, o resultado de A15 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsunoçores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.

Fonte: A autora, 2025.

A análise das respostas dos alunos à questão 4 revelou a presença de dois tipos de aprendizagem significativa, conforme descrito na teoria de Ausubel (1980): a aprendizagem significativa subordinada e a significativa

superordenada. Os alunos A1, A2, A4, A9, A11, A12, A13 e A15 demonstraram aprendizagem por **subordinação**, ocorrendo quando um novo conhecimento é incorporado a um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva desses alunos, sem que haja uma mudança significativa na forma como ele organiza ou compreende esse conhecimento (Ausubel, 2003).

Nas respostas desses alunos, observou-se que eles foram capazes de identificar corretamente uma fonte de energia emissora de CO₂, como carvão, petróleo ou gás natural, e sugeriu uma alternativa renovável, como solar ou eólica. Entretanto, suas respostas permaneceram limitadas a respostas á informações básicas contidas na apostila, sem aprofundamento na relação entre emissões de CO₂ e problemas ambientais, nem considerações sobre desafios para implementação de fontes renováveis.

Esse resultado sugere que esses alunos assimilaram o conteúdo de forma estruturada e coerente, mas sem desenvolver uma visão mais crítica ou abrangente do tema. Segundo Moreira (2011), a aprendizagem por subordinação é um estágio essencial no progresso de construção do conhecimento, pois estabelece conexões hierárquicas entre conceitos.

Os alunos A3, A5, A6, A7, A8, A10 e A14 demonstraram aprendizagem significativa **superordenada**, um processo em que o novo conhecimento não apenas se encaixa em estruturas preexistente, mas também leva à reorganização de conceitos anteriores, ampliando a capacidade do aluno de generalizar e transferir conhecimentos para novas situações (Ausubel, 1980).

As respostas desses alunos não se limitaram à identificação de fontes emissoras de CO₂ e alternativas renováveis. Eles foram capazes de ampliar o tema, como A10 por exemplo, associando o tema à própria região, como uma eventual potência na produção de energia renovável. Esse tipo de resposta indica que esses alunos possuem um conhecimento prévio mais estruturado e uma maior capacidade de abstração e generalização. Segundo Novak e Gowin (1984), a aprendizagem significativa superordenada ocorre quando o aluno reformula e expande seu repertório cognitivo, permitindo a criação de novas categorias conceituais que tornam o aprendizado mais dinâmico e aplicável a diferentes contextos.

A presença desse tipo de resposta sugere que a experiência dos alunos com os simuladores foi enriquecedora, estimulando um interesse maior pelo

tema, fator que influencia positivamente a aprendizagem significativa.

No quadro 5, organizamos as 15 respostas sobre a questão 5 para podermos comparar as semelhanças e diferenças nas formas de compreensão dos alunos.

Quadro 5 – Respostas dos alunos na questão 5

ALUNO	QUESTÃO 5 - De acordo com o tópico da apostila, chuva ácida. Cite um impacto ambiental da chuva ácida e explique como ele afeta a vida na terra.
A1	<i>“O derretimento de objetos nas praças podem ser afetados”</i>
<p>Não ocorreu uma aprendizagem significativa em A1, que demonstrou uma aprendizagem superficial, sem a construção de um conceito adequado que envolvesse características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora, que norteiam esta pesquisa.</p>	
A2	<i>“Destruição da floresta, pois o ácido corroi as plantas”</i>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, o resultado de A2 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>	
A3	<i>“Destruição das matas nativas, a chuva ácida afeta as plantas e os animais dessas matas”</i>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, A3 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>	
A4	<i>“Queimada e contaminação dos rios podem sofrer sérios danos por conta da chuva ácida”</i>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, o resultado de A4 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>	

A5	<i>“Destruição de praticamente tudo, pois a chuva ácida pode derreter carros, placas etc.”</i>
<p>Não ocorreu uma aprendizagem significativa em A5, que demonstrou uma aprendizagem superficial, sem a construção de um conceito adequado que envolvesse características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora, que norteiam esta pesquisa.</p>	
A6	<i>“Destruição da natureza, o ácido pode corroer as árvores”</i>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, o resultado de A6 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsunçores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>	
A7	<i>“A chuva ácida pode derreter tudo incluindo queimar pessoas e afeta todos de modo geral”</i>
<p>Não ocorreu uma aprendizagem significativa em A7, que demonstrou uma aprendizagem superficial, sem a construção de um conceito adequado que envolvesse características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora, que norteiam esta pesquisa.</p>	
A8	<i>“A chuva ácida pode corroer a vegetação e até mesmo casas.”</i>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, o resultado de A8 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsunçores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>	
A9	<i>“A chuva ácida pode derreter qualquer coisa que estiver exposta e pode afetar o meio ambiente”</i>
<p>Não ocorreu uma aprendizagem significativa em A9, que demonstrou uma aprendizagem superficial, sem a construção de um conceito adequado que envolvesse características de diferenciação progressiva ou reconciliação integradora, que norteiam esta pesquisa.</p>	
A10	<i>“A chuva ácida pode danificar casas, carros, árvores, afeta através da sua corrosão”</i>

<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, A10 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>
<p>A11 <i>“Acidificação dos rios, tornando a água inabitável para os peixes”</i></p>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, A11 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>
<p>A12 <i>“Quando atinge a superfície pode corroer árvore e prédios”</i></p>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, resultado de A12 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúncos já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>
<p>A13 <i>“Chuva ácida pode danificar o desenvolvimento das árvores quando suas folhas são corroídas”</i></p>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, A13 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>
<p>A14 <i>“Danifica o solo, torna infértil”</i></p>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, o resultado de A14 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúncos já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.</p>
<p>A15 <i>“Esse fenômeno danifica as plantações corroendo as folhas e frutos”</i></p>
<p>Utilizando o simulador PhET- Geometria Molecular, A15 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada, na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.</p>

Fonte: A autora, 2025.

A análise das respostas à questão 5, que abordou os impactos ambientais da chuva ácida, revelou dois diferentes níveis de aprendizagem significativa categorizados como, aprendizagem subordinada e superordenada. Segundo Moreira (2010), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal, ou seja, quando há uma relação substantiva entre a nova informação e conceitos já existentes na mente do aluno. Esse processo pode ocorrer em diferentes níveis, dependendo da complexidade da assimilação cognitiva.

Com base nisso, os alunos A2, A4, A6, A8 e A12 demonstraram uma aprendizagem significativa subordinada, ou seja, integraram as novas informações sobre os impactos da chuva ácida a conhecimentos pré-existentes de maneira coerente. Esse tipo de aprendizagem, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ocorre quando os novos conceitos são incorporados como exemplos específicos de ideia mais gerais que o aluno já domina. Isso indica que esses alunos possuíam uma base de conhecimento sobre o tema e conseguiram relacioná-lo a conceitos previamente adquiridos, enriquecendo sua compreensão do assunto.

Já os alunos A3, A10, A11, A13, A14 e A15 apresentaram uma aprendizagem significativa superordenada, que segundo Moreira (2006), caracteriza-se pela formação de conceitos mais amplos e abstratos a partir da aquisição de novas informações. Nesse caso, os alunos demonstraram capacidade de generalizar o conhecimento sobre chuva ácida e estruturar um entendimento hierárquico mais abrangente. Esse nível de aprendizagem está relacionado ao pensamento crítico e aplicação do conhecimento em diferentes contextos.

Entretanto, os alunos A1, A5, A7 e A9 não evidenciaram sinais de aprendizagem significativa, enquadrando-se na categoria de aprendizagem superficial. Segundo Marton e Saljo (1976), uma memorização mecânica das informações sem compreender seu significado ou relação com conhecimentos prévios, pode indicar dificuldade na assimilação do conteúdo ou apenas uma

repetição de informação, sem uma internalização real do conceito.

Para Novak (1998), estratégias pedagógicas que incentivam a aprendizagem significativa, como o uso de organizadores prévios, mapas conceituais e discussões contextualizadas, podem melhorar a assimilação e retenção do conhecimento. Desta forma, podemos notar na questão 4 com o surgimento desta categoria (aprendizagem superficial), que o simulador não foi o suficiente apesar de ser sim uma boa alternativa complementar a práticas didáticas nos últimos anos, especialmente para aqueles que demonstram uma aprendizagem superficial.

No quadro 6, organizamos as 15 respostas sobre a questão 6 para podermos comparar as semelhanças e diferenças nas formas de compreensão dos alunos.

Quadro 6 – Respostas dos alunos na questão 6

ALUNO	QUESTÃO 6 - De acordo com o tópico da apostila, misturas. Explique a diferença entre misturas homogêneas e heterogêneas, dando exemplo de como cada uma delas poderiam ser usadas no dia a dia
A1	<i>“Misturas homogêneas apresentam uma fase enquanto misturas heterogêneas apresentam duas, podemos usar em tudo até mesmo em casa”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, o resultado de A1 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.	
A2	<i>“As homogêneas apresentam uma fase e as heterogêneas mais de uma fase, podemos usar para separar objetos”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, o resultado de A2 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação	

progressiva.	
A3	<i>“As misturas homogêneas são mais fáceis de serem identificadas elas tem uma fase e as misturas heterogêneas podem ter várias, podemos identificar no café que apresenta só uma fase”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A3 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A4	<i>“Homogêneas tem 1 fase e heterogêneas 2 fases. No alimento da pra ver essas misturas como o arroz e feijão”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A4 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A5	<i>“Elas podem ser heterogêneas mais fáceis de separar pq dá pra ver as fases e homogêneas que são mais difíceis de serem separadas.”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A5 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A6	<i>“Homogênea tem só uma fase e heterogêneas mais mais de uma, água e sal de cozinha é um exemplo de mistura homogênea”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A6 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A7	<i>“Homogênea possui uma fase e heterogêneas várias fases”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, o resultado de A7 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação	

progressiva.	
A8	<i>“As misturas heterogêneas possuem mais de uma fase, enquanto as misturas homogêneas possuem apenas uma. O exemplo da água e óleo (heterogêneas) e água e sal (homogêneas)”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A8 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A9	<i>“Homogênea 1 fase heterogênea 2 fases um exemplo é o arroz com o feijão, que dá pra ver duas fases”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, O A9 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A10	<i>“Sal e água=homogênea. Água e areia=heterogêneas.”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, o resultado de A10 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.	
A11	<i>“As misturas podem ser de duas formas, homogêneas apresentando uma fase e heterogêneas mais de duas. Água e sal de cozinha é uma mistura homogênea e água e isopor é heterogênea”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A11 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A12	<i>“Um exemplo de misturas heterogêneas são é areia e pedras e misturas homogêneas é a água e açúcar”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A12 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe	

deram origem por meio de abstração e indução.	
A13	<i>“As misturas homogêneas tem uma fase e as heterogêneas duas. O café com açúcar é um exemplo de mistura homogênea do meu dia a dia”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, A13 demonstra uma aprendizagem significativa superordenada , na qual um novo conceito mais abrangente é formado, organizando e subordinando os conhecimentos que lhe deram origem por meio de abstração e indução.	
A14	<i>“Mistura homogênea leite e sal e mistura heterogênea arroz e feijão”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, o resultado de A14 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.	
A15	<i>“Homogênea água e sal, heterogênea água óleo e areia”</i>
Utilizando o simulador PhET- Concentração, o resultado de A15 mostra que o conteúdo foi adquirido com base em conhecimentos prévios. Subsúnciores já existentes permitiram a construção de novos conceitos, evidenciando uma aprendizagem significativa subordinada por meio da diferenciação progressiva.	

Fonte: A autora, 2025.

A análise das respostas à questão 6, que aborda a distinção entre misturas homogêneas e heterogêneas, revelou níveis de aprendizagem significativa entre os alunos. Segundo Moreira (2012), novos conhecimentos são assimilados e relacionado em um processo que depende da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, mecanismos que permitem a organização hierárquica do conhecimento.

