

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EM QUÍMICA
DIEGO PINTO DE ALMEIDA

A CIBERCULTURA NO ENSINO DE QUÍMICA: Empregando o Chat GPT
para desenvolver uma Sequência Didática sobre o Aquecimento Global

RIO DE JANEIRO
2025

Diego Pinto de Almeida

A CIBERCULTURA NO ENSINO DE QUÍMICA: Empregando o Chat GPT
para desenvolver uma Sequência Didática sobre o Aquecimento Global

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química EAD, do Instituto de Química (IQ), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

Orientador: Profa. Dra. Célia Regina de Sousa da Silva

Coorientador: Profa. Dra. Priscila Tamiasso-Martinhon

RIO DE JANEIRO

2025

CIP - Catalogação na Publicação

P727c

Pinto de Almeida, Diego

A CIBERCULTURA NO ENSINO DE QUÍMICA: Empregando o Chat GPT para desenvolver uma Sequência Didática sobre o Aquecimento Global / Diego Pinto de Almeida. -- Rio de Janeiro, 2025.

104 f.

Orientadora: Célia Regina de Sousa da Silva.

Coorientadora: Priscila Tamiasso-Martinhon.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Licenciado em Química, 2025.

1. Carl Rogers. 2. Educação Ambiental. 3. Efeito Estufa. 4. Inteligência Artificial. I. Regina de Sousa da Silva, Célia, orient. II. Tamiasso Martinhon, Priscila, coorient. III. Título.

DIEGO PINTO DE ALMEIDA

A CIBERCULTURA NO ENSINO DE QUÍMICA: Empregando o Chat GPT
para desenvolver uma Sequência Didática sobre o Aquecimento Global

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química EAD, do Instituto de Química (IQ), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

Aprovada em 28 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Célia Regina de Sousa da Silva (Orientadora)
Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Priscila Tamiasso-Martinhon (Coorientador)
Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Grazieli Simões
Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Angela Sanches Rocha
Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

RIO DE JANEIRO
2025

Dedico ao meu pai (in memoriam), pelo exemplo de sabedoria, amor e cuidado com a família, e pelos valores que me ensinou ao longo da vida; à minha mãe, que acreditou na minha capacidade para conquistar meu diploma; ao meu irmão, que sempre esteve ao meu lado, à minha esposa, por todo apoio, carinho e dedicação; aos meus alunos, que confiaram no meu trabalho; às professoras Célia, Priscila, Kedma, Mara e à Diretora Marta, que me deram apoio e compreensão e me incentivaram a persistir e a seguir em frente nos momentos mais difíceis dessa jornada acadêmica

AGRADECIMENTOS

Agradeço a integral das energias onipotentes e onipresentes que Governa o Universo, popularmente conhecida como Deus, Tupã, Yahweh, Alá, Buda, Olorum entre outras intitulações peculiares da sua magnitude. Sou grato à força dominante do universo que influencia toda proeza científica e tecnológica, a qual possibilitou as ferramentas necessárias para o meu desenvolvimento intelectual, permitindo-me concluir a graduação.

Ao meu pai, que administrou nossa família até o último instante de sua vida neste mundo de provas e expiações, à minha mãe, que faz impossível para que eu alcançasse o meu diploma, ao meu irmão, que sempre me incentivou e ajudou desde a infância, à minha esposa, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me incentivando em cada passo dessa trajetória.

A tia Leci, que me acolheu em sua casa nos primeiros anos da faculdade. Ao tio Luiz e tia Zinha.

As minhas amigas Solange, Helene e Paula, que foram companheiras no período universitário.

A todos os professores que compartilharam seus conhecimentos, especialmente Wanderson, Rodrigo Vasconcelos, Roberto, Acácio, Amilton, Francisco, Joaquim e Kedma. A Diretora Marta pela sua atenciosidade e comprometimento com a formação acadêmica.

Às minhas orientadoras, professoras Célia e Priscila, agradeço pela atenciosidade e paciência que tiveram comigo ao longo de toda a jornada acadêmica. Cada conselho, cada palavra, cada correção foram essenciais para a formação da minha identidade docente. Vocês me ensinaram que é preciso persistência e coragem para chegar até aqui. Sou imensamente grato por todo aprendizado compartilhado e pela generosidade em me acompanhar nesse processo formativo do magistério.

A toda equipe do Colégio Municipal Deputado Câmara Torres que me acolheram e propiciaram o aperfeiçoamento da minha didática. Aos meus alunos que participaram da minha caminhada como professor incentivando e acreditando no meu trabalho.

A meu mentor espiritual que está me protegendo e guiando em todas as circunstâncias.

A todos irmãos presentes no plano espiritual.

“Não podemos ensinar a outra pessoa diretamente; só podemos facilitar sua aprendizagem”

(Carl Rogers)

RESUMO

ALMEIDA, Diego Pinto de. **A CIBERCULTURA NO ENSINO DE QUÍMICA:** Empregando o Chat GPT para desenvolver uma Sequência Didática sobre o Aquecimento Global. Orientadoras: Dra. Priscila Tamiasso-Martinhon e Dra. Célia Regina Sousa da Silva. Rio de Janeiro, 2025. 94 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

A intensificação do efeito estufa, provocada por ações antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis e atividades industriais, têm aumentado a temperatura da Terra, resultando no aquecimento global. Nesse contexto, a Educação Ambiental é fundamental para formar cidadãos conscientes e ativos, e o ensino de Química é essencial para fornecer a base científica necessária para compreender e enfrentar as mudanças climáticas. Este trabalho tem como objetivo implementar um protocolo para viabilizar o uso da Inteligência Artificial (IA) pelos professores na produção de materiais didáticos relacionados ao aquecimento global, ampliando a reflexão crítica docente quanto ao uso dessas tecnologias. A metodologia adotada é de natureza qualitativa descritiva, fundamentada na perspectiva Discente~Docente~Aprendente (DDA), experienciada no diálogo e na criticidade para a construção do conhecimento. O percurso metodológico foi dividido em três etapas. Na primeira etapa, foram elaborados prompts para a criação de um questionário inicial, uma lista de exercícios e a proposta da Sequência Didática (SD), os quais foram analisados pelo docente, considerando sua coerência com os objetivos de aprendizagem estabelecidos. A segunda etapa envolveu a simulação virtual PhET Efeito Estufa, como recurso multimídia interativo. E a terceira etapa consistiu na elaboração da SD por meio do ChatGPT. A pesquisa está alicerçada na Teoria Humanista de Carl Rogers, que propõe uma abordagem centrada no aluno, com o professor atuando como facilitador da aprendizagem. Essa abordagem visa desenvolver a autonomia dos discentes e fomentar uma participação ativa, incentivando o despertar de uma consciência crítica que os leve a buscar soluções para mitigar os problemas socioambientais. Embora a SD não tenha sido aplicada, os resultados parciais obtidos indicam que o Chat GPT pode ser um aliado na educação, auxiliando professores na criação de materiais didáticos para facilitar a aprendizagem de conceitos químicos e temas contemporâneos. Assim, este trabalho contribuiu significativamente para a formação do discente como futuro docente, promovendo reflexões sobre o uso pedagógico da IA no ensino de Química.

Palavras-chave: Carl Rogers, Educação Ambiental, Efeito estufa, Inteligência Artificial.

ABSTRACT

ALMEIDA, Diego Pinto de. **CYBERCULTURE IN CHEMISTRY TEACHING:** Using GPT Chat to develop a Teaching Sequence on Global Warming. Advisors: Dr. Priscila Tamiasso-Martinhon and Dr. Célia Regina Sousa da Silva. Rio de Janeiro, 2025. 94 p. Course Completion Work (Degree in Chemistry) – Institute of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

The intensification of the greenhouse effect, caused by human actions, such as the burning of fossil fuels and industrial activities, has increased the Earth's temperature, resulting in global warming. In this context, Environmental Education is essential to educate conscious and active citizens, and teaching Chemistry is essential to provide the scientific basis necessary to understand and face climate change. This work aims to implement a protocol to enable the use of Artificial Intelligence (AI) by teachers in the production of teaching materials related to global warming, expanding the critical reflection of teachers regarding the use of these technologies. The methodology adopted is of a descriptive qualitative nature, based on the Student~Teacher~Learner (DDA) perspective, experienced in dialogue and criticality for the construction of knowledge. The methodological path was divided into three stages. In the first stage, prompts were prepared for the creation of an initial questionnaire, a list of exercises and the proposal of the Didactic Sequence (DS), which were analyzed by the teacher, considering their coherence with the established learning objectives. The second stage involved the virtual simulation PhET Greenhouse Effect, as an interactive multimedia resource. And the third stage consisted of the development of the SD through ChatGPT. The research is based on Carl Rogers' Humanist Theory, which proposes a student-centered approach, with the teacher acting as a facilitator of learning. This approach aims to develop students' autonomy and foster active participation, encouraging the awakening of a critical awareness that leads them to seek solutions to mitigate socio-environmental problems. Although the SD was not applied, the partial results obtained indicate that Chat GPT can be an ally in education, helping teachers in the creation of teaching materials to facilitate the learning of chemical concepts and contemporary themes. Thus, this work contributed significantly to the training of students as future teachers, promoting reflections on the pedagogical use of AI in the teaching of Chemistry.

Key-Words: Carl Rogers, Environmental Education, Greenhouse Effect, Artificial Intelligence.

PRELÚDIO

Ao refletir sobre minha trajetória acadêmica, percebo que a escolha por ser um educador e seguir a docência não foi imediata, mas construída ao longo das minhas experiências, que despertaram em mim a vontade de compartilhar e construir conhecimentos. Cada etapa foi marcada por desafios que ajudaram na construção do meu devir docente. Essa jornada teve início na minha cidade, Passa Três, um pequeno distrito do Estado do Rio de Janeiro, com um contexto histórico significativo durante o ciclo do café, pois desempenhava um papel crucial para o escoamento dessa commodity, pertencendo à nossa querida São João Marcos, a primeira cidade tombada pelo patrimônio histórico e a única destombada para fazer a represa que, posteriormente atenderia a demanda da capital fornecendo recursos hídricos e energia elétrica. Nesse contexto local, guardo memórias afetivas do Colégio Estadual Alfredo Pujol, onde cursei todo o Ensino Fundamental.

O Ensino Médio foi realizado na cidade de Barra Mansa, no colégio Ces-Centro de Estudos Supletivo-Prof Dary Ferreira Pinto de Oliveira. Ao concluir essa etapa, tive a oportunidade de ingressar em curso pré-vestibular, com o objetivo inicial de prestar vestibular para Geologia ou Geofísica, pois na época, profissionais dessas áreas estavam sendo bem remunerados. A maioria dos alunos almejava o curso de medicina e frequentemente se reuniam para estudar, e como eu tinha facilidade com as disciplinas de exatas, fui convidado a participar dos encontros, explicando conteúdos que muitos consideravam complexos. Foi nesse momento que comecei a me interessar em compartilhar conhecimentos, atividade que já realizava de forma espontânea e que era bem recebida pelos meus colegas. Durante esse período, tive uma aproximação mais significativa com a disciplina de Química e fiquei impressionado com a imensidão de saberes que essa ciência abrange, e como esses conhecimentos estão presentes no nosso cotidiano e nos ajudam a compreender o mundo ao nosso redor. Com o tempo, refleti e percebi que a escolha de uma profissão não deve ser guiada apenas pelos benefícios econômicos, mas, sobretudo, por aquilo que desperta um propósito e um verdadeiro sentido em nossa vida.

Esse processo despertou o desejo de ser um educador, com o propósito de contribuir para a formação de outros alunos. Logo, optei por fazer Licenciatura em Química e escolhi o CEDERJ - pólo de Angra dos Reis, por ser um curso ministrado pela UFRJ. No começo foi desafiador, pois tive que morar de favor na casa da minha tia. E, depois de três anos, tive a oportunidade de alugar um kitnet, o que me proporcionou mais independência para focar no

meu desenvolvimento acadêmico. A cada período concluído, as aulas práticas experimentais despertavam minha curiosidade e interesse por essa ciência fascinante.

Na disciplina de Processos de Ensino e Aprendizagem de Química no Ensino Médio (PEAQUEM), estudei sobre os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), fiquei admirado com a capacidade didática desta ferramenta educacional digital. Em meados de 2016 comecei a fazer parte do projeto – Centro Integrado Empresa Escola (CIEE), como monitor de matemática e ciências. A partir dessa experiência refletir o quanto é necessário utilizar ferramentas pedagógicas mais persuasivas que alcancem as necessidades dos estudantes, pois me deparei com diversos indivíduos que possuíam limitações cognitivas e não compreendiam de forma significativa a disciplina de matemática, desenvolvendo certa hostilidade nessa matéria. Foi quando percebi que os recursos digitais podem se tornar aliados poderosos no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que estão presentes no universo dos adolescentes, que vivenciam a cibercultura.

Conforme os anos foram passando, minhas habilidades como monitor educacional foram se aprimorando, consequentemente cresceu o número de indivíduos em busca dos meus serviços explicativos, em meados de 2022, observei que muitos adolescentes estavam utilizando o sistema pré-treinado de linguagem da empresa OpenAI, popularmente conhecido como Chat GPT. Isso me levou a refletir sobre o papel da Inteligência Artificial (IA) na aprendizagem dos estudantes, pois, com o crescente uso das tecnologias digitais, percebo uma oportunidade única de inserir discussões sobre sustentabilidade no cotidiano dos jovens.

Nesse sentido, fiz um curso online sobre engenharia de *prompt*, ciência que investiga os comandos aplicados na IA e isso despertou o interesse para investigar como esses instrumentos podem ser empregados pelos docentes para criar materiais didáticos voltados para a conscientização ambiental no ensino de Química.

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 1 - Desenho esquemático dos 10 princípios da aprendizagem de Carl Rogers.....	33
Figura 2 - A cibercultura no contexto educacional.....	36
Figura 3 - Gerada pelo Chat GPT para ilustrar o processo interativo dos alunos no ambiente digital.....	37
Figura 4 - Representação de modelos químicos por meio de ferramentas tecnológicas.....	40
Figura 5 - Gerada pelo Chat GPT para ilustrar a IA.....	43
Figura 6 - Ilustração do Teste de Turing.....	44
Figura 7 - Ilustração do Teste da Sala Chinesa.....	45
Figura 8 - Gerada pelo Chat GPT para ilustrar a Inteligência Artificial Generativa.....	46
Figura 9 - Desenho esquemático do efeito estufa.....	50
Figura 10 - Tela de ondas.....	60
Figura 11 - Tela de fótons.....	60
Figura 12 - Tela de modelo de camada.....	61
Figura 13 - Prompt para elaboração do questionário inicial.....	63
Figura 14 - Esquema dos aspectos positivos e pontos de melhorias no questionário inicial.....	66
Figura 15 - Ilustração esquema PhET Efeito Estufa.....	75
Figura 16 - Concentração nula de GEE.....	76
Figura 17 - Prompt e imagem do planeta Terra sem a presença de GEE.....	76
Figura 18 - Concentração alta de GEE.....	77
Figura 19 - Prompt e imagem das consequências do aumento de GEE.....	77
Figura 20 - Concentração de GEE na Era Glacial.....	78
Figura 21 - Prompt e imagem simulando a vida humana na Era Glacial.....	78
Figura 22 - Concentração de GEE no ano de 1750.....	79

Figura 23 - Prompt e imagem que descreve a realidade em 1750.....	79
Figura 24 - Concentração de GEE no ano de 1950.....	80
Figura 25 - Prompt e imagem que descreve a realidade em 1950.....	81
Figura 26 - Concentração de GEE no ano de 2020.....	81
Figura 27 - Prompt e imagem que descreve a realidade em 2020.....	82

LISTA DE QUADROS

	página
Quadro 1 - Elaboração dos prompts.....	58
Quadro 2 - Questionário gerado pelo Chat GPT.....	64
Quadro 3 - Lista de exercícios gerados pelo Chat GPT.....	66
Quadro 4 - Sequência Didática gerada pelo Chat GPT.....	71
Quadro 5 - Desenho estrutural das aulas na Sequência Didática.....	100

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ACP - Abordagem Centrada na Pessoa
- Chat GPT - Conditional Hierarchical Attention Transformer Generative Pre-Trained Transformer
- GEE - Gases de Efeito Estufa
- IA - Inteligencia Artificial
- IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
- LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação
- NU - Nações Unidas
- OVA - Objeto Virtual de Aprendizagem
- ONU - Organização das Nações Unidas
- UNDRR - Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres

SUMÁRIO

	página
1 INTRODUÇÃO.....	22
1.1 JUSTIFICATIVA.....	24
1.1.1 Justificativa teórica.....	24
1.1.2 Justificativa legal.....	24
1.1.3 Justificativa prática.....	25
1.2 OBJETIVOS.....	26
1.2.1 Objetivos gerais.....	26
1.2.2 Objetivos específicos.....	26
1.2.3 Objetivos colaterais.....	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
2.1 A TEORIA HUMANISTA.....	28
2.2 ABORDAGEM CENTRADA NA PESSOA.....	30
2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM DE CARL ROGERS.....	31
2.4 O PROFESSOR COMO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA.....	34
3 A CIBERCULTURA NO CONTEXTO EDUCACIONAL.....	36
3.1 A CIBERCULTURA NA EDUCAÇÃO SOB A ÓTICA ROGERIANA...	36

3.2	A CIBERCULTURA E O ENSINO DE QUÍMICA.....	39
3.3	OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM.....	41
3.4	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	43
3.5	CHAT GPT.....	47
4	A CRISE CLIMÁTICA: EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL.....	49
4.1	COMPREENDENDO O EFEITO ESTUFA.....	49
4.2	A INTENSIFICAÇÃO DO EFEITO ESTUFA: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS.....	51
5	EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	53
5.1	TRAJETÓRIAS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SEU MARCO LEGAL.....	53
5.2	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE: TRANSFORMANDO CONSCIENTIZAÇÃO EM AÇÃO.....	54
6	PERCURSO METODOLÓGICO	57
6.1	PRIMEIRA ETAPA: ELABORAÇÃO DOS PROMPTS.....	58
6.2	SEGUNDA ETAPA: ESCOLHA DA SIMULAÇÃO VIRTUAL.....	59
6.3	TERCEIRA ETAPA: PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	61
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
7.1	FORMULAÇÃO DOS PROMPTS.....	63
7.2	SIMULAÇÃO VIRTUAL CONTEXTUALIZANDO O EFEITO ESTUFA.....	74

7.2.1	Primeira Simulação.....	75
7.2.2	Segunda Simulação.....	77
7.2.3	Terceira Simulação.....	78
7.2.4	Quarta Simulação.....	79
7.2.5	Quinta Simulação.....	80
7.2.6	Sexta Simulação.....	81
7.3	ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	83
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
9	PERSPECTIVAS.....	88
	REFERÊNCIAS.....	89
	ANEXO A.....	96
	ANEXO B.....	97
	ANEXO C.....	99

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global representa um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade no século XXI. O aumento da temperatura global tem desencadeado uma série de eventos climáticos extremos, como a acidificação dos oceanos, ondas de calor, secas e chuvas intensas. Esses eventos afetam a biodiversidade, a segurança alimentar, a estabilidade econômica, e a qualidade de vida, além de agravar as desigualdades sociais (Alpino *et al.*, 2022). A crise climática, portanto, não é apenas um fenômeno natural, pois abrange dimensões culturais, sociais, econômicas e políticas (Loureiro *et al.*, 2009).