Portanto, os alunos A1, A2, A7, A10, A14 e A15 demonstraram aprendizagem significativa subordinada, indicando que incorporaram a distinção entre misturas homogêneas e heterogêneas da maneira integrada ao seu conhecimento prévio. Segundo Moreira (2012), esse tipo de aprendizagem ocorre quando novos conceitos são assimilados como sacos específicos de um

conhecimento mais amplo já existente.

Esses alunos conseguiram diferenciar os tipos de misturas, apresentar definições corretas e exemplos do cotidiano, como exemplo, a resposta de A15 sobre a dissolução do sal na água (mistura homogênea) e a mistura de água e areia (mistura heterogênea). No entanto, suas respostas se limitaram à diferenciação e exemplificação, sem evidenciar uma reorganização mais profunda da estrutura cognitiva. Isso sugere que eles construíram um conhecimento mais detalhado, mas ainda ancorado em conceitos previamente estabelecidos.

Por outro lado, os alunos A3, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12 e A13 evidenciaram aprendizagem significativa superordenada. Segundo Novak e Canãs (2008), esse tipo de aprendizagem ocorre quando um novo conceito é incorporado como um elemento organizador para conhecimentos previamente adquiridos, promovido um conhecimento mais abstrato.

Essas respostas classificadas por esse tipo de aprendizagem, não apenas diferenciaram os tipos de misturas, mas também exploravam aplicações mais amplas e conexões interdisciplinar. O A4, por exemplo, relacionou a compreensão das misturas ao preparo de soluções em contexto doméstico. Esse nível de abstração e generalização reflete um domínio conceitual mais elaborado, indicando que esses estudantes foram além da mera diferenciação e aplicação direta do conceito.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais desta pesquisa apresentam uma síntese do alcance dos objetivos propostos, as contribuições para o ensino de Química, as limitações encontradas e as sugestões para futuras pesquisas. O estudo buscou investigar como o uso de simulação digital (PhET), fundamentado nas teorias do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa, influencia a interação dos alunos e a assimilação dos conteúdos estudados. A análise foi realizada a partir da observação da pesquisadora sobre as interações dos estudantes com o software e dos resultados obtidos com a aplicação de questionário online.

5.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DA PESQUISA

A pesquisa se desenvolveu, de forma satisfatória, até os objetivos estabelecidos. O objetivo geral, que buscava investigar como o uso de simulações digitais, fundamentado nas teorias do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa, influencia a integração dos alunos e a assimilação do conteúdo, foi atingido, conforme análise das interações dos alunos durante o uso do software *PhET*. Os resultados mostraram que as simulações possibilitam a criação de conexões entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios dos alunos, um princípio-chave tanto do Conectivismo quanto da Aprendizagem Significativa.

Os objetivos específicos também foram atendidos. A análise Conectivista das interações dos alunos revelou padrões de conexões de rede (interligando os nós), indicando uma possível construção de conhecimento em rede com os alunos interagindo entre si e com o conteúdo de forma dinâmica e interativa. A observação indicou que as simulações digitais estimularam a formação de redes de aprendizagem, com os alunos conectando informações novas com as pré-existentes.

A avaliação da aprendizagem significativa indicou que a utilização das simulações digitais favoreceu a integração de novos conhecimentos com os conhecimentos prévios dos alunos, o que gerou uma aprendizagem mais profunda e significativa, em alguns casos por subordinação e superordenação. As questões subjetivas indicaram que, para a maioria dos alunos, o processo de assimilação

dos conteúdos com a utilização de simulador foi eficiente.

A pesquisa também identificou desafios e possibilidades na aplicação das simulações digitais. Entre os desafios, destacam-se a dificuldade de alguns alunos em manusear o *software*, que sugere a necessidade de mais suporte pedagógico e orientação no uso dessas ferramentas. Por outro lado, as simulações proporcionam uma forma diferente de trabalhar conteúdos em sala de aula, principalmente nos temas que fazem parte do dia a dia, como impactos ambientais, aquecimento global, efeito estufa e misturas.

5.2 CONTRIBUIÇÕES E IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Os resultados desta pesquisa evidenciaram a relevância do uso de simulações digitais como ferramenta didática no ensino de química. A análise baseada na teoria do Conectivismo permitiu observar como os alunos interagiram com o software e com os conteúdos durante as aulas. Essa observação foi realizada por meio de uma ficha observaria que analisou categorias como engajamento, exploração autônoma, interação com colegas, dúvidas expressas e aplicação do conhecimento.

Os dados obtidos a partir da observação demonstraram que os alunos apresentaram altos índices de engajamento, principalmente no conteúdo de misturas, isso implica que nesse conteúdo, por exemplo, os alunos demonstraram interesse ativo na simulação, ou seja, estavam mais ficados na tela do celular, apresentaram participação espontânea e curiosidades.

A análise das questões objetivas, conduzida por meio do de formulários do Google formulários, que os acertos se relacionaram com a aprendizagem significativa subordinada, enquanto os erros indicaram uma aprendizagem superficial. Isso sugere que, embora as simulações digitais tenham potencial para facilitar a aprendizagem significativa, nem todos os alunos conseguem integrar os novos conhecimentos de forma eficaz e produtiva.

Além disso, os resultados das questões subjetivas, também analisadas sob a perspectiva da aprendizagem significativa, mostraram que as simulações digitais promoveram, em grande parte, uma aprendizagem significativa subordinada e superordenada. Este resultado reforça a ideia de que as ferramentas digitais podem ser importante aliadas na construção de um conhecimento mais articulado às

questões cotidianas. A pesquisa também indicou que, para alguns alunos, a aprendizagem ainda se dá de forma superficial ou mecânica, o que aponta para a necessidade de estratégias pedagógicas que favoreçam a organização das conexões de forma mais eficientes.

Assim, entendemos que esta pesquisa contribuiu para uma prática pedagógica mais voltada à modernidade, sugerindo que a implementação de simulações digitais no ensino de Química pode melhorar a interação dos alunos com o conteúdo e fomentar a apropriação de conceitos de maneira significativa. As implicações pedagógicas envolvem a necessidade de formar professores que saibam utilizar essas ferramentas de maneira adequada, garantindo que todos os alunos, inclusive aqueles com dificuldades, se beneficiem da estratégia.

5.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para aprofundar os achados desta pesquisa, sugerimos que futuros estudos ampliem a amostra, incluindo outras escolas e regiões, a fim de verificar se os resultados encontrados podem ser replicados em contextos diferentes. Também seria relevante investigar o impacto de diferentes tipos de softwares de simulação digital em outras áreas do conhecimento, a fim de verificar a generalização dos resultados para além do ensino de Química.

Além disso, seria muito interessante explorar mais detalhadamente as dificuldades dos alunos no uso das simulações digitais, buscando estratégias específicas para superar as barreiras tecnológicas e pedagógicas, garantindo maior inclusão digital e acesso a essas ferramentas. Por fim, uma outra sugestão seria realizar um acompanhamento mais longo do processo de aprendizagem dos alunos, com o objetivo de verificar se a aprendizagem significativa se mantém ou se é “perdida” ao longo do tempo escolar.

REFERÊNCIAS

ADAMS, W. K.; PAULSON, A., & WIEMAN, C. E. Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why. **American Journal of Physics**, v.76, n4, 393-399. 2008.

ALMEIDA, C. L. B. S.; MACHADO, J. C. R.; GUERRA, R. B. Reflexões acerca do uso do computador na formação de professores de matemática no estado do Pará. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA – ENEM, 9., Belo Horizonte, SBEM/UNI-BH, 2007.

ANDERSON, T. **The dance of technology and pedagogy in self-paced distance education**. Paper presented at the 17th ICDE World Congress, Maastricht, 2009. Disponível em: <<http://auspace.athabascau.ca:8080/dspace/bitstream/2149/2210/1/The%20Dance%20of%20technology%20and%20Pedagogy%20in%20Self%20Paced%20Instructions.docx>>. Acesso em 26 out. 2024.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1968.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology: A Cognitive View**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1980.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano edições técnicas, 2003.

BASTOS, D. M.; BEZERRA, F. S.; NUNES, F. M. Uso de Modelos Moleculares e no Software De Modelagem Molecular Avogadro no Ensino da Geometria Molecular. **14º SIMPEQUI**. Manaus, 2016.

BELL, F. Connectivism: its place in Theory-Informed Research and Innovation in Technology-Enabled Learning. **International Review of Research in Open and Distance Learning**, 2011. v. 12, n. 3, p. 98-118. DOI:

<https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.902>.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: **Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias** / Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, p.135. 2006. (Orientações curriculares para o ensino médio; v. 2, p. 63. 2006).

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CP nº 2, de 1º de julho de 2015**. Brasília, DF, Diário Oficial da União. 2015. Seção 1, p. 8-12, 2 jul. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17719-res-cne-cp-002-03072015&category_slug=julho-2015-pdf&Itemid=30192 . Acesso em: 16 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **BNCC. Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio. Brasília**; Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso: 26 jun 2025.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.394/96 de 20 de dezembro de 1996** Brasília, DF: 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm . Acesso em: 16 nov. 2024.

BRASIL. Presidência da República/Casa Civil/Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Plano Nacional da Educação**. Brasília, DF: 2014.

BRASIL. **Plano Nacional de Implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação das Relações Étnico Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-brasileira e Africana**. Brasília: MEC, SECADI, 2013

BRASIL. Ministério da Educação. **Sanciona lei que restringe uso de celulares nas escolas.** Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2025/janeiro/sancionada-lei-que-restringe-uso-de-celulares-nas-escolas#:~:text=%E2%80%9Ccelular%20s%C3%B3%20poder%C3%A1%20ser,a%20integra%C3%A7%C3%A3o%20entre%20os%20alunos.> Acesso em 20 jan. 2025.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais** / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997. 5p. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>

BROWN, J. S. **Growing Up Digital: How the Web Changes Work, Education, and the Ways People Learn.** United States Distance Learning Association. 2002. Disponível em http://www.usdla.org/html/journal/FEB02_Issue/article01.html Acesso em 25 set . 2024.

CARVALHO, F. C. A.; IVANOFF, G. B. **Tecnologias que educam: ensinar e aprender com tecnologias da informação e comunicação.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

CLARÀ, M.; BARBERÀ, E. Three problems with the connectivist conception of learning. **Journal of Computer Assisted Learning**, 2014. v. 30, n. 3, p. 197-206. <http://doi.org/10.1111/jcal.12040>.

CORRÊA, T. H. B.; SCHNETZLER, R. P. Da formação a atuação: Obstáculos do tornar-se professor de química. **REDEQUIM**, São Paulo, v.3, 2017. Disponível em: <http://ead.codai.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1356> Acesso em: 23 fev. 2024.

DOWNES, S. Learning Networks and Connective Knowledge. *In*: YANG, Harrison H.; YUEN, Seve C. (ed.). **Collective Intelligence and E-Learning 2.0:**

Implications of Web-Based Communities and Networking, 2009.p. 1-26.

DOWNES, S. Connectivism and Connective Knowledge: essays on meaning and learning networks. **National Research Council** Canada, 2012.

DOWNES, S. New technology supporting informal learning. **Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence**, v. 2, n. 1, p. 27-33, 2010.

DOWNES, S. Recent work in Connectivism. **European Journal of Open, Distance and E-Learning**, v. 22, n. 2, p. 113–132, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/eurodl-2019-0014>. Acesso em: 28 mar. 2024.

DUNAWAY, M. K. Connectivism: Learning theory and pedagogical practice for networked information landscapes. **Reference Services Review**, 2011. v. 39, n. 4, p. 675-685.

ESCARTÍN, J. A era digital na educação: o papel transformador da tecnologia no aprendizado. **Revista Ft.** 2023.

FRANÇA, F. F.; COSTA, M. L. F. As novas tecnologias de informação e comunicação nos cursos de licenciatura: aspectos conceituais, políticos e legais. In: COSTA, M. L. F.; SANTOS, A. R. (Org.) Educação e novas tecnologias: questões teóricas, políticas e práticas. Maringá: **Eduem**. 2017. p. 107-125.