As ações humanas, através da queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e as atividades industriais, têm intensificado a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), provocando o aumento da temperatura global e alterando os padrões climáticos de forma irreversível (Tolentino; Rocha-Filho, 1998). Diante dessa emergência climática, cada vez mais frequente e caracterizada por desastres naturais e danos econômicos, é primordial proporcionar às novas gerações meios para a análise e interpretação dos fenômenos climáticos, além do desenvolvimento de uma conscientização ambiental.

Neste contexto, a educação é essencial para a compreensão dos efeitos das mudanças climáticas, pois organiza os conhecimentos científicos e promove a conscientização ambiental. A partir dessa premissa, a Educação Ambiental (EA), torna-se uma ferramenta indispensável no campo educacional, desempenhando um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e responsáveis, preparando-os para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos (Loureiro *et al.*, 2009).

Porém, o ensino deve ultrapassar a leitura disciplinar compartimentada, adotando uma abordagem inter e transdisciplinar. Nesta perspectiva, o desafio no ensino de química é tornar o conhecimento mais atrativo e crítico, transformando os alunos em agentes ativos no seu processo de aprendizagem, levando-os a questionar as consequências dos desajustes climáticos em curto, médio e longo prazo (Pena-Veiga, 2023).

No ensino de química, para que os alunos tenham um aprendizado significativo e possam interpretar os fenômenos químicos e suas implicações no mundo real, é necessário compreender três níveis de representação: o macroscópico, no qual os alunos observam e descrevem as reações químicas visíveis; o microscópico, em que os fenômenos químicos são explicados a nível molecular; e o simbólico, representado por símbolos, fórmulas, equações e estruturas (Johnstone, 1993). Dessa forma, a disciplina de química devido à sua natureza

abstrata e não observável, é considerada pelos alunos uma ciência difícil (Giordan, 2008; Gabel; Briner; Haines, 1992). Dada essa complexidade, cabe ao professor o desafio de explicar os conceitos abstratos. Para isso, é necessário desenvolver estratégias pedagógicas que ajudem a superar as lacunas na compreensão da ciência química, facilitando o aprendizado dos alunos.

Nesse contexto, torna-se relevante empregar as ferramentas digitais, como animações, gráficos, simulações e a Inteligência Artificial (IA), no ensino de química para representar modelos abstratos, de forma que os alunos podem visualizar e interagir com as atividades propostas, facilitando a compreensão dos conceitos químicos (Benedite; Benedite; Silva Filho, 2010). A cibercultura, compreendida como a interação entre a cultura contemporânea e as tecnologias digitais, permite a criação de novos ambientes educacionais. Isso transforma a maneira como os educadores e alunos aprendem e compartilham o conhecimento (Souza, 2022). Nesse panorama, os alunos podem participar ativamente do processo educacional, deixando de ser receptores passivos de informações (Souza, 2022).

Assim, a pesquisa busca abranger os princípios da Teoria Humanista do psicólogo Carl Rogers, que enfatiza que o aluno deve estar no centro do processo educativo. Para Rogers, todos os indivíduos têm o potencial para se desenvolver, desde que estejam em um ambiente empático que valorize tanto os aspectos cognitivos quanto os afetivos da aprendizagem (Lima; Barbosa; Peixoto, 2018). A Teoria Humanista reconhece a importância da promoção da autonomia do aluno, permitindo que esse indivíduo desempenhe um papel ativo em seu próprio processo de aprendizagem, com o professor atuando como facilitador. Esse princípio é crucial para a construção de um aprendizado significativo.

Partindo do pressuposto de que a cibercultura pode ser uma aliada na educação, a pergunta de pesquisa que orienta este estudo é: Como a inteligência artificial pode ser empregada de forma eficaz pelos docentes de química para elaborar atividades pedagógicas no contexto do aquecimento global?

O objetivo deste trabalho é implementar um protocolo para o uso da Inteligência Artificial (IA) por professores na produção de materiais didáticos e no planejamento de uma Sequência Didática (SD) para contextualizar o efeito estufa e o aquecimento global, conectando ao conceito de equilíbrio químico. A proposta visa ampliar a reflexão crítica docente sobre o uso pedagógico da IA, mais especificamente o Chat GPT. A metodologia será fundamentada numa pesquisa do tipo qualitativa, sendo estruturada na perspectiva Discente ~ Docente ~ Aprendente (DDA). Para a elaboração da SD será utilizada a plataforma da empresa OpenAI, junto com o objeto virtual de aprendizagem da Universidade do Colorado e

o *Conditional Hierarchical Attention Transformer - Generative Pre-Trained Transformer* (Chat GPT), utilizando comandos específicos (*prompts*) para organizar os conteúdos. Além disso, a pesquisa visa incentivar e estimular o pensamento crítico, promovendo a autonomia dos estudantes e a conscientização ambiental.

1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa foi dividida em teórica, legal e prática para contextualizar a pesquisa e embasar a prática pedagógica em conformidade com as leis e diretrizes educacionais vigentes.

1.1.1 Justificativa teórica

A cibercultura, conforme discutida por autores como Pierre Lévy e Manuel Castells, configura-se como um conjunto de técnicas, práticas, atividades e valores que surgem com o crescimento do ciberespaço, proporcionando novas formas de interação especialmente no campo educacional (Albino, 1999; Marin, 1999). Os autores refletem que as ferramentas virtuais estão amplamente disseminadas na sociedade, promovendo mudanças sociais, culturais e comunicacionais. Dessa forma, integrar elementos da cibercultura torna-se relevante no contexto do ensino de química, pois facilita o aprendizado, tornando o ensino interativo e personalizado, adaptável às necessidades e características individuais dos estudantes. De acordo com Carl Rogers (apud Moreira, 1999, p. 142), “a facilitação do aprendizado constitui a principal finalidade da educação”.

1.1.2 Justificativa legal

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394/1996 (LDB) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) enfatizam a importância da Educação Ambiental, para o desenvolvimento integral do aluno e sua capacitação. Esse enfoque é reforçado pelo inciso VI do § 1º do art. 225 da Constituição da República Federativa Brasileira de 1988, que assegura a promoção da Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização social para a preservação do meio ambiente. Mais recentemente foi sancionada a Lei nº 14.533 de 11 de janeiro de 2023, que institui a Política Nacional de Educação Digital, que incentiva a inclusão digital, e busca garantir que todos os alunos

tenham acesso a recursos e ferramentas digitais. Em consonância com essas Leis é importante conectá-las ao ensino de química para abordar a temática do aquecimento global, de forma que os alunos possam compreender os processos químicos que afetam o meio ambiente. Nesse sentido, nas aulas de química a implementação de experimentos virtuais podem analisar as consequências do aumento de gases de efeito estufa na atmosfera, outro exemplo, seria empregar o Chat GPT para desenvolver materiais didáticos sobre as questões ambientais. Dessa maneira, as ferramentas digitais podem ampliar as estratégias pedagógicas enriquecendo a aprendizagem de conceitos químicos e favorecendo a conscientização ambiental, além de contribuir para a formação de cidadãos mobilizados com as questões ambientais contemporâneas.

1.1.3 Justificativa prática

A integração dos recursos digitais no ensino de química, como o simulador PhET e a ferramenta de inteligência artificial Chat GPT, tem o potencial de tornar as aulas mais interativas e significativas para os estudantes. O PhET permite que os alunos manipulem variáveis, como a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, observando de forma dinâmica as alterações ao longo do tempo, principalmente após a Revolução Industrial, e compreendam como essas mudanças contribuem para o aquecimento global. Ao integrar o PhET e o Chat GPT nas aulas de química, o professor pode elaborar materiais didáticos mais específicos e interdisciplinares, relacionando conceitos químicos com a Educação Ambiental fomentando práticas mais sustentáveis. Dessa forma, os objetos virtuais de aprendizagem e o ChatGPT podem facilitar a aquisição de conhecimentos químicos complexos, além de estimular o pensamento crítico dos alunos sobre o impacto das ações antrópicas no meio ambiente, promovendo alternativas para a mitigação dos fenômenos climáticos fundamentados em uma base científica sólida.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos em geral, específicos e colaterais para facilitar a compreensão da metodologia utilizada e sua finalidade.

1.2.1 Objetivos gerais

Analisar como a Inteligência Artificial (IA), especificamente o ChatGPT, pode ser empregado pelo professor na elaboração de uma Sequência Didática (SD) sobre os fenômenos químicos relacionados ao aquecimento global, ampliando as estratégias pedagógicas no ensino de química e contribuindo para a conscientização ambiental.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver um protocolo para o uso pedagógico do Chat GPT por professores, para criar materiais didáticos, como questionários, lista de exercícios e uma proposta de Sequência Didática (SD), utilizando *prompts* específicos no ensino de química sobre o efeito estufa e aquecimento global, relacionando-os ao Princípio de Le Chatelier;
- b) empregar o simulador virtual PhET como recurso multimídia e estratégia para que os alunos compreendam como os GEE interagem com a atmosfera e estão relacionados com o aquecimento global;
- c) identificar os benefícios e as limitações da implementação das ferramentas como o PhET e Chat GPT na promoção da conscientização ambiental sobre o impacto das ações humanas no meio ambiente;
- d) propor estratégias para a implementação de práticas ciberculturais no ensino de química, visando aumentar o interesse dos alunos pela disciplina e reduzir a evasão escolar;
- e) realizar reflexões sobre como a Inteligência Artificial (IA) pode contribuir como uma aliada da educação, auxiliando professores na elaboração de atividades educacionais.

1.2.3 Objetivos colaterais

- a) Estimular os docentes a integrar ferramentas digitais nas aulas de química, como um recurso pedagógico para criar materiais didáticos complementares, promovendo uma aprendizagem mais pertinente dos conceitos químicos;
- b) desenvolver e implementar aulas práticas interdisciplinares, interconectando o Princípio de Le Chatelier, a sustentabilidade ambiental, e os recursos digitais para para desenvolver questões como aquecimento global;
- c) demonstrar como as ferramentas digitais podem inovar o processo de aprendizagem e tornar o ensino de química mais dinâmico e atrativo para o aluno, propiciando uma reflexão crítica no contexto ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base teórica deste trabalho visa expandir a perspectiva da Teoria Humanista de Carl Rogers, que destaca a importância de colocar o aluno no centro do processo de aprendizagem, refletindo sobre a necessidade de criar um ambiente educacional acolhedor e significativo. Nesse sentido, a cibercultura será inserida no ensino de química, para abordar a temática do aquecimento global, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e personalizado.

2.1 A TEORIA HUMANISTA

A Teoria Humanista, desenvolvida por psicólogos como Carl Rogers, enfatiza que o ser humano deve estar no centro do processo educativo, valorizando tanto os aspectos cognitivos quanto os motores e afetivos (Lima; Barbosa; Peixoto, 2018). Carls Rogers comprehende cada ser humano como um indivíduo único, e com uma tendência inata de autorregulação e crescimento. Ele acredita que todos possuem um potencial para se desenvolverem de maneira positiva, desde que estejam em um ambiente empático que ofereça aceitação incondicional. Assim, o processo educativo exige uma combinação entre a consciência e a vivência, na qual há uma interação genuína e congruente com o outro (Santos; Oliveira; Assad, 2021).

O Humanismo, também denominado como a Terceira Força na Psicologia, surgiu nos Estados Unidos (EUA) no final da década de 1950 e início da década de 1960, em um contexto de pós-guerra, caracterizado pela desesperança e crise de valores (Bezerra; Bezerra, 2012). A teoria humanista se destacou no campo de estudo da subjetividade, fundamentada em correntes filosóficas como a fenomenologia, o existencialismo e a autonomia funcional (Santos; Oliveira; Assad, 2021). De modo específico, essa abordagem propôs uma nova forma de compreender o ser humano, direcionada para a valorização de sua capacidade de autodeterminação e crescimento, em contraste com as concepções mecanicistas e deterministas que eram predominantes na psicologia da época (Santos; Oliveira; Assad, 2021; Bezerra; Bezerra, 2012).

Segundo Amatuzzi (2012), a Teoria Humanista fundamenta-se na promoção da autonomia, reconhecendo que o indivíduo detém um poder oriundo de suas decisões e escolhas. Essa independência é entendida como a capacidade do indivíduo de direcionar seu

próprio processo de aprendizado, desempenhando um papel ativo no seu percurso educacional.

Nesse sentido, o processo de ensino aprendizagem deve promover a participação ativa dos alunos e uma formação integral, colocando-os em contato com situações experimentais que facilitem a aprendizagem. Dentro dessa perspectiva, Rogers ressalta a importância do professor como mediador da aprendizagem e defende que,

[...] é pelo contato que se educa e que o professor deve ser um educador-facilitador, uma pessoa realmente presente para seus alunos. O educador não deve adotar um modelo único de facilitar o aprendizado, precisa colocar os interesses dos alunos em primeiro lugar, esse método consiste em o aluno seguir, aprendendo a aprender e o professor, sendo um facilitador dessa aprendizagem de forma singular e livre, com autenticidade, aceitação, confiança tanto em si como no aluno e compreensão empática. Sugere ainda a não padronização e a universalização dos comportamentos e sim a singularização e o respeito às diferenças, a relação aluno professor deve transcender a sala de aula porque a educação sem atuação é comparada ao adestramento, na prática educativa o aluno precisa ser ator do seu processo de aprendizagem, refletindo, questionando e fazendo escolhas (Rogers, 1985 *apud* Lima; Barbosa; Peixoto, 2018, p. 164).

Partindo dessa concepção, a educação não deve ser vista como um processo mecânico limitada à transmissão de conhecimentos, mas sim como um processo de construção conjunta do saber, na qual professor deve atuar como facilitador do conhecimento e acompanhar o desenvolvimento de competências e habilidades, considerando as percepções e concepções individuais dos alunos (Lima; Barbosa; Peixoto, 2018).

Dentro dessa perspectiva a interação entre professor e aluno é entendida como uma relação aberta e centrada na pessoa, em outras palavras, o aluno é o centro do processo, e o educador atua mais como facilitador do que como alguém que impõe o conhecimento. Esse tipo de abordagem, é essencial para gerar empatia no processo educacional, construindo um ambiente seguro e acolhedor para que os alunos possam expressar suas próprias necessidades e sentimentos, favorecendo seu processo de autoconhecimento e crescimento (Amatuzzi, 2012).

A abordagem humanista propõe uma relação dialógica que facilita um encontro entre predisposição, aceitação, compreensão e autenticidade (Amatuzzi, 2012). Essa interação não se resume à troca de ideias, mas cria um espaço no qual cada indivíduo é incentivado a se conectar com suas singularidades específicas, promovendo o crescimento pessoal e coletivo com respeito e empatia pelo outro.

Uma formação, à luz da Teoria Humanista, pode promover a valorização de aspectos humanos e sociais no processo educativo. Isso é importante, pois ao ser empregada no ensino

de química, essa abordagem tem grande potencial para estimular a reflexão sobre o impacto das ações humanas no planeta, formando indivíduos conscientes e comprometidos com a preservação ambiental.

2.2 ABORDAGEM CENTRADA NA PESSOA

A Abordagem Centrada na Pessoa (ACP), surgiu na década de 1940, foi elaborada por Carl Roger a partir de suas experiências clínicas e da insatisfação com as abordagens tradicionais da psicologia da época (como o behaviorismo), que se baseia na observação do comportamento, e a psicanálise clássica, focada na análise do inconsciente. De acordo com Amatuzzi (2012), essas abordagens dominantes na época, eram consideradas por Rogers como diretrivas, em que o terapeuta assume um papel ativo e controlador no processo de terapêutico, deixando de lado a subjetividade dos indivíduos (Amatuzzi, 2012).

A proposta da ACP consiste em três atitudes fundamentais que devem orientar o processo terapêutico a congruência ou autenticidade (ser honesto no processo de terapêutico), aceitação incondicional (acolher o cliente sem julgamentos) e a compreensão empática (capacidade de colocar-se no lugar do outro, sem perder a objetividade). Esse tripé é essencial para estabelecer uma relação genuína com o paciente, criando um ambiente acolhedor onde o indivíduo possa expressar suas emoções, ideias e experiências sem receio de julgamento. Assim, a ACP caracterizada por esse tripé fornece condições básicas e fundamentais para o crescimento pessoal do indivíduo, facilitando seu processo de autoconhecimento e sua transformação terapêutica (Amatuzzi, 2012).

De acordo com Amatuzzi (2012), Rogers relata que essa abordagem teve início a partir de uma experiência clínica em que precisou explicar as causas da aflição de um paciente à sua mãe. Essa mãe rejeitou suas explicações, no entanto quis fazer aconselhamentos com Rogers, que aceitou esse desafio e se viu sem nenhum esquema para direcionar nessa nova conversa. Neste contexto, Rogers “para fazer frente a ele, mobilizou em si um modo de ser, não uma técnica, que, quando aplicada àquela situação, resultava em algumas atitudes bem definidas” (Amatuzzi, 2012, p. 35). Dessa forma, sem recorrer aos métodos tradicionais e aos parâmetros diretrivos para o atendimento, empreendeu uma abordagem não diretiva, centrada em compreender a pessoa, oferecendo ajuda profissional baseada na autenticidade, aceitação incondicional e na compreensão empática para encaminhar a situação.

Segundo Amatuzzi (2012), Rogers percebeu que essas atitudes, enquanto um modo operante, não se restringiam àquela circunstância específica, mas poderia ser aplicadas em outras situações, abrangendo áreas como a educação, terapia e relações interpessoais, para o atendimento de crianças, psicóticos e em processos de ensino aprendizagem. Nesta perspectiva, a ACP representa um marco na psicologia humanista, com foco na emancipação do potencial humano e na criação de ambientes que favoreçam a liberdade e o respeito mútuo.

A transposição da ACP para o sistema educacional, é importante pois, coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem, estimulando sua autonomia e a responsabilidade na construção do conhecimento (Pinheiro; Batista, 2018). Na ACP o professor deve atuar como facilitador da mudança da aprendizagem, possibilitando um ambiente acolhedor em que os alunos se sintam à vontade para expressar suas dúvidas, ideias e emoções.

Outra atitude fundamental é o docente se colocar no lugar do discente sem fazer julgamentos, buscando compreender suas dificuldades cognitivas. Essas atitudes promovem um ambiente de confiança, contribuindo para uma aprendizagem significativa, provocando mudanças no comportamento do aluno, tornando-o mais autoconfiante e aberto a novas experiências no processo de aquisição do conhecimento científico por meio de uma prática reflexiva e original (Pinheiro; Batista, 2018).

2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM DE CARL ROGERS

Segundo Rogers, o processo de ensino e aprendizagem deve ser conduzido com atitudes humanistas, ou seja, centrado no aluno. O docente, nesse contexto, deve ser o facilitador da aprendizagem. Essa abordagem estabelece laços de respeito entre o docente e o discente, favorecendo uma relação de confiança entre ambos. Assim, o aluno desenvolve suas capacidades cognitivas de forma espontânea, uma vez que está inserido em um ambiente acolhedor que contribui para seu aprendizado (Amatuzzi, 2012).

Para Rogers, as metodologias tradicionais, que colocam o professor como transmissor do conhecimento e o aluno como ser passivo, inibem a aquisição do conhecimento. Na concepção de Rogers, esse modelo torna o estudante como um receptor de informações, sem haver questionamento e envolvimento pessoal. Além disso, o método tradicional, gera pressões psicológicas que podem afetar aspectos pessoais, como baixa autoestima e desmotivação. Isso cria um ambiente adverso para o estudante, podendo levar à evasão e ao desinteresse, comprometendo seu processo educacional (Oliveira *et al.*, 2021).