FOGAÇA, M.; GIORDAN, M. As mídias sociais na educação: borrando as fronteiras entre a cultura escolar e a cibercultura. Informática de telemática na educação. Brasília: **Liber Livros**. 2012. p. 297-342,

FREIRE, M. F.; TEIXEIRA, J. R. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências: Práticas e Reflexões. São Paulo: **Editora Unesp**, 2020.

FULLAN, M. The deep learning framework: Shaping learning in and beyond the pandemic. **New Pedagogies for Deep Learning**. 2020.

GALIAZZI, M. C. Educar pela Pesquisa-Ambiente de Formação de Professores. Ijuí: **Ed.Unijuí**, 2003.

GIORDANO, M.; GÓIS, J. Semiótica na Química: A teoria dos signos de Pierce para compreender a representação. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, v.7, p. 34-42, 2007.

GIORDAN, M. **Uma perspectiva sociocultural para os estudos sobre elaboração de significados em situações de uso do computador na educação em ciências**. 2006. 319 f. Tese (Doutorado Docência em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2006.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

GIORDAN, M. Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: **Ed. Unijuí**, p.308.239, 2008.

GOMES, A. T.; GARCIA, I. K.; CALHEIRO, L. B. Atividades baseadas na Aprendizagem Significativa (AS): avanços na Educação de Jovens e Adultos a partir da Interdisciplinaridade como atitude do professor. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 3, p. 821-832, 2015.

HODGES, C.; MOORE, S.; LOCKEE, B.; TRUST, T.; BOND, A. The difference between emergency remote teaching and online learning. **Educause Review**. 2020. Disponível em <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>. Acesso em 14. out. 2024.

KENSKI, V. M. **Educação e novas tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2012.

KOLLER, H. D. **Educação digital**: Desafios e possibilidades para o ensino contemporâneo. Cidade: Editora Vozes. 2022.

KOP, R.; HILL, A. Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past? **International Review of Research in Open and Distributed Learning**, cidade, v. 9, n. 3, p. 1-13, 2008.

LEITE, B. S. **Tecnologias no Ensino de Química** – Teoria e prática na formação docente. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2015. 365 p

LEITE, B. **Aprendizagem Tecnológica Ativa**. **Revista Internacional de Educação Superior**, v.4, n.3, p 580–609, 2018. Disponível em <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7008029> Acesso em 25 out. 2024.

LEITE, J. C. **Tecnologias e gestão da informação na educação digital**. São Paulo: Editora Digital, 2021.

LÜDKE, M.; ANDRÉ M. E. E. D. **A pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MARQUES, A. L.; ALVES, A. J. V.; SILVA, A. F. G. M.; MORAIS, L.; GUIMARÃES, P. G.; LIMA, J. M.; RIBEIRO, F. B.; SANTOS, L. A. M.; MEDEIROS, E. S.; FRANCO, V. A. A Importância De Aulas Práticas No Ensino De Química Para Melhor Compreensão E Abstração De Conceitos Químicos. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ) UFPR 2008**.

MALDANER, O. A. A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.2, p.289-292, 1999.

OLIVEIRA, C. TIC na Educação: A utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. **Pedagogia em Ação**, v. 07, n. 01, 2015.

OLIVEIRA, K. E. J., ALVES A. L. e PORTO, C. M.; Tecnologias móveis em educação: um experimento por meio de uma sala de aula invertida. São Cristovão. **Revista Edapeci**, v. 17, n. 1, 2017. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/edapeci/article/view/6288> Acesso em: 20 fev. 2024.

OROFINO, M. I. Mídias e medição escolar: pedagogia dos meios, participação e visibilidade. São Paulo: Cortez: **Instituto Paulo Freire (Guia da escola cidadã; v12.)**, 2005. 72 p

OKADA, AI. COLEARN 2.0: coaprendizagem via comunidades abertas de pesquisa, práticas e recursos educacionais. **Revista E-Curriculum**, São Paulo, v.7 n.1, 2011.

MACEDO, E. Base Nacional Curricular Comum: novas formas de sociabilidade produzindo sentido para a educação. **Revista e Curriculum**, São Paulo, v. 12, n. 03, p.1530 1555 out./dez. 2014. Disponível em: <http://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum>

MARANHÃO. Secretaria de Estado da Educação. **Caderno de orientações curriculares para o ensino médio da rede estadual do Maranhão / Maranhão**, Secretaria de Estado da Educação. — São Luís, 2022. <https://www.educacao.ma.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/CADERNO-DE-ORIENTACOES-CURRICULARES-PARA-A-REDE-ESTADUAL-.pdf>

MARANHÃO. Secretaria de Estado da Educação. **O que é o programa Escola Digna?** 2017. Disponível em: <https://www.educacao.ma.gov.br/escola-digna/o-que-e-o-programa-escola-digna/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

MARANHÃO. SEDUC. **Documento Curricular do Território Maranhense: Ensino Médio**. Vol. 2. São Luís: [s.n.], 2022.

MARANHÃO. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares**. 3 ed. São Luís, 2014.

MARCHIORATO, L. Caderno de apoio à elaboração da proposta pedagógica da

escola: **caderno de apoio**. 1 ed. Brasília, 2014.

MOORE, E.; CHAMBERLAIN, J.; PARSON, R. PhET Interactive Simulations: A Resource for Chemistry Teachers. **Journal of Chemical Education**, v. 8, n, 91, p. 1191-1198, 2014.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Ensino e Aprendizagem Significativa: Fundamentos e Aplicações**. Campinas: Papirus, 2021.

MOREIRA, M. A. Teoria da Aprendizagem Significativa: Implicações para o Ensino. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2010.

MOREIRA, M. A. Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula. **Ciência & Ensino**, v. 3, n. 2, p. 15-29, 2012.

MOREIRA, M.A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A teoria da aprendizagem significativa**. 1° ed. Porto Alegre, 2009.

MOREIRA, M. A. O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R. GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2013.

MARTON, F.; SÄLJÖ, R. On Qualitative Differences in Learning: I – Outcome

and Process. **British Journal of Educational Psychology**, v. 46, n. 1, p. 4-11, 1976.

NEIRA, M. É necessário um debate sobre o uso do celular na escola. **Jornal da USP**, 2025. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/e-necessario-um-debate-sobre-o-uso-do-celular-na-escola/> Acesso em: 12out.2024.

MOTA, R. **Contribuições à reforma do ensino médio**. [s. l.]: 2016. Disponível em: <http://reitoronline.ig.com.br/index.php/2016/11/05/contribuicoes-preliminares-a-reforma-do-ensino-medio/> . Acesso em: 13 nov. 2024.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them**. Technical Report IHMC, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008.

NOVAK, J. D. **Learning, Creating, and Using Knowledge**: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations. New York: Lawrence Erlbaum, 1998

PAULETTI, F.; MENDES, M.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. Ensino de Química Mediado Por Tecnologias Digitais: o que pensam os professores brasileiros? **Interacções**, n. 44, p. 144-167, 2017.

ROCHA, M. M.; GOMES, A. C. Aplicação de Modelos 3D e Softwares no Ensino de Química: Uma Abordagem Interativa. **Educação em Revista**, v. 4, n.32, p.781-795, 2016.

SASSI, A. F.; SARQUIS, M. I. M. Ensino de Química com Simulações Interativas: Um Estudo sobre o PhET. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 3, n.6, p. 29-42, 2013.

SCHWAHN, M.; OAIGEN, E. O uso do laboratório de ensino de Química como ferramenta: investigando as concepções de licenciandos em Química sobre o Predizer, Observar, Explicar (POE). **Revista de Ensino de Ciências e**

Matemática, Canoas, v. 10, p. 151-169, 2008.

SIEMENS, G.; DOWNES, S. **Connectivism and Connective Knowledge: Essays on Learning and Networks**. 2012.

SIEMENS, G. Connectivism: A learning theory for the digital age. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**. 2005. Disponível em http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm Acesso em 27. set. 2024.

SIEMENS, G. New structures and spaces of learning: The systemic impact of connective knowledge, connectivism, and networked learning. **Comunicação apresentada no Encontro sobre Web 2.0**, Universidade do Minho, Braga, 2008. Disponível em http://elearnspace.org/Articles/systemic_impact.htm Acesso em 20. out. 2024.

SIEMENS, G. **What is the unique idea in Connectivism? Elearnspace**. 2008. Disponível em http://connectivism.ca/blogue/2008/08/what_is_the_unique_idea_in_con.html Acesso em 25 set. 2024.

SIEMENS, G. **Connectivism: Learning Theory or Pastime of the Self-Amused? elearnspace**. 2006. Disponível em http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism_self-amused.htm Acesso em 23 set 2024.

SIEMENS, G. **Learning Ecology, Communities, and Networks: Extending the Classroom. elearnspace**. 2003 Disponível em http://www.elearnspace.org/Articles/learning_communities.htm Acesso em 29 set 2024.

SANTOS, C. A. Proibição de celular nas escolas é discutida há quase 20 anos em projetos nunca aprovados no Brasil. **DIARIO DO NORDESTE**. 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/proibicao-de-celular-nas-escolas-e-discutido-ha-quase-20-anos-em-projetos-nunca->

aprovados-no-brasil-1.3561949

SANTOS, G. G. **Aprendizagem Significativa no Ensino de Química: Experimentação e Problematização na Abordagem do Conteúdo Polímeros.** Dissertação de mestrado. São Cristóvão - SE. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. UFSE, 2017.

SOUZA, S. **TICs na educação: Desafios e Práticas educacionais.** Campinas: Editora Mercado de letras, 2019.

SCHEIBE, Leda. Valorização e formação dos professores para a educação básica: questões desafiadoras para um novo plano nacional de educação. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 112, p. 981-1000, jul./set. 2010.

SILVA, A. J. DE J., PEREIRA LOPES, A., DA SILVA, A. T. O., MAURÍCIO, A. DA C., DA SILVA SANTANA, F. F., SILVA, C. M., DOS SANTOS, G. G., LOURENÇO, I. R. tempos de pandemia: efeitos do ensino remoto nas aulas de química do ensino médio em uma escola pública de benjamin constant, amazonas, brasil. **Journal of Education Science and Health**, v. 3,n.1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.52832/jesh.v1i3.36>

SILVA, M. **Tecnologias na educação: desafios e possibilidades.** São Paulo: Editora UNESP, 2021.

SILVA, M. G. **O uso do aparelho celular em sala de aula.** 2012. Monografia (Pós Graduação Lato Sensu) – Universidade Federal do Amapá, 2012.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. **Inovação e tecnologias digitais na educação.** São Paulo: Editora Senac,2019.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação.** 2. ed. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1998.

VERHAGEN, B. V. P. **Connectivism, a new Learning Theory?** 2006.

Disponível em:
<https://jorivas.files.wordpress.com/2009/11/connectivismnewtheory.pdf> . Acesso em: 28 mar. 2024.

VIDAL, C. J.; MENDES, R. S. Laboratórios Virtuais no Ensino de Química: Uma Solução para o Ensino Experimental. **Química Nova na Escola**, v. 1, n.42, p. 67-74, 2020.

VIEIRA, E.; MEIRELLES, R. M. S.; RODRIGUES, D. C. G. A. O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do laboratório virtual química fácil. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 08, 2011.