Nesse sentido, Rogers destaca que para haver uma aprendizagem significativa o aluno deve ser o protagonista do seu processo de aprendizagem, compreendendo que,

O aluno deve ser ativo, não passivo. Ela ou ele tem que aprender a interpretar, a negociar significados; tem que aprender a ser crítica (o) e aceitar a crítica. Receber acriticamente a narrativa do “bom professor” não leva a uma aprendizagem significativa crítica, a uma aprendizagem relevante, de longa duração; não leva ao aprender a aprender (Rogers, 1969 *apud* Moreira, 2011, p. 4).

Na perspectiva rogeriana, o aprendizado não deve ser reduzido à recepção passiva de informações, o aluno deve desenvolver habilidades críticas e criativas, para questionar as informações que são apresentadas de forma reflexiva e num processo contínuo ao longo de sua vida.

A premissa básica da psicologia rogeriana compreende que o homem quando em condições favoráveis, não ameaçadora tende a desenvolver o máximo de sua potencialidade (Moreira, 1999). A transposição da Abordagem Centrada na Pessoa de Carl Rogers, para o contexto educacional ocorreu através de uma longa jornada de experiências terapêuticas com pessoas, direcionadas para a auto-realização e crescimento pessoal (Moreira, 1999).

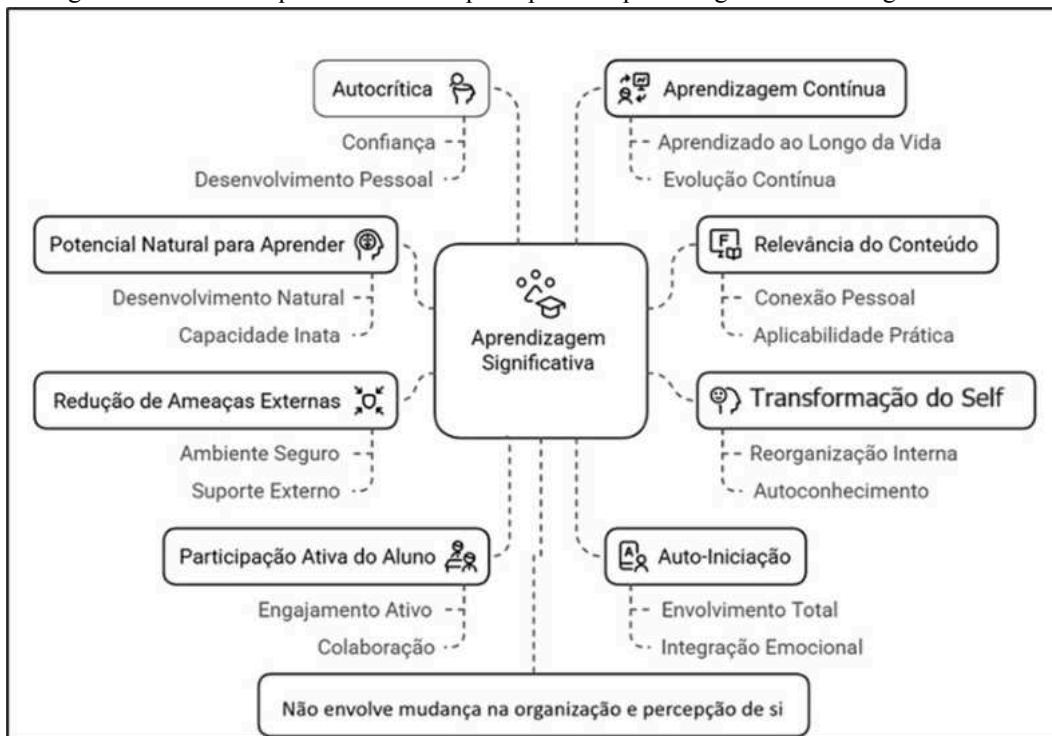
A partir dessas experiências terapêuticas, Carl Rogers, em 1969, expandiu os princípios da terapia centrada no cliente, propondo dez princípios ou normas de aprendizagem, com a abordagem centrada no aluno e na sua capacidade de aprendizagem (Moreira, 1999). De acordo com Moreira (1999), esses princípios são:

- 1) Os seres humanos têm um potencial natural para aprender [...] 2) A aprendizagem significativa ocorre quando o conteúdo é percebido pelo aluno como relevante para seus objetivos [...] 3) A aprendizagem que envolve mudança na organização do eu, na percepção de si, é ameaçadora e tende a provocar resistência [...] 4) As aprendizagens ameaçadoras ao eu são mais facilmente percebidas e assimiladas quando as ameaças externas se reduzem ao mínimo [...] 5) Quando é pequena a ameaça ao eu, é possível perceber a experiência de maneira diferenciada e a aprendizagem pode prosseguir [...] 6) Grande parte da aprendizagem significante é adquirida através de atos [...] 7) A aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsávelmente do processo de aprendizagem [...] 8) A aprendizagem auto-iniciada que envolve a pessoa do aprendiz como um todo - sentimentos e intelecto - é mais duradoura e abrangente [...] 9) A independência, a criatividade e a autoconfiança são todas facilitadas, quando a autocrítica e a autoavaliação são básicas e a avaliação feita por outros é de importância secundária [...] 10) A aprendizagem socialmente mais útil, no mundo moderno, é a do próprio processo de aprender, uma contínua abertura à experiência e à incorporação, dentro de si mesmo, do processo de mudança (Moreira, 1999, p. 144).

Esses princípios estão relacionados na Figura 1, e contribuem para que o estudante se envolva com o conteúdo de forma espontânea, proporcionando uma aproximação dialógica entre professor e aluno, facilitando o conhecimento. Além de contribuir para o

desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais essenciais para formar cidadãos conscientes e preparados para enfrentar os desafios da atualidade.

Figura 1. Desenho esquemático dos 10 princípios da aprendizagem de Carl Rogers



Fonte: Acervo do autor (2025).

Na área da educação, as propostas humanistas encontram respaldo na Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDB) 9.394/96, na Constituição da República Federativa do Brasil, no Relatório da UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI e nos Projetos Pedagógicos de Cursos. Esses documentos reconhecem a importância das práticas pedagógicas humanistas para promover uma formação contínua que valoriza o potencial humano, alinhado com os princípios da teoria humanista (Araújo; Vieira, 2013).

Em suma, os princípios da aprendizagem de Carl Rogers, buscaram transformar a educação em um processo mais humanizado, criando um ambiente de aprendizagem adaptado às necessidades dos alunos. Em que o professor desempenha o papel de facilitador para orientar os alunos no seu processo de aprendizagem.

2.4 O PROFESSOR COMO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Na abordagem humanista de Carl Rogers, a educação ocorre por meio do contato, e o professor deve agir de maneira a facilitar o processo de aprendizagem, atuando como um educador-facilitador, sendo presente para seus alunos (Sousa, 2021). Desse modo, o educador não deve seguir um modelo único e rígido de ensino, mas deve colocar os interesses dos estudantes em primeiro lugar.

O método defendido por Rogers está fundamentado na proposta de que o aluno deve continuar aprendendo a aprender, e o professor deve atuar como facilitador dessa aprendizagem, de maneira singular e livre, sendo genuíno, com aceitação e confiança tanto em si quanto no aluno, e sempre demonstrando empatia (Rogers, 1986). Nesse contexto, o professor não é um transmissor de conhecimento, seu papel é levar o aluno a ter as suas próprias experiências para que a partir delas o estudante tenha condições de autodirigir sua aprendizagem (Sousa, 2021). Nesse processo, o educador acredita no potencial do aluno, e desenvolve condições pedagógicas para que seu aluno possa desenvolver a autonomia.

No campo educacional, Rogers destacou algumas premissas singulares como condições facilitadoras para que o potencial humano de autorealização seja alcançado, conhecidas como a Tríade Rogeriana. A primeira é a “Consideração positiva”, que envolve aceitação, afeto e o respeito pelas opiniões e sentimentos dos outros, sem julgamentos. A segunda é a “Compreensão empática”, que é a capacidade de colocar-se no lugar do outro, deixando de lado suas próprias opiniões, buscando enxergar a situação sob a perspectiva do outro, praticando a escuta ativa. E a terceira é a “Congruência”, que requer uma postura autêntica e verdadeira diante do outro. Para ser congruente, o indivíduo precisa ser sincero consigo mesmo, aceitando seus próprios sentimentos e experiências (Araújo; Vieira, 2013).

Nesse sentido, para que o ensino seja construtivo, a Tríade Rogeriana deve estar presente no contexto escolar, com o docente criando um ambiente de aprendizagem seguro e acolhedor, que favoreça o desenvolvimento integral do aluno. Assim, a perspectiva humanista enfatiza a importância do professor na construção de relações de confiança e respeito mútuo entre educador e educando.

Se os professores aceitam os alunos como são, permitindo que expressem seus sentimentos e atitudes sem condenação ou julgamentos, planejam atividades de aprendizagem com eles, e não para eles, criam uma sala de aula livre de tensões e pressões emocionais. Essas condições propiciam uma aprendizagem bem diferente daquelas observadas em

situações nas quais essas condições não estão presentes. Portanto, a Teoria Humanista de Carl Rogers é primordial para o ensino de química, pois possibilita que os estudantes aprendam a base científica sobre o aquecimento global e desenvolvam habilidades críticas, e a consciência de sua responsabilidade socioambiental de forma afetiva.

3 A CIBERCULTURA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

A cibercultura (Figura 2) desempenha um papel fundamental na educação contemporânea, pois amplia o acesso ao conhecimento e a aprendizagem colaborativa, promovendo a interação entre alunos e professores por meio das ferramentas digitais (Machado; Arruda; Passos, 2021).

Figura 2. A cibercultura no contexto educacional



Fonte: <https://ceie.sbc.org.br/livrodidatico/index.php/formacaodocente/>

A integração das tecnologias digitais no ensino de química, como animações, simulações, e a Inteligência Artificial (IA), melhora a compreensão de conceitos complexos na química, possibilitando que os alunos visualizem fenômenos e reações, além de interagir com os elementos digitais, facilitando o aprendizado (Benite; Benite; Silva-Filho, 2011).