WEIAND, A.; PEREIRA, L.S.; BARCELLOS, P. S. C. Análise de uma Disciplina de Pós-Graduação em Modalidade ere sob a Ótica das Teorias Conectivista e da Atividade. **Educação em Revista**. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-4698368535846> Acesso em: 25jun. 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A

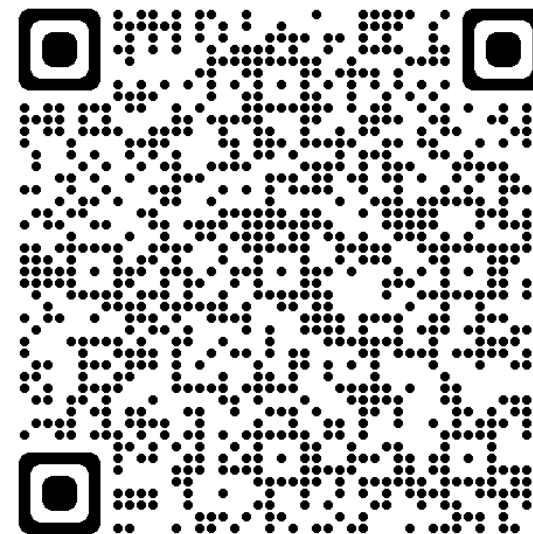
Formulários Google – questionários - respostas dos alunos

PARA USO EXCLUSIVO DOS ALUNOS DO 3º ANO

TERCEIRÃO NÃO TIRA FÉRIAS: ROTA DA QUÍMICA

Prof^a Anne Catherinne Luz

FORMULÁRIO DESTINADO A COLETA DE DADOS PARA PESQUISA CIENTÍFICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO DIGITAL NAS AULAS DE QUÍMICA DO 3º ANO - APLICADO EM 12 ESCOLAS DO BAIXO PAINAÍBA NO ESTADO DO MARANHÃO.



Escaneie o código
do formulário



APOIO:



SEDUC



Link de acesso aos questionários em PDF

file:///C:/Users/Usuario/Documents/Respostas%20dos%20alunos%20-%20Formul%C3%A1rios%20Google.pdf

APÊNDICE B

Revisão Sistemática da Literatura

Seção / Tópico	#	Item do Checklist
TÍTULO		
Título	1	Revisão sistemática: O USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DIGITAL NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE Á LUZ DO CONECTIVISMO E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA
RESUMO		
Sumário estruturado	2	<p>Tese: Sob a ótica do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa, o uso de software de simulação digital no Ensino de Química favorece a construção do conhecimento ao integrar múltiplas fontes de informação e conectar teoria e prática de maneira interativa. Pelo viés Conectivista, essas ferramentas contribuem para o aprendizado em rede, promovendo a colaboração e a troca de conhecimento entre os alunos. Já segundo a teoria de Ausubel, a interação com simulações permite a ancoragem de novos conceitos em conhecimentos prévios, contextualizando a aprendizagem. Dessa forma, os alunos exploram fenômenos químicos de maneira dinâmica e personalizada, desenvolvendo uma compreensão aplicável ao dia a dia.</p> <p>Fontes de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisão bibliográfica (dados secundários); - Levantamento por observação e questionário (dados primários). <p>Métodos: Análise Textual Discursiva (ATD) - revisão bibliográfica, análise de conteúdo, coleta e levantamento.</p> <p>Implicações: Identificação na literatura sobre os fatores críticos de sucesso e ativos no uso de simulação digital e ensino de Química sobre uma perspectiva Conectivista e da teoria da Aprendizagem Significativa.</p>

INTRODUÇÃO		
Justificativa	3	Lacuna de pesquisa: falta de conhecimento sobre a natureza e a intensidade dos principais fatores e suas inter-relações no uso de simulação digital e ensino de Química, no caso deste estudo, mais voltados a uma análise sobre a teoria do Conectivismo e Aprendizagem Significativa.
Objetivos e perguntas norteadoras	4	<p>a) Observar e analisar sob a ótica Conectivista as interações dos alunos da educação básica (3º ano) durante o uso de software de simulação, identificando padrões de interações em rede (conexões), colaboração e construção do conhecimento;</p> <p>b) Avaliar se a utilização de simulações digitais promove uma aprendizagem significativa, verificando a relação entre os novos conhecimentos adquiridos e os conhecimentos prévios dos alunos da educação básica (3º ano);</p> <p>c) Identificar desafios e possibilidades na aplicação de simulações digitais no Ensino de Química, como estratégia didática para os conteúdos específicos de Impactos Ambientais, Aquecimento Global /Efeito Estufa e Misturas.</p> <p>d) Adaptar material didático de Química com vis às demandas das NTIC para alunos da rede estadual do Maranhão.</p>
MÉTODOS		
Protocolo/registro	5	<p>Identificação de novos estudos via bases de dados e repositórios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registros identificados de: Bases de dados (n=968) • Registros removidos antes da triagem: Registros duplicados removidos (n=150) e Registros marcados como não elegíveis (n=100) • Registros triados (n=718) • Registros Excluídos (n=300) • Publicações avaliadas para elegibilidade (n=418)

		<ul style="list-style-type: none"> • Publicações excluídas: Aderência forte – peso 3 (n=60); Aderência média – peso 2 (n=110); Aderência fraca – peso 1 (n=100) e nenhuma aderência – peso 0 (n=36) • Registros triados: (n= 80) <p>Identificação de novos estudos por outros métodos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registros identificados em: Sites (n=6) e Organizações (n=10) • Publicações avaliadas para elegibilidade (n=16) • Novos estudos incluídos na revisão (n=16) • Total de estudos incluídos na revisão (n=96)
Critérios de elegibilidade	6	<p>Critérios para varredura nas bases e seleção dos artigos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recorte temporal: últimos 10 anos (2014-2024) • Idiomas considerados: inglês e português • Tipo de publicação: artigos de periódicos, capítulos de livro, livros, artigos de eventos científicos, teses de doutorado
Fontes de informação	7	<p>Bases científicas selecionadas:</p> <p>4 bases: Scielo, Google Acadêmico, Periódico Capes e repositórios de universidades brasileiras.</p> <p>Recorte temporal: últimos 10 anos. Última pesquisa realizada em: novembro/2024</p>
Busca	8	<p>Exemplo das estratégias de busca usadas em pelo menos uma das bases, que possa ser replicada Google Acadêmico - Busca avançada. Encontre artigos com estes termos: “digital simulator” AND “chemistry teaching”. Anos: 2014-2024</p>
Seleção dos estudos	9	<p>Triagem – Leitura dos elementos: Título, Palavras-chave e Resumo:</p> <p>Eliminação de referências sem alinhamento com o objetivo da pesquisa;</p> <p>Referências incompletas (eram apenas índices, notícias, resumos...);</p> <p>Palavras-chave da busca que apareceram no título ou resumo, mas não eram o foco do artigo (sem alinhamento</p>

		com os objetivos da pesquisa); Termos usados com outros sentidos (ferramentas); sem acesso às informações do resumo e principalmente o artigo completo
Processo de coleta de dados	10	Busca nos 4 portais pré-definidos, utilizando as 23 combinações propostas, com armazenamento dos dados por download a cada busca.
Lista dos dados	11	Importação das 968 referências iniciais coletadas para armazenamento e posterior seleção
Risco de viés em cada estudo	12	Não aplicável
Medidas de sumarização	13	Não aplicável
Síntese dos resultados da meta análise	14	Não aplicável
Risco de viés entre estudos	15	Não aplicável
Análises adicionais	16	Não aplicável
RESULTADOS		
Seleção de estudos	17	<p>Critérios de elegibilidade/Critério do pesquisador:</p> <p>Aderência forte (3); mediana (2); fraca (1); nenhuma aderência (0)</p> <p>Aderência forte (peso 3): foram incorporados ao portfólio de análise por conterem a relação de pelo menos dois ou três dos conceitos centrais (palavras-chave);</p> <p>Aderência média (peso 2): foram considerados relacionados aos temas-chave;</p> <p>Aderência fraca (peso 1): apresentaram apenas um dos conceitos, principalmente relacionados à uso de simulação digital, e foram considerados mais relevantes pela metodologia usada. Assim, foram separados para uma revisão metodológica, mas não foram incluídos no portfólio final de análise;</p> <p>Nenhuma aderência (peso 0): foram eliminados por serem artigos que apesar de estarem relacionados ao tema, não tratavam do enfoque e delimitação desta pesquisa, como artigos sobre simulação digital no ensino de matemática ou</p>

		física, ou ainda relacionados à ferramentas, mas não eram tecnológicas.
Características dos estudos	18	Artigos que contêm a relação de pelo menos dois ou três dos conceitos centrais (palavras-chave)
Risco de viés em cada estudo	19	Não aplicável.
Resultados de estudos individuais	20	Não aplicável.
Síntese dos resultados	21	46 referências selecionadas ao final (corpus dinâmico)
Risco de viés entre estudos	22	Não aplicável.
Análises adicionais	23	Não aplicável.
DISCUSSÃO		
Sumário da evidência	24	Não aplicável.
Limitações	25	Não aplicável.
Conclusões	26	Referências selecionadas para construir o referencial teórico da tese
Financiamento	27	Não aplicável.

Fonte: a autora, 2025.

APÊNDICE C

Protocolo de Pesquisa

PROTOCOLO DE PESQUISA

<p>TÍTULO DO TRABALHO:</p> <p>O USO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO DIGITAL NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE À LUZ DO CONECTIVISMO E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</p>
<p>Objetivo Geral (o propósito da pesquisa): Investigar como o uso de simulações digitais (PhET) Ensino de Química, fundamentado na teoria Conectivista e na Aprendizagem Significativa influencia a interação dos alunos da educação básica e favorece a apropriação do conteúdo.</p>
<p>Porque estudar esse tema (Justificativa/comprovação científica da relevância/importância do tema):</p> <p>Alinhado a uma análise Conectivista e da Aprendizagem Significativa. Essa abordagem permite aos alunos aprenderem de forma autônoma e conectada e promove a construção de conhecimento ao relacioná-lo com o que já sabem. A pesquisa justifica-se no campo teórico pelo avanço no conhecimento sobre quais fatores são mais críticos na abordagem de ferramentas tecnológicas voltadas ao ensino de Química. Também se justifica a relevância no campo prático, ao colaborar com ações que promovem maior engajamento dos estudantes ao transformar o aprendizado em uma experiência prática e experimental com os laboratórios virtuais. Essa abordagem é útil em contextos de escolas com recursos limitados, democratizando o acesso à educação científica.</p>
<p>Método e local da coleta de dados:</p> <p>Método da Pesquisa: Análise Textual Discursiva (ATD)</p> <p>Coleta de dados secundários: - Coleta de dados on-line. (artigos, livros, bases de dados).</p> <p>Levantamento de dados primários: - Questionários: envio de perguntas e recebimento das respostas pelo Google Formulários.</p>
<p>Procedimentos para coleta dos dados:</p> <p>Dados secundários: pesquisa bibliográfica (revisão sistemática de literatura)</p> <p>Dados primários: levantamento de campo – Ficha de Observação e Questionário</p>
<p>Identificação das fontes de material para a pesquisa:</p> <p>Revisão Sistemática de Literatura, apoiada na recomendação PRISMA</p>

Descrição das características da população/amostra a estudar

- Estudo de caso em escola pública estadual (Centro de Ensino Alfredo Duailibe)
- Coleta sobre 15 alunos
- Levantamento de dados por observação da pesquisadora e questionário enviado para alunos do 3º ano do Ensino Médio

Critérios de escolha, inclusão e exclusão da amostra:

Para a seleção dos estudos de caso:

a) quanto ao tipo de público atendido: serão selecionados apenas alunos do 3º ano do ensino médio

b) quanto à localização geográfica e abrangência de atuação: será selecionada apenas uma escola pública estadual, localizada na microrregião do Delta do Parnaíba, localizada a leste do estado do Maranhão, nordeste do Brasil.

Para o envio dos questionários:

Critérios de Inclusão:

- Alunos matriculados no Centro de Ensino Alfredo Duailibe, que tenha interesse e disponibilidade para participarem voluntariamente desta pesquisa.

Critérios de Exclusão:

- Serão excluídos da pesquisa, os alunos que não desejarem participar.

Objetivo específico a)

- a) Observar e analisar sob a ótica Conectivista as interações dos alunos durante o uso de software de simulação, identificando padrões de interações em rede (conexões), colaboração e construção do conhecimento

Por quê/como ele está vinculado ao objetivo geral:

Se vincula pelo fato de investigar como os alunos constroem e compartilham conhecimentos, com base em suas conexões em rede, que são um dos pilares do Conectivismo. Essa análise contribui para entender como as simulações digitais podem facilitar a criação de redes de conhecimento, diretamente relacionada ao objetivo geral de estudar a interação dos alunos no processo de aprendizagem.