3.1 A CIBERCULTURA NA EDUCAÇÃO SOB A ÓTICA ROGERIANA

De acordo com Pierre Lévy, um dos principais teóricos da área, a cibercultura pode ser compreendida como um conjunto de práticas culturais, atitudes, modos de pensamentos, e valores que se formam no ciberespaço, onde as tecnologias digitais se inserem no cotidiano dos indivíduos (Benedite; Silva Filho, 2010). Dentro desse contexto, o ciberespaço se insere, representando um ambiente virtual onde ocorrem interações sociais, culturais e econômicas em tempo real. No ciberespaço, as pessoas podem se conectar, compartilhar informações, colaborar e aprender de maneiras que não eram possíveis antes da era digital (Souza, 2022).

Essa cultura emergiu com o avanço da computação e o crescimento do uso de dispositivos móveis, transformando a forma como as pessoas aprendem e interagem entre si (Souza, 2022). Essa inovação tecnológica proporciona uma experiência personalizada e imersiva, transcendendo as limitações físicas e geográficas. Isso permite a troca de informações e a criação do conhecimento coletivo em uma escala global (Souza, 2022). Como resultado, as ferramentas tecnológicas, como as simulações computacionais e os ambientes virtuais, tiveram grande impacto na educação, alterando contextos e criando novas conexões. Isso tornou o acesso à informação mais democrático permitindo que alunos e professores usem diversos recursos virtuais no seu cotidiano.

A cibercultura influenciou as dinâmicas no processo de ensino aprendizagem, permitindo que os alunos participem de salas de tutoriais, fóruns educativos e debates discursivos. Para Souza (2022), as ferramentas digitais têm promovido uma revolução na educação, tornando o aprendizado mais acessível, interativo e dinâmico (Figura 3).

Figura 3. Gerada pelo Chat GPT para ilustrar o processo interativo dos alunos no ambiente digital.



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Dessa forma, conhecimentos que antes eram considerados complexos podem ser mais facilitados por meio dos recursos tecnológicos, enriquecendo o processo educativo

promovendo a interatividade e a colaboração entre estudantes e professores (Souza, 2022). Além disso, os recursos digitais permitem o acesso a uma vasta quantidade de informações e recursos educacionais online, possibilitando uma aprendizagem flexível e personalizada às necessidades dos alunos.

Segundo com Moreira (1999), Carl Rogers defendia que a facilitação da aquisição do conhecimento é o objetivo maior da educação. Nesse sentido, as condições proporcionadas pelo espaço virtual tornam-se ferramentas facilitadoras, pois permitem o acesso amplo, sem limite de tempo ou restrições de local, oferecendo diversos ambientes de aprendizagem. Assim, os recursos digitais facilitam a busca por informações e promovem uma aprendizagem interativa, permitindo que o aluno assuma um papel ativo em seu processo de ensino. Além do mais, as tecnologias estão presentes em seu cotidiano, tornando a aprendizagem mais significativa para o estudante. Nesse propósito,

A aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsávelmente do processo de aprendizagem: Quando o aluno escolhe suas próprias direções, descobre seus próprios recursos de aprendizagem, formula seus próprios problemas, decide sobre seu próprio curso de ação, vive as consequências de cada uma dessas escolhas, a aprendizagem significativa é maximizada (Moreira, 1999, p. 144).

Quando o aluno desenvolve uma postura ativa no seu processo de ensino aprendizagem cria-se um ambiente que favorece a autonomia e a tomada de decisões ao longo do percurso educativo. Assim, o conhecimento experienciado pelo aluno é transformado em uma aprendizagem significativa, e o professor assume o papel de facilitador, orientando o discente no desenvolvimento de suas habilidades de construção do conhecimento e pensamento crítico. Essa postura proativa estimula a curiosidade e o comprometimento pessoal, permitindo que o educando tenha autonomia ao buscar por informação. Isso pode ser relacionado à cibercultura, por exemplo, quando os alunos acessam vídeos e atividades educativas para sanar dúvidas de um determinado conteúdo.

A cibercultura representa um universo dinâmico e multifacetado, no qual diferentes ferramentas didáticas e pedagógicas podem se adaptar às necessidades de cada indivíduo. Essa ferramenta digital gera eficácia no aprendizado devido à sua versatilidade de realizar buscas, selecionar informações e avaliar o conhecimento. Nesse sentido, a cibercultura amplia as formas de aprendizagem, criando novas formas de comunicação e interação colaborativa (Souza, 2022). Neste contexto, a cibercultura pode ser uma aliada no ensino de química, desenvolvendo uma formação humanista, estimulando os discentes não apenas a

compreender os fenômenos químicos, mas também a se envolverem de maneira reflexiva em questões ambientais globais.

3.2 A CIBERCULTURA E O ENSINO DE QUÍMICA

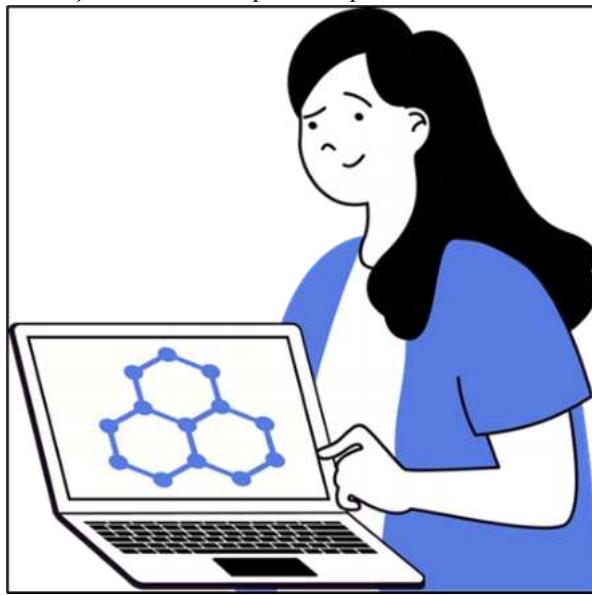
A integração da cibercultura no ensino de química pode facilitar a compreensão de conceitos abstratos e complexos na química. De acordo, com Benite, Benite e Silva-Filho (2011), a cibercultura cria novas formas de comunicação e interação colaborativa. Esse processo de comunicação proporcionado pelas ferramentas computacionais permite a representação e a transformação da comunicação química. No ensino de química, a construção do conhecimento sobre átomos e moléculas é realizado de forma representativa e sob o ponto de vista teórico (Rosa; Schnetzler, 1998). Em outras palavras, os alunos sentem dificuldades em associar o fenômeno observável da interpretação teórica. Para Rosa e Schnetzler (1998), essa dificuldade está atrelada a,

[...] ausência de limites entre o observável (fenomenológico) e o nível explicativo ou interpretativo (nível atômico-molecular) parece se atribuir às dificuldades dos(as) alunos(as) em compreender o papel dos modelos teóricos na interpretação de fenômenos e a deficiências na construção de outros conceitos fundamentais do conhecimento químico (Rosa; Schnetzler, 1998, p. 33).

Devido a natureza dual da química, que possui especificidades reais e visíveis tanto no nível macroscópico quanto no nível submicroscópico, é comum os estudantes apresentarem dificuldades na compreensão de determinados conceitos químicos. Portanto, no ensino de química há uma necessidade de abstração para alcançar o entendimento das entidades químicas. Assim, considerando que as ferramentas digitais fornecem um meio de tornar visíveis os fenômenos químicos complexos, os Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA), podem ser empregados como estratégias que melhoram a capacidade dos alunos de visualizar e compreender esses fenômenos de forma mais efetiva (Benite; Benite; Silva-Filho, 2011).

Segundo Benite, Benite e Silva Filho (2011), os programas computacionais possibilitam a comunicação química, permitindo que os estudantes visualizem e interajam com os modelos químicos (Figura 4).

Figura 4. Representação de modelos químicos por meio de ferramentas tecnológicas.



Fonte: <https://iconscout.com/pt/illustrations/estrutura-quimica>

As simulações e representações das entidades químicas são um método de comunicação. Isso significa que o professor pode empregar essas ferramentas em suas aulas para facilitar a comunicação dos conceitos químicos. Nesse cenário, a utilização do ciberespaço possibilita que os discentes realizem experimentos empíricos de modo virtual, sendo fundamentados pelo método científico.

Teruya *et al.* (2013) ressaltam que muitos pesquisadores da educação e professores de química têm reconhecido a importância das simulações digitais com finalidade didática para melhorar a compreensão dos conceitos químicos. Esses recursos ao serem integrados nas aulas, contribuem engajando os alunos nas atividades propostas pelo professor, comunicando o conhecimento e ajudando-os a construir suas hipóteses e argumentos. Dessa forma, “a aprendizagem auto-iniciada que envolve a pessoa do aprendiz como um todo – sentimentos e intelecto – é mais duradoura e abrangente” (Moreira, 1999, p. 144).

No processo de ensino aprendizagem o aprendiz deve ser compreendido como um personagem dotado de potenciais que favorecem a absorção de conhecimento, mas para isso deve envolver-se extensivamente. No pensamento rogeriano a instigação do homem para aprender está pautada na coerência de conteúdos, ou seja, deve ser relevante para o seu desenvolvimento humano, cultural e profissional. A partir dessa perspectiva, as atividades didáticas disponibilizadas pelas tecnologias no ambiente virtual são de grande relevância, em função de gerar conteúdos pedagógicos que estabelecem uma analogia com as experiências contemporâneas vividas pelos estudantes, como, por exemplo, a crise climática. Dessa

maneira, a cibercultura permite criar um ambiente mais acolhedor, em que o aluno tenha total capacidade de aprender de forma significativa.

Segundo Moreira (1999), Rogers entendia que a aprendizagem significante vai além da acumulação de conhecimentos. Trata-se de um processo que transforma o comportamento dos indivíduos, influenciando em suas escolhas e atitudes. Nesse contexto, o aprendizado é centrado no aluno enquanto o professor assume o papel de facilitador, incentivando-o a ser ativo na construção do seu próprio saber.

Nesse sentido, Rogers defendia que

A aprendizagem significante ocorre quando a matéria de ensino é percebida pelo aluno como relevante para seus próprios objetivos” (Rogers apud Moreira, 1999, p. 143). A pessoa aprende significativamente apenas aquilo que ela percebe como envolvido na manutenção e engrandecimento do seu próprio eu (tendência à auto-realização). Rogers dá como exemplo dois alunos em um curso de estatística: um deles desenvolvendo um projeto no qual necessita usar o conteúdo do curso, e o outro fazendo-o apenas porque é obrigatório. Indiscutivelmente, as aprendizagens serão diferentes (Moreira, 1999 p. 143-144).

A partir dessas considerações, a inserção dos recursos pedagógicos da cibercultura no ensino de química possibilita organizar o conhecimento por meio de diversas representações da realidade, como os Objetos Virtuais de Aprendizagem, animações, vídeos, simulações e a Inteligência Artificial como o Chat GPT.

3.3 OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Os recursos tecnológicos educacionais disponibilizados na Internet têm desencadeado significativas transformações no processo de ensino e aprendizagem. Esses recursos digitais conhecidos como Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA), são definidos por Willey (2000), como “qualquer recurso digital que possa ser utilizado pelos professores e alunos como suporte ao ensino”. Atualmente, a Internet disponibiliza diversos projetos gratuitos como laboratórios virtuais, vídeos, animações, jogos, áudios e softwares educacionais, que abrangem conteúdos produzidos para todos os níveis de ensino, desde o fundamental ao superior (Menezes, 2014).

De acordo com Longmire (2001), os objetos virtuais de aprendizagem possuem algumas características como: flexibilidade (podem ser adaptados a diferentes contextos); facilidade para atualização (são atualizados automaticamente e em tempo real); customização (podem ser personalizados conforme as necessidades dos alunos); interoperabilidade (existe um padrão para o armazenamento dos OVA que possibilita a reutilização desses objetos em

diversas plataformas); aumento do valor de um conhecimento (quando um OVA é reutilizado e aprimorado, adquire valor educacional) e, a indexação e procura (que refere-se a facilidade de busca e acesso em repositórios online).

No entanto, o emprego desses recursos pedagógicos depende de um contexto específico, combinado a uma orientação do professor, que atua como facilitador do processo de ensino. Para que o OVA seja eficaz, é fundamental que tenha definido seus objetivos pedagógicos e seja organizado de acordo com o conteúdo abordado. Dessa maneira, o intuito é ampliar a interação dos alunos com o material, promovendo uma aprendizagem ativa (Menezes, 2014).

De acordo com Singh (2001 *apud* Aguiar; Flôres, 2014), os Objetos de Aprendizagem devem ser estruturados e divididos em três partes principais que incluem: objetivos, conteúdo instrucional e prática do feedback. Os objetivos devem deixar claro para o aluno o que ele pode aprender a partir do estudo desse objeto. O conteúdo instrucional refere-se ao material didático necessário para que, ao final da atividade, o aluno tenha condições de alcançar os objetivos propostos. E, a prática do feedback é essencial para que o aluno receba um retorno se conseguiu atender os objetivos propostos na atividade. Caso, os objetivos não tenham sido alcançados, o aluno tem a liberdade de retornar e utilizar o OVA quantas vezes considerar necessário, para aprimorar seu aprendizado.

Considerando as características do OVA, Polsani (2003) destaca que o processo de desenvolvimento do OVA deve ser minuciosamente planejado e desenvolvido de forma metódica. Para utilizar um objeto de aprendizagem, é preciso conhecer a temática que se deseja desenvolver, e a abordagem pedagógica que orientará a concepção e uso. Sendo essencial, trabalhar de forma coerente com os princípios de um projeto educacional. Dessa forma, os OVAs devem ser empregados com uma intencionalidade pedagógica, podendo ser grandes aliados na educação.

Os professores precisam ter uma formação para compreender e dominar essas ferramentas tecnológicas, para inseri-las em suas práticas pedagógicas, visando facilitar o processo de aprendizagem e atender as necessidades educacionais dos alunos. Flôres e Tarouco (2008) compreendem que o processo de aprendizagem é facilitado quando acontece em ambientes que combinam os aspectos do conhecimento em verbais (palavras faladas e impressas) e não verbais (fotografias, ilustrações, vídeos, animações, simulações), adotando uma abordagem mista (visuais e auditivas) para explicar os conteúdos.

Os OVA educacionais projetados devem levar em consideração aspectos condizentes com as teorias de aprendizagem, combinando o conhecimento de áreas específicas, e ao

mesmo tempo ter a habilidade de envolver questões multidisciplinares (Tarouco; Bulegon; Ávila, 2021). Os OVA podem ser considerados como uma estratégia eficaz para o aprendizado de conceitos abstratos no ensino de química. As inovações tecnológicas como a Inteligência Artificial (IA), presente no cotidiano dos alunos, têm impulsionado mudanças no modo como as pessoas aprendem e como são ensinadas.

3.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A IA é uma área da computação que estuda o desenvolvimento de sistemas e programas com capacidade para realizar tarefas que requerem inteligência humana (Russell; Norvig, 2021 *apud* Mendonça *et al.*, 2023). A IA tem a capacidade de executar funções programadas por seres humanos, como: análise de dados; leitura de imagens; processamento de linguagem; reconhecimento de padrões; previsão de tendências; interação em tempo real; entre outras funções. A IA tem sido aplicada em diversos setores, como saúde, educação, finanças e ciências, promovendo avanços significativos nessas áreas e permitindo que sistemas de IA desempenhem tarefas mais complexas.

A IA (Figura 5) é baseada em redes neurais artificiais, inspiradas no funcionamento do cérebro humano, e utiliza métodos para processar informações e instruir sistemas em como realizar tarefas específicas, como por exemplo, reconhecimento de imagem e processamento de linguagem natural, que permite que os computadores entendam e processem a linguagem humana (Mendonça *et al.*, 2023).

Figura 5. Gerada pelo Chat GPT para ilustrar a IA.

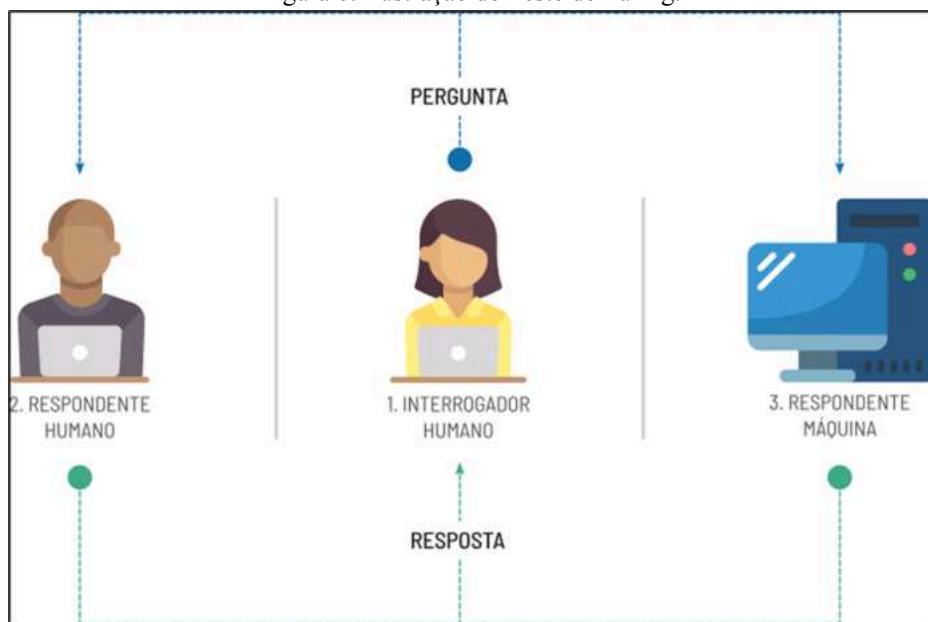


Fonte: Acervo pessoal (2025).

No entanto, para realizar tarefas específicas as redes neurais da IA precisam ser treinadas para aprender as representações. Após o processo de treinamento ocorre a validação do modelo, inserindo dados diferentes dos usados no treinamento, seguindo um parâmetro para testar a margem de erro e se o modelo consegue generalizar respostas para os dados novos, garantindo que a IA seja eficaz (Mendonça *et al.*, 2023).

O Teste de Turing (Figura 6), proposto por Alan Turing em 1950, foi um experimento pioneiro nessa área, tendo como critério determinar a inteligência de uma máquina em relação à inteligência humana. Nesse teste, um avaliador humano interage com uma máquina e um humano por meio de uma interface de texto, sem saber qual dos dois está fazendo a comunicação. O objetivo do teste era verificar se o avaliador seria capaz de distinguir a máquina do ser humano com base nas respostas fornecidas. Se o avaliador não conseguisse distinguir as respostas, a máquina era considerada capaz de realizar tarefas cognitivas comparadas aos seres humanos. Este teste não tinha a finalidade de investigar a inteligência da máquina, mas sim sua capacidade de simular o comportamento da inteligência humana, abrindo discussões filosóficas sobre a natureza da inteligência e a interação das máquinas com os seres humanos (Russell; Norvig, 2013).

Figura 6. Ilustração do Teste de Turing.