Procedimentos a serem desenvolvidos:

Realização de Análise Textual Discursiva (ATD), sobre a teoria Conectivista, a partir do

modelo teórico proposto com base na literatura e nos dados coletados na ficha de observação.

Objetivo específico b)

b) Avaliar se a utilização de simulações digitais promove uma aprendizagem significativa, verificando a relação entre os novos conhecimentos adquiridos e os conhecimentos prévios dos alunos;

Por quê/como ele está vinculado ao objetivo geral:

Avaliar simulações digitais sobre uma perspectiva da Aprendizagem significativa, se alinha diretamente ao objetivo geral ao investigar como os alunos assimilam e relacionam novos conhecimentos aos conhecimentos prévios, um conceito central tanto na Aprendizagem Significativa quanto no uso de simulações digitais, que permite a contextualização e aplicação de conceitos.

Procedimentos a serem desenvolvidos:

Realização de Análise Textual Discursiva (ATD), sobre a teoria conectivista, a partir do modelo teórico proposto com base na literatura e nos dados coletados no questionário.

Objetivo específico c)

c) Identificar desafios e possibilidades na aplicação de simulações digitais no Ensino de Química, como estratégia didática para os conteúdos específicos de Impactos Ambientais, Aquecimento Global /Efeito Estufa e Misturas.

Por quê/como ele está vinculado ao objetivo geral:

A identificação dos desafios e possibilidades da aplicação de simulações digitais aborda as dificuldades que surgem ao implementar essas ferramentas no Ensino de Química. Isso contribui para o entendimento das condições e limitações do uso das simulações, uma parte essencial da investigação sobre como elas influenciam a aprendizagem e a interação no contexto do ensino de conteúdos como impactos ambientais e aquecimento global.

Procedimentos a serem desenvolvidos:

Realização de Análise Textual Discursiva (ATD), sobre a teoria conectivista, a partir do modelo teórico proposto com base na literatura e nos dados coletados no questionário.

Objetivo específico d)

d) Adaptar material didático de Química com vistas às demandas das NTIC para alunos da rede estadual do Maranhão.

Por quê/como ele está vinculado ao objetivo geral:

A adaptação de materiais didáticos de Química com uso de NTIC, como o software PhET, visa melhorar o ensino na rede estadual do Maranhão. Fundamentado na teoria do Conectivismo e na aprendizagem Significativa, esse método permite que os alunos interajam ativamente com os conceitos químicos, facilitando a compreensão e a apropriação do conhecimento de forma mais prática e envolvente.

Procedimentos a serem desenvolvidos:

Realização de Análise Textual Discursiva (ATD), sobre a teoria conectivista, a partir do modelo teórico proposto com base na literatura e nos dados coletados no questionário.

APÊNDICE D

Ficha de Observação

FICHA DE OBSERVAÇÃO**Dados do pesquisador/professor (a):**

Nome: Anne Catherine da Luz dos Santos

Data: 25/07/2024

Aula: Química (Impactos Ambientais/Camada de Ozônio; Aquecimento Global/Efeito Estufa e Misturas).

Objetivo da observação: Analisar a interação dos alunos junto aos conteúdos da apostila (programa terceirão não tira férias) e o software de simulação digital PhET.

1. Quadro de critérios e indicadores das categorias observadas

Categoria	Critério de observação	Indicadores na prática
Engajamento	O aluno demonstra interesse ativo na simulação	Foco na tela, participação espontânea, curiosidade.
Exploração Autônoma	O aluno interage com o simulador sem necessidade de mediação.	Testa funções sozinho, experimenta diferentes configurações.
Interação com Colegas	O aluno compartilha ideias ou discute o conteúdo com colegas.	Explica conceitos, faz perguntas ao grupo, sugere hipóteses.
Dúvidas Expressadas	O aluno verbaliza incertezas sobre o conteúdo.	Pergunta ao professor ou colegas, solicita esclarecimentos.
Aplicação do Conhecimento	O aluno relaciona a simulação com conceitos já aprendidos.	Faz conexões com a teoria menciona aplicações n cotidiano.

2. Legenda para a numeração dos critérios avaliados em escala de 1 a 5:

1 – Muito baixo: O aluno não apresenta progresso ou adaptabilidade no critério observado.

2 – Baixo: O aluno demonstra algumas dificuldades, com um progresso limitado no critério observado.

3 – Médio: O aluno apresenta um desempenho razoável, com algum nível de adaptação ao uso da ferramenta, mas com áreas a melhorar.

4 – Alto: O aluno demonstra boa adaptação e/ou capacidade em lidar com a ferramenta, buscando ativamente o aprendizado.

5 – Muito auto: O aluno se destaca no critério observado, mostrando grande adaptação, autonomia e/ou uso contínuo da ferramenta de forma eficaz.

3. Quadro de observação para a interação com o tema Impactos Ambientais (Camada de Ozônio)

Critério	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Engajamento	4	4	2	3	3	4	3	3	4	5	4	4	5	3
Exploração Autônoma	4	5	3	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4
Interação com Colegas	3	3	4	5	4	4	2	3	4	4	5	3	3	2
Dúvidas Expressadas	3	3	1	3	3	3	3	4	2	2	4	4	3	1
Aplicação do Conhecimento	5	5	5	4	4	5	4	3	3	4	3	5	5	4

Fonte: A autora, 2024.

4. Quadro de observação para a interação com o tema Aquecimento Global e Efeito Estufa

Critério	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Engajamento	5	4	3	4	2	3	3	3	4	5	5	5	4	4
Exploração Autônoma	2	3	3	3	4	2	1	2	1	2	3	4	3	2
Interação com Colegas	3	3	4	4	4	4	5	4	3	2	3	4	5	4
Dúvidas Expressadas	1	3	4	4	3	2	1	3	4	3	3	3	3	4
Aplicação do Conhecimento	5	4	5	5	5	4	5	3	4	4	3	5	4	3

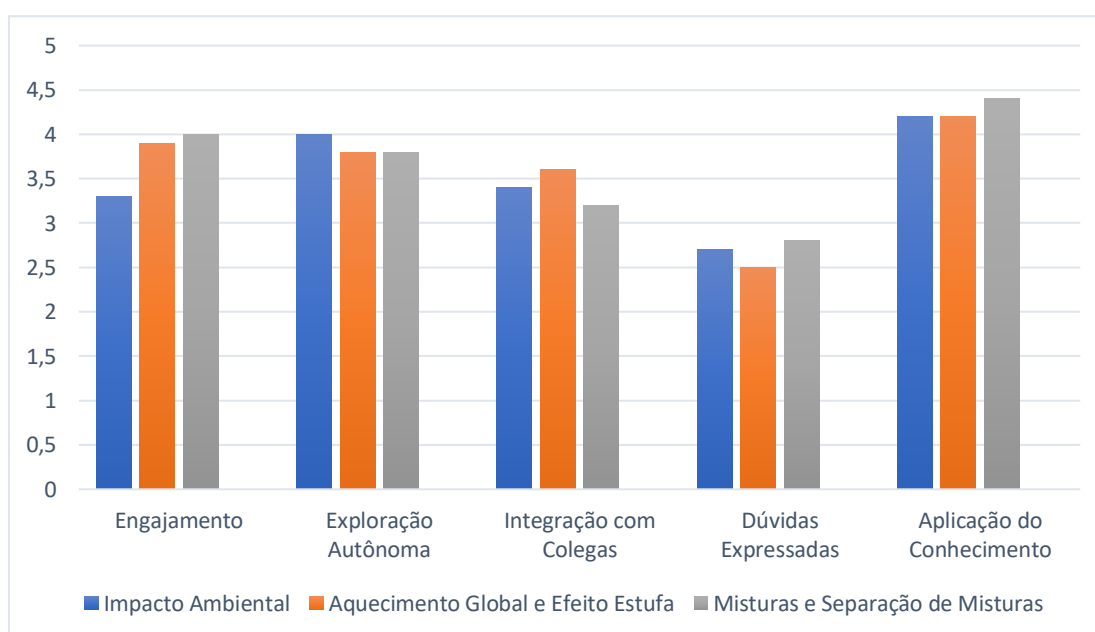
Fonte: A autora, 2024.

5. Quadro de observação para a interação com o tema Misturas e Separação de Misturas

Critério	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Engajamento	5	3	4	5	4	3	4	3	3	3	4	5	5	4
Exploração Autônoma	5	5	4	5	4	4	5	4	5	3	4	3	5	5
Interação com Colegas	4	4	4	3	3	3	2	5	4	2	3	3	4	5
Dúvidas Expressadas	4	4	4	3	5	4	3	4	3	4	3	5	5	4
Aplicação do Conhecimento	4	4	3	5	4	4	3	4	5	5	5	4	5	3

Fonte: A autora, 2024.

6. Representação gráfica dos quadros de observação para a interação com os temas



Fonte: A autora, 2024

7. Observações gerais

Engajamento: O maior nível de engajamento foi observado no tema de misturas (4,0 médias), possivelmente devido característica visível e experimental das simulações, que permitiram testar separações de forma interativa.

Exploração Autônoma: Esse padrão foi forte em todos os temas, mas se destacou no Impacto Ambiental (4,0 médias), indicando que os simuladores incentivaram aprendizagem ativa.

Interação com Colegas: A troca de ideias foi mais evidente no tema Aquecimento Global (3,6 médias), sugerindo que as simulações promoveram debates entre os estudantes.

Dúvidas expressadas: O menor número de dúvidas foi no tema Misturas (2,8 médias), o que pode indicar que o conteúdo era mais familiar. Já Aquecimento Global/ Efeito Estufa (2,2 médias) gerou mais dúvidas, talvez pela necessidade de compreender melhor os processos físicos e químicos envolvidos.

Aplicação do conhecimento: O tema Misturas e Separação de misturas (4,4 médias) teve o mais alto índice, sugerindo que a simulação facilitou a conexão entre a teoria e a prática.

8. Conclusão

A maioria dos alunos teve uma boa transição para o uso do software PhET, com alguns apresentando dificuldades iniciais, mas superando-as ao longo da aula. A exploração ativa das simulações ajudou os alunos a aprofundarem sua compreensão do conteúdo de química. O tema Misturas e Separação de Misturas apresentou os índices mais altos em quase todas as categorias, sugerindo que a abordagem experimental do simulador facilita a compreensão desse conteúdo.

Anne Catherinne da Luz dos Santos
Pesquisadora

30 de julho de 2024.

APÊNDICE E

Sequência Didática

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

<p>Plano de sequência didática: Utilização de simulações <i>PhET</i> na aula de Química</p> <p>Docente: Anne Catherine da Luz dos Santos</p>
<p>Temas: Impactos Ambientais, Aquecimento Global e Misturas</p> <p>Público-alvo: Alunos do 3º ano do Ensino Médio</p> <p>Objetivo Geral: Utilizar simulação digital do PhET para explorar, compreender e visualizar fenômenos científicos relacionados ao meio ambiente e à química, estimulando o pensamento crítico e a experimentação prática.</p>
<p>Tema 1: Impactos Ambientais (camada de Ozônio)</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Compreender a importância da camada de ozônio e os impactos de sua degradação. ➤ Identificar as substâncias prejudiciais à camada de ozônio. ➤ Explorar as causas e consequências do aumento da incidência de chuva ácida. <p>Atividades simultâneas (20 minutos):</p> <p>Introdução: Apresentação do conceito de camada de ozônio, sua função e os impactos ambientais causados por sua degradação. Explicação sobre as substâncias que destroem o ozônio e o que é a chuva ácida.</p> <p>Simulação PhET – Geometria Molecular: Utilização da simulação para visualizar o processo de formação e destruição do ozônio na atmosfera. Os alunos devem identificar as moléculas de substâncias responsáveis pela destruição do ozônio.</p> <p>Atividade separada (10 minutos):</p> <p>Discussão aberta: Reflexões sobre o impacto da degradação da camada de ozônio nas mudanças climáticas.</p>
<p>Tema 2: Aquecimento Global e Efeito Estufa</p>
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Compreender as causas do aquecimento global. ➤ Explicar o efeito estufa e suas consequências para o clima global ➤ Explorar as consequências do aquecimento global nos ecossistemas e nas atividades humanas. <p>Atividades simultâneas (20 minutos):</p> <p>Introdução: Explicação sobre o efeito estufa, suas causas naturais e antrópicas, e as consequências do aquecimento global para o clima da Terra.</p> <p>Simulação PhET – Efeito Estufa: Utilização da simulação para explorar como os gases influenciam a temperatura da terra. Os alunos devem simular a entrada dos raios UV e observar as mudanças de temperatura.</p> <p>Atividade separada (10 minutos):</p> <p>Discussão aberta: Debater sobre como o aumento da concentração de gases de efeito estufa estão relacionados com o aquecimento global.</p>

Tema 3: Misturas e Separação de Misturas
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar as diferenças entre misturas homogêneas e heterogêneas. ➤ Aplicar técnicas de separação de misturas. ➤ Explorar as simulações do PhET para entender processos de separação de misturas. <p>Atividades Simultâneas (20 minutos):</p> <p>Introdução: Explicar sobre as diferenças entre misturas homogêneas e heterogêneas e as diversas técnicas de separação, como filtração, destilação, concentração etc.</p> <p>Simulação PhET – Concentração: Utilização para demonstrar a formação de solução e a separação. Os alunos devem adicionar reagentes na solução observando se ela apresenta alguma mudança.</p> <p>Atividade separada (10 Minutos):</p> <p>Discussão aberta: Reflexão sobre a utilização das técnicas de separação de misturas no cotidiano e a importância delas no dia a dia.</p>
Estratégias de Avaliação
<p>Observação em sala de aula: Durante as atividades simultâneas (Conteúdo proposto e aplicação das simulações), o professor deve avaliar a participação dos alunos, suas interações com a tecnologia e a capacidade de formular hipóteses (ficha de observação).</p> <p>Participação em discussão aberta: A participação ativa nas discussões sobre os impactos ambientais, aquecimento global e misturas.</p> <p>Questionário online (Google Formulários): O formulário incluirá perguntas de múltiplas escolhas e questões mais elaboradas, a fim de que os alunos refletiam sobre o conteúdo bordado.</p>
Recursos Necessários
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lousa, data show e recursos audiovisuais (microfone e caixa de som). ➤ Dispositivos móveis com acesso à internet. ➤ Acesso à plataforma PhET (Simulações: “geometria molécula”, Efeito estufa” e “Concentração”).
Tempo estimado
<p>A aula completa terá duração de 1h30min, sendo possível adaptá-la conforme a dinâmica da turma e os interesses dos alunos.</p>
Conclusão
<p>Esse planejamento de sequência didática, que integra o uso das simulações <i>PhET</i>, proporciona uma abordagem prática e interativa para os temas relevantes que iremos estudar (destacados acima). Ao combinar teoria e experimentação digital, os alunos vão ter a oportunidade de visualizar representação de fenômenos Químicos, favorecendo eventualmente a construção de novos conceitos.</p>

ANEXOS

ANEXO A

Conteúdo de Química - Apostila “terceirão não tira férias”

meio de uma maior gerência do Estado nesse âmbito escolar.

Diante do exposto, cabe às instituições de ensino com proatividade o papel de deliberar acerca dessa limitação em palestras elucidativas por meio de exemplos em obras literárias, dados estatísticos e depoimentos de pessoas envolvidas com o tema, para que a sociedade civil, em especial os pais de surdos, não seja complacente com a cultura de estereótipos e preconceitos difundidos socialmente.

Outrossim, o próprio público deficiente deve alertar a outra parte da população sobre seus direitos e suas possibilidades no Estado civil a partir da realização de dias de conscientização na urbe e da divulgação de textos proativos em páginas virtuais, como "Quebrando o Tabu".

Por fim, ativistas políticos devem realizar mutirões no Ministério ou na Secretaria de Educação, pressionando os demiurgos indiferentes à problemática abordada, com o fito de incentivá-los a profissionalizarem adequadamente os professores – para que todos saibam, no mínimo, o básico de Libras – e a efetivarem o estudo da Língua Brasileira de Sinais, por meio da disponibilização de verbas e da criação de políticas públicas convenientes, contrariando a teórica inclusão da primeira escola de surdos brasileiro

Disponível em: https://blogdoenem.com.br/redacao_enem_nota_1000/.

QUÍMICA

IMPACTOS AMBIENTAIS

Entende-se como Química ambiental o campo de estudos que tem por objetivo conhecer todos os processos químicos que ocorrem na natureza, seja de forma natural, seja provocado por alguma interferência humana. O alvo é gerar esclarecimento sobre todos os mecanismos que controlam a quantidade de substâncias na natureza.

Sem sombra de dúvidas, essa área da Química está diretamente relacionada com diversas outras ciências, como Geografia, Ecologia, Geologia, Agronomia, Biologia, Toxicologia, entre outras.

A Química Ambiental só foi criada no ano de 1994, mas há vários séculos o homem tem procurado estudar e entender os fenômenos químicos naturais e também aqueles provocados por ele mesmo, já que as modificações que essas ações provocam no ambiente sempre foram notadas. Veja alguns exemplos de resultados da ação maléfica do homem no ambiente:

- Destruição da camada de ozônio;
- Aumento da incidência da chuva ácida;
- Poluição (ar, água, solo) / Lixo;
- Aquecimento global.

1.1 - DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO.

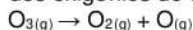
A camada de ozônio é composta pelo gás ozônio (cuja fórmula molecular é O_3) e está localizada em uma região da atmosfera denominada de estratosfera, que fica entre 20 km e 35 km da superfície da Terra.

NOVAIS, 2023.

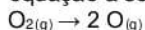
FORMAÇÃO DO OZÔNIO

A quantidade de O_3 presente na camada de ozônio é constantemente modificada porque os raios ultravioleta,

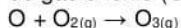
ao chegarem à camada, promovem a separação de um dos oxigênios do ozônio, formando mais gás oxigênio.



Além da degradação do ozônio, a radiação ultravioleta também promove a quebra da ligação entre os oxigênios de algumas moléculas de gás oxigênio, como na equação a seguir:



Em seguida, porém, cada oxigênio livre interage com uma molécula de gás oxigênio, formando uma molécula do gás ozônio (O_3), como na equação a seguir:



Assim, a quantidade de gás ozônio na camada modifica-se constantemente de forma natural.

QUAL A IMPORTÂNCIA DA CAMADA DE OZÔNIO?

Quando a radiação ultravioleta atinge a superfície terrestre, pode desencadear diversos danos nos mais variados seres vivos, a saber:

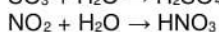
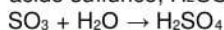
- Desenvolvimento de câncer de pele;
- Aumento da frequência de ativações da replicação do vírus herpes em indivíduos que o tenham contraído, desenvolvendo as lesões características da doença;
- Cegueira provocada pelo aumento da catarata em indivíduos com tendência a desenvolvê-la;
- Aumento da temperatura do planeta (aquecimento global), já que um maior número de raios ultravioleta atinge a superfície da Terra, aumentando a retenção de calor.

SUBSTÂNCIAS QUE PREJUDICAM A CAMADA DE OZÔNIO

- Óxido nítrico (NO): substância produzida a partir da queima de combustíveis fósseis;
- Óxido nítrico (N_2O): substância eliminada por veículos e indústrias químicas;
- Dióxido de carbono (CO_2): substância geralmente produzida em reações químicas de combustão completa;
- Clorofluorcarbonos (CFC_s): substâncias muito utilizadas como propelentes em produtos aerossóis (como desodorante spray), na produção de materiais plásticos e em equipamentos de refrigeração (como geladeiras).

1.2 - AUMENTO DA INCIDÊNCIA DA CHUVA ÁCIDA.

A CHUVA ÁCIDA é consequência da poluição atmosférica. A queima de combustíveis fósseis – principalmente por motores movidos a diesel e centrais térmicas – libera muito dióxido de nitrogênio, NO_2 , para a atmosfera. Algumas atividades industriais – principalmente produção de aço, de alumínio, baterias, borracha e fertilizantes – liberam uma quantidade absurda de dióxido de enxofre, SO_2 , para a atmosfera. Já em forma de gases, esses elementos formam moléculas polares com alta solubilidade em água. Assim, reagem rapidamente com a água em vapor na atmosfera e formam dois ácidos corrosivos e tóxicos: o ácido sulfúrico, H_2SO_4 , e o ácido nítrico, HNO_3 .



Essas substâncias voltam para a terra em forma de CHUVA ÁCIDA com desastrosas consequências ambientais:

- alteram o pH do solo, geralmente abaixo do valor 5,6 e essa acidificação mata a microbiota;
- alteram o pH de córregos, rios, lagos e mananciais, acidificando a água, desequilibrando o ambiente e causando a morte de peixes e outros seres aquáticos;
- destroem extensas áreas florestais e lavouras;
- danos à saúde humano, com agravamento de problemas respiratórios e oculares;
- corroem metais, pedras, rochas calcárias, madeira (ação desidratante);
- desgastam construções.

1.3 POLUIÇÃO (AR, ÁGUA, SOLO) / LIXO.

Devemos atentar para o conceito de poluição que nada mais é do que alterações (química, física ou biológica) que ocorrem por fatores humanos e naturais e que prejudicam o meio ambiente, afetando a qualidade do ar, da água e do solo.

Ou seja, ela provoca um efeito negativo no ecossistema e podem ocorrer de maneiras naturais, por exemplo, a poluição gerada por um terremoto ou um 'tsunami'.

No entanto, a poluição gerada pelo homem pode prejudicar o solo, a água e o ar e ainda, afetar a espécie com a proliferação de doenças, diminuição dos recursos naturais e da biodiversidade do planeta.

POLUIÇÃO DO SOLO

A poluição do solo é um dos tipos de poluição mais recorrentes no mundo, os quais interferem diretamente na biodiversidade do planeta, afetando assim, as espécies animais bem como a espécie humana.

Esse tipo de poluição é produzida pelo contato do solo com produtos químicos, resíduos sólidos e resíduos líquidos, por exemplo, fertilizantes químicos, pesticidas e herbicidas.

Além deles, outros agentes de poluição do solo são os resíduos domésticos e urbanos, como os solventes, detergentes, lâmpadas fluorescentes, componentes eletrônicos, tintas, gasolina, diesel, óleos automotivos, fluídos hidráulicos, hidrocarbonetos, chumbo, etc.

Em resumo, resíduos industriais ou domésticos alteram os solos degradando sua superfície e gerando gases tóxicos. Esse tipo de poluição resulta na deterioração do solo, inviabilizando assim, o cultivo de espécies vegetais.

POLUIÇÃO DA ÁGUA

A poluição da água, também chamada de poluição hídrica, interfere na qualidade dos cursos de água sejam rios, mares, oceanos e lagos.

Ela é gerada sobretudo pelo descarte de produtos e dejetos nas águas. Os principais elementos de contaminação das águas são gerados pelas atividades domésticas, agrícola e industrial como o lançamento de esgoto, produtos químicos diversos, óleo, celulose, tintas, plástico, dentre outros.

Além de afetar e desequilibrar o ecossistema terrestre e subterrâneo (por exemplo, o lençol freático), colocando em risco as espécies que ali habitam, ela prejudica os seres humanos, que deixam de usar esse recurso tão importante por causa da contaminação das águas, tornado assim, imprópria para o consumo.

POLUIÇÃO DO AR

A poluição do ar ou poluição atmosférica é gerada pelo lançamento de poluentes tóxicos na atmosfera, por exemplo, poeiras industriais, aerossóis, fumaças negras, solventes, ácidos, hidrocarbonetos.

Dentre os principais poluentes do ar estão: monóxido de carbono, dióxido de carbono, chumbo, dióxido de enxofre e óxidos de azoto.

Esse tipo de poluição implica diversos fatores de risco para a saúde humana, bem como aumenta problemas ambientais como o efeito estufa, aquecimento global, chuva ácida, dentre outros.

As indústrias são os principais responsáveis pela poluição do ar, no entanto, os carros também emitem gás carbônico. Numa grande cidade, por exemplo, onde existem milhares de veículos, a qualidade do ar fica afetada, o que leva a diversas doenças respiratórias e nos piores casos, mortes por intoxicação.

Esse dado pode ser relevante quando pensamos em cidades grandes com níveis altos de poluição atmosférica como, por exemplo, Pequim (China) e a cidade do México. Nesses locais, muitas pessoas usam máscaras para evitar a contaminação.

1.4 AQUECIMENTO GLOBAL

O aquecimento global é um termo que designa um amplo processo de aquecimento do planeta, gerado, conforme estudos científicos diversos, pela ação antrópica no meio. Esse processo está diretamente ligado ao aumento geral da temperatura terrestre registrado ao longo dos últimos anos.

O aquecimento global é comumente ligado ao efeito estufa, que é o processo natural de retenção do calor da esfera terrestre, mas que pode ser potencializado pelas ações humanas, como por meio da poluição atmosférica.

QUAIS SÃO AS CAUSAS DO AQUECIMENTO GLOBAL?

O aquecimento global envolve um conjunto de fenômenos que, no geral, causam o aumento da temperatura no planeta Terra. Nessa lógica, esse aumento exacerbado da temperatura global está atrelado aos impactos ambientais gerados especificamente pela ação humana, que transforma cada vez mais o ambiente natural.

Assim, o aquecimento global envolve causas antrópicas, ou seja, que são causadas pela ação do ser humano. São exemplos de ações humanas que contribuem para o aumento das temperaturas terrestres:

- registro de queimadas;
- aumento do desmatamento;
- emissão de poluentes.

QUAIS SÃO AS CONSEQUÊNCIAS DO AQUECIMENTO GLOBAL?

O aquecimento global tem diversas consequências fortemente ligadas às modificações causadas pelas ações humanas no mundo, que, por meio do aumento médio das temperaturas, provocam graves impactos ambientais e grande desequilíbrio ecológico. São exemplos de consequências do aquecimento global:

- O aumento das médias térmicas registradas na superfície terrestre.
- O desequilíbrio ambiental e a perda da biodiversidade causados pelo aquecimento.

- O descongelamento das reservas de água congelada nas regiões frias do globo.
- A elevação gradual do nível dos mares e oceanos do planeta.
- A mudança climática causada pela intervenção do ser humano na natureza.
- A diminuição da oferta de recursos naturais diversos devido às mudanças climáticas.

O AQUECIMENTO GLOBAL E O EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural responsável pela manutenção das temperaturas médias da superfície terrestre. Essa espécie de camada protetora, que envolve toda a esfera terrestre, impede que parte importante do calor da atmosfera se dissipe, gerando assim condições ideais para o registro e a ocorrência de vida no planeta.

Porém, conforme a lógica do aquecimento global, esse processo vem sofrendo grande desequilíbrio, em especial pela intervenção humana, que, por meio de ações como desmatamentos, queimadas e poluições, vem aumentando a quantidade de calor retido na atmosfera em razão do chamado efeito estufa e, por conseguinte, da temperatura global.

Os chamados gases estufa estão envolvidos em uma série de ações humanas, como as citadas, que são contribuintes de forma ativa para o aquecimento do planeta. Esses gases ficam retidos na atmosfera mundial justamente por meio do fenômeno do efeito estufa, aumentando assim as temperaturas globais. São exemplos de gases estufa: gás metano, dióxido de carbono, hexafluoreto de enxofre e óxido nítrico.

POSSÍVEIS MEDIDAS PARA COMBATER O AQUECIMENTO GLOBAL

O aquecimento global é um processo essencialmente antrópico, ou seja, causado pelas ações humanas no ambiente natural. Assim, tornam-se fundamentais ações que atenuem a intervenção do ser humano no planeta, especialmente por meio da diminuição de fenômenos que causam grande interferência nas médias termiais globais e no efeito estufa terrestre, como os desmatamentos, as queimadas e as poluições. Assim, são possíveis medidas para combater o aquecimento global:

- A substituição de fontes fósseis de energia por fontes renováveis de energia.
- O aumento da fiscalização ambiental e a aplicação de multas ambientais.
- A diminuição do lançamento de poluentes atmosféricos pela sociedade.
- A retração dos índices de desmatamento e queimadas registrados no globo.
- A promoção de projetos de reflorestamento e a conservação de áreas vegetadas.
- A conscientização da população sobre o papel da intervenção antrópica no meio.
- A adoção de políticas sustentáveis, como a reciclagem de materiais diversos.

QUESTÕES COMENTADAS

Questão 1. (UEMG 2019) O relatório divulgado pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), em 2007, apontou que, até ao final do

século, a temperatura do planeta pode subir 4 graus e serão mais frequentes os fenômenos climáticos extremos. Em relação às fontes energéticas para conterem o aumento da temperatura global, tornou-se urgente

- A) aplicar vultosas multas aos países que mais poluem.
- B) investir em fontes limpas e em tecnologias alternativas.
- C) pesquisar novas reservas de petróleo e de gás natural.
- D) transferir as indústrias poluidoras para os países pobres.
- E) intensificar a produção de veículos a combustão para facilitar o deslocamento para cidades com menor poluição.

Questão 2. Muitos impactos ambientais trazem consequências graves e algumas vezes irreversíveis para o meio ambiente. Alguns deles são causados pelo homem e surgem, sobretudo, pela falta de consciência ambiental, como o uso indiscriminado dos recursos naturais. Todas as alternativas abaixo trazem exemplos de ações positivas relacionadas com a consciência ambiental, exceto:

- A) a economia de água e de energia.
- B) o uso de automóveis.
- C) o descarte correto do lixo.
- D) a redução do consumo.
- E) o uso de sacolas biodegradáveis.

Questão 3. (Enem) A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nítrico (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. A.G. Moreira & S. Schwartzman. As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (adaptado).

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é

- A) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- B) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH_4 .
- C) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO_2 da atmosfera.
- D) aumentar a concentração atmosférica de H_2O , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- E) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor."

Questão 4.

(Enem) Em 1872, Robert Angus Smith criou o termo "chuva ácida", descrevendo precipitações ácidas em Manchester após a Revolução Industrial. Trata-se do acúmulo demasiado de dióxido de carbono e enxofre na atmosfera que, ao reagirem com compostos dessa camada, formam gotículas de chuva ácida e partículas de aerossóis. A chuva ácida não necessariamente ocorre no local poluidor, pois tais poluentes, ao serem lançados na atmosfera, são levados pelos ventos, podendo provocar a reação em regiões distantes. A água de forma pura apresenta pH 7 e, ao contatar agentes poluidores, reage modificando seu pH para 5,6 e até menos que isso, o que provoca reações, deixando consequências.

Disponível em: <https://brasile scola.uol.com.br>. Acesso em: 18 maio 2010 (adaptado).

O texto aponta para um fenômeno atmosférico causador de graves problemas ao meio ambiente: a chuva ácida (pluviosidade com pH baixo). Esse fenômeno tem como consequência

- A) a corrosão de metais, pinturas, monumentos históricos, destruição da cobertura vegetal e acidificação de lagos.
- B) a diminuição do aquecimento global, já que esse tipo de chuva retira poluentes da atmosfera.
- C) a destruição da fauna e da flora e redução dos recursos hídricos, com o assoreamento dos rios.
- D) as enchentes, que atrapalham a vida do cidadão urbano, corroendo, em curto prazo, automóveis e fios de cobre da rede elétrica.
- E) a degradação da terra nas regiões semiáridas, localizadas, em sua maioria, no Nordeste do nosso país.

Questão 5.

(Enem) Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem. Um exemplo de reciclagem é a utilização de:

- A) garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- B) latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- C) sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
- D) embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- E) garrafas PET recortadas em tiras para fabricação de cerdas de vassouras.

SEPARAÇÃO DE MISTURAS

A natureza, os produtos que adquirimos, os materiais confeccionados pelo ser humano, ou seja, de uma forma geral nós e tudo que nos cerca é formado por misturas (associação de substâncias). Para utilizarmos uma substância qualquer é fundamental realizar a separação de misturas.

Separação de misturas significa isolar um ou mais componentes (substâncias) que formam a mistura, seja ela homogênea (que apresenta apenas um aspecto visual, fase) ou heterogênea (que apresenta pelo menos dois aspectos visuais, fases).

Para realizar a separação dos componentes de uma mistura é necessária a utilização de um ou mais

métodos. Abaixo, temos uma relação de diversos métodos de separação de misturas, porém alguns mais utilizados em misturas homogêneas, já outros em misturas heterogêneas:

OBS.: De uma forma geral a separação dos componentes de uma mistura quase sempre necessita da utilização de mais de um método.

2.1 PARA MISTURAS HETEROGÊNEAS

Catação: método de separação utilizado para separar os componentes de uma mistura formada por sólidos de tamanhos diferentes, ou de um sólido não dissolvido no líquido, utilizando recursos como as mãos, uma pinça, um pegador, etc., para fazer a retirada de um sólido. Exemplo: separar pedras dos grãos de feijão.

Levigação: método que utiliza a força da água para arrastar o componente menos denso de uma mistura formada por sólidos de diferentes densidades. Exemplo: separar o cascalho do ouro.

Ventilação: método que utiliza a força do vento para arrastar o componente menos denso de uma mistura formada por sólidos de diferentes densidades. Exemplo: separar a casca do grão de amendoim.

Flotação: método no qual um líquido é adicionado a uma mistura formada por dois sólidos, os quais não se dissolvem e um deles é mais denso, enquanto o outro é mais denso que o líquido. Em seguida uma decantação é realizada. Exemplo: adicionar água em uma mistura formada por areia e isopor.

Sifonação: Método no qual utilizamos mangueira, pipeta, canudo, seringa e etc, para retirar o líquido mais denso ou o menos denso de uma mistura formada por apenas líquidos. Exemplo: Separar os componentes da mistura formada por água e óleo.

Filtração: método no qual um filtro de papel retém o componente sólido de uma mistura formada por um sólido e um gás, ou um sólido não dissolvido em um líquido. Exemplo: separar a areia da água.

Decantação: Método no qual o componente menos denso da mistura (formada por um sólido não dissolvido em um líquido, ou entre dois líquidos que não se dissolvem) é posicionado em cima do componente mais denso, devido a ação da gravidade. Exemplo: separar barro da água.

Separação com funil de bromo: é um equipamento específico com o qual é possível separar o líquido mais denso do líquido menos denso de uma mistura formada por líquidos imiscíveis, após a realização de uma decantação dos mesmos. Exemplo: separar água e óleo.

Centrifugação: é um método que acelera o fenômeno da decantação, quando a mistura é submetida a movimentos de translação em um equipamento denominado centrífuga

Separação magnética: método no qual um ímã é utilizado para retirar o componente metálico presente em uma mistura formada por sólidos. Exemplo: separar a limalha de ferro da areia.

Dissolução fracionada: método no qual um líquido é adicionado a uma mistura formada por dois sólidos com o objetivo de dissolver apenas um deles. Exemplo: adicionar água em uma mistura formada por sal e areia.

Floculação: é um método que complementa a coagulação, já que nele a mistura é agitada para favorecer a ação do coagulante.

Tamisação: método no qual utiliza-se um peneira para separar grãos sólidos de tamanho maior presentes em uma mistura. Peneirar a farinha de trigo.

2.2 PARA MISTURAS HOMOGÊNEAS

Fusão fracionada: método utilizado para separar os componentes de uma mistura homogênea formada apenas por sólidos que apresentam diferentes pontos de fusão. A mistura é aquecida até atingir o menor ponto de fusão. Assim, em seguida, por filtração ou peneiração, o sólido restante é separado do líquido. Exemplo: separação dos componentes do ouro 18 quilates.

Solidificação fracionada: método utilizado para separar os componentes de uma mistura formada por líquidos miscíveis que apresentem diferentes pontos de fusão através do resfriamento da mistura. A temperatura é diminuída até o menor ponto de fusão para que apenas um dos componentes seja transformado em sólido. Exemplo: separar a parafina dos resíduos do petróleo.

Evaporação: método utilizado quando não temos o objetivo de reutilizar o líquido presente na mistura. Assim, ao evaporar o sólido é separado. Exemplo: separação da água do sal em uma salina.

Destilação simples: método utilizado para separar os componentes de uma mistura formada por um sólido dissolvido em um líquido. Nele o líquido é vaporizado e em seguida condensado, sendo recolhido em um outro recipiente. Exemplo: separar a mistura água e sal.

Destilação fracionada: método utilizado para separar os componentes de uma mistura formada por dois ou mais líquidos miscíveis (que estão dissolvidos entre si). A mistura é aquecida fazendo com que os líquidos sejam vaporizados, porém antes de serem condensados, os vapores são separados em uma coluna de fracionamento. Exemplo: separar a mistura formada por água e acetona.

QUESTÕES COMENTADAS

Questão 6. (ENEM) As centrífugas são equipamentos utilizados em laboratórios, clínicas e indústrias. Seu funcionamento faz uso da aceleração centrífuga obtida pela rotação de um recipiente e que serve para a separação de sólidos em suspensão em líquidos ou de líquidos misturados entre si.

Nesse aparelho, a separação das substâncias ocorre em função

- A) das diferentes densidades.
- B) dos diferentes raios de rotação.
- C) das diferentes velocidades angulares.
- D) das diferentes quantidades de cada substância.
- E) da diferente coesão molecular de cada substância.

Questão 7. (ENEM) A água bruta coletada de mananciais apresenta alto índice de sólidos suspensos, o que a deixa com um aspecto turvo. Para se obter uma água límpida e potável, ela deve passar por um processo de purificação numa estação de tratamento de água. Nesse processo, as principais etapas são, nesta ordem: coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.

Qual é a etapa de retirada de grande parte desses sólidos?

- A) Coagulação.
- B) Decantação.
- C) Filtração.
- D) Desinfecção.

E) Fluoretação.

Questão 8. (FMP) "Infelizmente, a poluição por mercúrio na Amazônia é ignorada apesar das crescentes evidências dos perigos que representa para as pessoas e a vida selvagem ao longo do sistema fluvial. (...)

Além disso, as vítimas mais vulneráveis são os povos indígenas e as comunidades locais, além de milhares de espécies únicas desse bioma."

Disponível em: Acesso em: 1 out. 2020. Adaptado.

A principal fonte de contaminação por mercúrio na Amazônia é a mineração de ouro artesanal de pequena escala extraído na região. Nessa atividade, o mercúrio é usado na purificação do ouro por meio do processo físico de separação denominado:

- (A) peneiração.
- (B) centrifugação.
- (C) decantação.
- (D) levigação.
- (E) destilação.

Questão 9. (ENEM) Para demonstrar os processos físicos de separação de componentes em misturas complexas, um professor de química apresentou para seus alunos uma mistura de limalha de ferro, areia, cloreto de sódio, bolinhas de isopor e grãos de feijão.

Os componentes foram separados em etapas, na seguinte ordem

Em qual etapa foi necessário adicionar água para dar sequência às separações

- (A) 1. (B) 2. (C) 3. (D) 4. (E) 5.

Questão 10. Estima-se que cerca de um bilhão de pessoas sofram com a falta de água potável no mundo. Para tentar combater esse tipo de problema, uma empresa desenvolveu um purificador de água distribuído na forma de um sachê que é capaz de transformar dez litros de água contaminada em dez litros de água potável. Os principais componentes do sachê são sulfato de ferro (III) e hipoclorito de cálcio. Para purificar a água, o conteúdo do sachê deve ser despejado em um recipiente com dez litros de água não potável. Depois é preciso mexer a mistura por cinco minutos, para ocorrer a união dos íons cálcio (Ca^{2+}) e dos íons sulfato (SO_4^{2-}), produzindo sulfato de cálcio, que vai ao fundo do recipiente juntamente com a sujeira. Em seguida, a água deve ser passada por um filtro, que pode ser até mesmo uma camiseta de algodão limpa. Para finalizar, deve-se esperar por 20 minutos para que ocorra a ação bactericida dos íons hipoclorito, ClO^- . Assim, em pouco tempo, uma água barrenta ou contaminada se transforma em água limpa para o consumo.

Dois processos de separação de misturas descritos no texto são:

- A) destilação e filtração.
- B) decantação e filtração.
- C) decantação e levigação.
- D) centrifugação e filtração.
- E) centrifugação e destilação.

QUESTÕES PROPOSTAS

Questão 1. (UNITAU-SP) Sobre o Aquecimento Global, é CORRETO afirmar:

- A) Não afeta áreas litorâneas, por serem áreas pouco habitadas e, por isso, estarem menos suscetíveis aos impactos do Aquecimento Global.
- B) Atinge apenas países em desenvolvimento, uma vez que, nesses países, não há investimento adequado em energias renováveis e em tecnologias alternativas.
- C) É irreversível e constante, aumentando ininterruptamente, ou seja, uma vez tendo sido iniciado o processo de Aquecimento Global, não há como reverter o quadro.
- D) A Dinamarca foi escolhida como sede do Encontro COP/15, por ser, historicamente, o país com taxas mais elevadas de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE's).
- E) De acordo com a maior parte dos cientistas, é majoritariamente causado pela emissão dos chamados Gases do Efeito Estufa (GEE's), obtidos a partir da queima de combustíveis fósseis.

Questão 2. (ENEM) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado — apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vendem créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto. Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o

A) etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.

B) gás natural, formado pela ação de fungos decompositores da matéria orgânica.

C) óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias.

D) gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica.

E) gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.

Questão 3. (Enem 2014) Em 1872, Robert Angus Smith criou o termo “chuva ácida”, descrevendo precipitações ácidas em Manchester após a Revolução Industrial. Trata-se do acúmulo demorado de dióxido de carbono e enxofre na atmosfera que, ao reagirem com compostos dessa camada, formam gotículas de chuva ácida e partículas de aerossóis. A chuva ácida não necessariamente ocorre no local poluidor, pois tais poluentes, ao serem lançados na atmosfera, são levados pelos ventos, podendo provocar a reação em regiões distantes. A água de forma pura apresenta pH 7 e, ao contatar agentes poluidores, reage, modificando seu pH para 5,6 e até menos que isso, o que provoca reações que deixam consequências.

Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br>. Acesso em: 18 maio 2010 (adaptado).

O texto aponta para um fenômeno atmosférico causador de graves problemas ao meio ambiente: a chuva ácida (pluviosidade com pH baixo). Esse fenômeno tem como consequência

- A) a corrosão de metais, pinturas, monumentos históricos, destruição da cobertura vegetal e acidificação dos lagos.
- B) a diminuição do aquecimento global, já que esse tipo de chuva retira poluentes da atmosfera.
- (C) a destruição da fauna e da flora, e redução dos recursos hídricos, com o assoreamento dos rios.
- D) as enchentes, que atrapalham a vida do cidadão urbano, corroendo, em curto prazo, automóveis e fios de cobre da rede elétrica.
- E) a degradação da terra nas regiões semiáridas, localizadas, em sua maioria, no Nordeste do nosso país.

Questão 4. (UDESC) A preocupação com as questões ambientais tem aumentado significativamente nas últimas décadas. A degradação da camada de ozônio, por exemplo, foi foco de discussões atuais, uma vez que tal camada tem importante função de proteger o planeta Terra, absorvendo grande parte da radiação UV (ultravioleta) dos raios solares. Sobre a informação, assinale a alternativa incorreta.

- A) O ozônio (O_3) é um alótropo do gás oxigênio (O_2).
- B) A camada de ozônio pode sofrer decomposição em função dos óxidos de nitrogênio emitidos por automóveis.
- C) Os átomos de cloro, provenientes dos CFCs (clorofluorcarbonos), atuam como catalisadores na reação em que o $O_{3(g)}$ é convertido em $O_{2(g)}$.
- D) A molécula de ozônio possui apenas ligações covalentes simples.
- E) O ozônio (O_3) é um gás e pode ser classificado como uma substância simples.

Questão 5. (Enem) Cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos contendo elementos tóxicos. Entre esses elementos estão metais pesados como o cádmio, o chumbo e o mercúrio, componentes de pilhas e baterias, que são perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Quando descartadas em lixos comuns, pilhas e baterias vão para aterros sanitários ou lixões a céu aberto, e o vazamento de seus componentes contamina o solo, os rios e o lençol freático, atingindo a flora e a fauna. Por serem bioacumulativos e não biodegradáveis, esses metais chegam de forma acumulada aos seres humanos, por meio da cadeia alimentar. A legislação vigente (Resolução CONAMA no 257/1999) regulamenta o destino de pilhas e baterias após seu esgotamento energético e determina aos fabricantes e/ou importadores a quantidade máxima permitida desses metais em

ANEXO B

Declaração de Consentimento Institucional da Secretária Geral da URE -
Chapadinha

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INSTITUCIONAL

Unidade Regional de Educação (URE)
Chapadinha, Maranhão
22 de junho de 2024

Ao

Grupo de Pesquisa em Tecnologia Educacional e Ensino de Química da
Universidade Estadual de Londrina

Att: Anne Catherine da Luz dos Santos

Autorização para realização de pesquisa científica com estudantes menores de 18 anos em escolas da rede estadual do Maranhão, nos municípios pertencentes à regional de Chapadinha.

Prezados (as),

A Unidade Regional de Educação de Chapadinha, por meio desta declaração, manifesta seu consentimento para a realização da pesquisa intitulada "*O uso de Software de Simulação Digital no Ensino de Química: Uma Análise à Luz do Conectivismo e da Aprendizagem Significativa*", conduzida por Anne Catherine da Luz dos Santos, vinculada ao Grupo de Pesquisa em Tecnologia Educacional e Ensino de Química da Universidade Estadual de Londrina.

A pesquisa tem como objetivo investigar como o uso de simulações digitais (*PhET Simulation*) no Ensino de Química, influencia a interação dos alunos e a apropriação do conteúdo, fundamentado na teoria Conectivista e na Aprendizagem Significativa. Será realizada com estudantes regularmente matriculados no Centro de Ensino Alfredo Duailibe, município de Paulino Neves/MA, respeitando todas as normas éticas e legais vigentes, conforme estabelecido pela Resolução CNS nº466/2012 e demais regulamentações do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP).

A participação dos estudantes será voluntária. Além disso, garantimos que todos os dados coletados serão utilizados exclusivamente para fins científicos, assegurando sigilo e confidencialidade.

Desta forma, a Unidade Regional de Educação de Chapadinha autoriza a realização da pesquisa, dentro dos parâmetros acordados, estando ciente de que pode solicitar informações adicionais ou interromper a autorização caso necessário.



Jane Siles M. da S. Costa
Diretora Regional de Educação
URE - Chapadinha
Matrícula 651146-00

Documento assinado digitalmente
gov.br ANNE CATHERINE DA LUZ DOS SANTOS
DATA: 11/02/2025 11:51:52-0300
Verifique em <https://validar.jo.gov.br>

Jane Siles M da Silva Costa

Diretora Regional de Educação

Unidade Regional de Educação (URE) –
Chapadinha

Anne Catherine da Luz dos Santos

Pesquisadora

Grupo de Pesquisa em Tecnologia
Educativa e Ensino de Química (GPTEEQ) da
Universidade Estadual de Londrina (UEL)