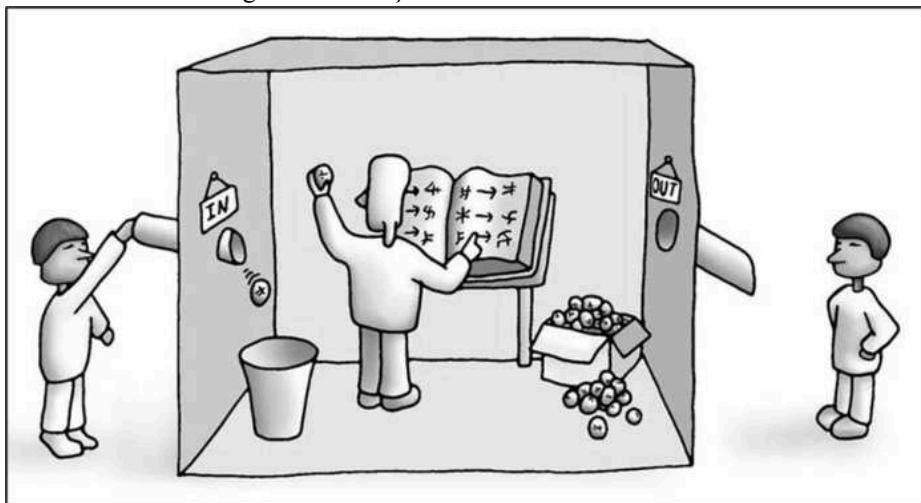


Fonte: <https://blog.pareto.io/teste-de-turing/>.

Em 1980, John Searle realizou o “teste da sala chinesa”, como uma crítica ao Teste de Turing, questionando a capacidade de compreensão das máquinas. No teste, uma pessoa que não fala mandarim é colocada dentro de uma sala, onde recebe símbolos em chinês de um

indivíduo que está fora da sala, sem saber que a pessoa que está dentro não conhece o idioma. Ao receber as combinações e símbolos, a pessoa deve consultar uma folha de instruções para formar padrões específicos de respostas (Figura 7).

Figura 7. Ilustração do Teste da Sala Chinesa.



Fonte: <https://filosofianaescola.com/metafisica/quarto-chines/>.

O intuito do teste de Searle é demonstrar que a inteligência e o conhecimento de padrões são conceitos distintos, ou seja, a máquina não sabe mandarim, mas reconhece padrões e gera respostas corretas sem compreender o que está fazendo (Russell; Norvig, 2013). Esse experimento, entre simulação e compreensão, é fundamental para o campo da IA, pois, Searle argumenta que a máquina pode apenas simular inteligência, seguindo determinados padrões que vão condicionar suas respostas.

Esses debates levaram ao desenvolvimento do *Machine Learning*¹, sendo um conceito fundamental da IA. Nesse subcampo a inteligência artificial emprega algoritmos de aprendizado para analisar grandes volumes de dados, buscando identificar padrões e fazer previsões, imitando a inteligência humana (Russell; Norvig, 2021 *apud* Mendonça *et al.*, 2023). A partir desse subgrupo, surgiu o *Deep Learning*², uma ramificação avançada do aprendizado de máquina, inspirada nas redes neurais cerebrais, que processam uma vasta quantidade de dados. O *Deep Learning* permite a máquina executar tarefas mais complexas, como reconhecimento de fala, detecção de fraudes em cartões de crédito, sem a intervenção humana.

¹ Aprendizado de Máquina, em livre tradução.

² Aprendizado Profundo, em livre tradução.

Outro subgrupo da IA é a Inteligência Artificial Generativa, capaz de criar conteúdos como texto, vídeos e imagens, sem depender de dados pré-estabelecidos. Essa IA aprende de maneira autônoma, podendo realizar tarefas como desenvolver modelos próprios de IA e utilizar protótipos de repositórios de código aberto (Figura 8).

Figura 8. Gerada pelo Chat GPT para ilustrar a inteligência artificial Generativa.



Fonte: Acervo pessoal (2025).

O Chat GPT é um exemplo inovador desse mecanismo gerador de linguagem, capaz de gerar conteúdo a partir comandos específicos ou *prompt* para indicar uma ação definida, sendo eficaz em diversas aplicações (Russell; Norvig, 2013).

Neste contexto, a evolução da IA para a IA Generativa tem se destacado como uma tendência promissora, com potencial para transformar os métodos de ensino e aprendizagem. O Chat GPT pode se tornar um aliado valioso no sistema educacional, sendo empregado para gerar conteúdos e abordagens que personalizam o ensino para atender às necessidades dos estudantes. Assim, é importante usar essa ferramenta de forma responsável, refletindo sobre as limitações da IA e a necessidade de refletir os aspectos éticos, sociais e pedagógicos (Silva *et al.*, 2023).

3.5 CHAT GPT

De acordo com Silva *et al.* (2023), o Chat GPT é uma ferramenta de Processamento de Linguagem Natural (PNL) desenvolvido pela empresa OpenAI em 2022. Esse modelo de IA utiliza uma arquitetura avançada de rede neural denominada Transformer, que possibilita criar textos de forma autônoma e coerente. O Chat GPT é treinado a partir de um grande volume de dados textuais, o que lhe permite compreender o contexto e gerar respostas precisas e relevantes (Silva *et al.*, 2023).

Após o treinamento de máquina, o Chat GPT pode responder perguntas fornecendo explicações sobre diversos assuntos, além de desenvolver funções específicas como compor histórias ou fazer resumos bem detalhados. Segundo Santos *et al.* (2023), o Chat GPT é treinado para aprender a linguagem natural independentemente de anotações manuais, ou seja, é um sistema em constante evolução e aprimoramento de forma sistemática.

Devido a sua capacidade de gerar linguagem natural, o Chat GPT torna-se um instrumento multifacetado na busca pelo aprendizado. A flexibilidade desse modelo permite sua aplicação em várias áreas de conhecimento, especialmente no campo educacional, atendendo às necessidades específicas de cada contexto (Silva *et al.*, 2023). Essa ferramenta é amplamente utilizada especialmente por indivíduos da Geração Z, formada por jovens nascidos entre 1990 e 1995, conhecidos por estarem sempre conectados às tecnologias. A geração Z, ganhou o apelido de "zapear" por terem crescido num ambiente com acesso a essas tecnologias, interferindo na sua forma de agir e pensar (Borges; Silva, 2013).

Considerando que os jovens usam diariamente essas tecnologias, é importante que o professor conheça o funcionamento do Chat GPT, pois pode ser um recurso pedagógico empregado para o planejar aulas, buscar aprofundamentos e propor atividades diversificadas. No entanto, o professor deve sempre analisar as informações geradas pela IA de forma crítica, e ao utilizar esse recurso deve inserir *prompts* que vão refinar a pesquisa, para fornecer uma resposta que seja satisfatória.

Segundo Kasneci *et al.* (2023 *apud* Lima; Serrano, 2024), o Chat GPT apresenta algumas limitações condicionais, como falha nas respostas, com a possibilidade de resultados superficiais e a indisponibilidade de manutenção desse recurso, devido seu alto custo por modelos mais sofisticados, que representa um obstáculo para as instituições com poucos recursos financeiros. Há também de se considerar os desafios da utilização dessa ferramenta na educação. Estudos relatam que entre os educadores existem algumas preocupações com o uso dessas ferramentas, quanto a problemas como plágio, e desenvolvimento crítico

(Rodriguez; Rodriguez, 2023). Assim, como o risco de dependência excessiva que pode reduzir o processo crítico da resolução de problemas. Dessa forma, isso poderia interferir de forma negativa no desenvolvimento autônomo e criativo dos alunos, implicando no seu processo cognitivo (Lima; Serrano, 2024).

Estudos apontam que apesar desses desafios a IA generativa tem grande potencial de ser conduzida de maneira crítica no contexto educacional, especialmente quando empregada como uma ferramenta complementar às práticas pedagógicas (Rodriguez; Rodriguez, 2023). Assim, apesar das limitações do Chat GPT, essa ferramenta apresenta pontos positivos para a educação, auxiliando os professores no planejamento das aulas e no desenvolvimentos de atividades educativas personalizadas (Lima; Serrano, 2024). Neste contexto, o Chat GPT pode contribuir significativamente para contextualizar o aquecimento global, disponibilizando informações, analisando grandes volumes de dados sobre as mudanças climáticas, para gerar previsões (Cassiano; Coelho, 2022). Além do mais, esses dados podem ajudar a criar estratégias sustentáveis para mitigar os impactos climáticos.

4 A CRISE CLIMÁTICA: EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL

A crise ambiental assume uma conotação muito mais complexa do que se imaginava e, de acordo com as conferências mundiais da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o meio ambiente, não se aceitam mais soluções superficiais, nem acordos temporários, sem atuar nas causas reais que têm contribuído para os problemas ambientais (Junges, 2021). As pesquisas científicas alertam para o aumento da temperatura global, e vinculam as mudanças climáticas atuais como resultantes da emissão de grandes quantidades de GEE, em função das ações antrópicas (IPCC, 2023).

4.1 COMPREENDENDO O EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural e essencial para a manutenção da vida na Terra, essencial para aquecer o planeta (Pelegrini; Araújo, 2018). Sem o efeito estufa a temperatura do planeta seria muito fria, e possivelmente, hostil ao desenvolvimento da vida da forma como conhecemos (Coelho; Barbalho; Escremin, 2014). O planeta Terra possui uma atmosfera composta por gases que interagem com a radiação solar e com a superfície terrestre, promovendo trocas energéticas. A luz solar, uma forma de radiação, ao atingir a Terra, pode ser absorvida, ou refletida. Essa radiação possui comprimentos de onda, conhecidos como ultravioleta e infravermelho, que corresponde a luz visível, sendo essa a maior parte da energia solar que chega ao planeta (Tolentino; Rocha-Filho, 1998).

A radiação solar, ao interagir com a superfície terrestre, é convertida em energia térmica. Dessa radiação, cerca de 70% é absorvida pela Terra, sendo 51% pela superfície e 19% pela atmosfera (Tolentino; Rocha-Filho, 1998). Ainda segundo esses autores, a energia solar absorvida pela superfície é responsável por aquecer o planeta, desencadeando reações químicas e transformações físicas que geram o efeito estufa.

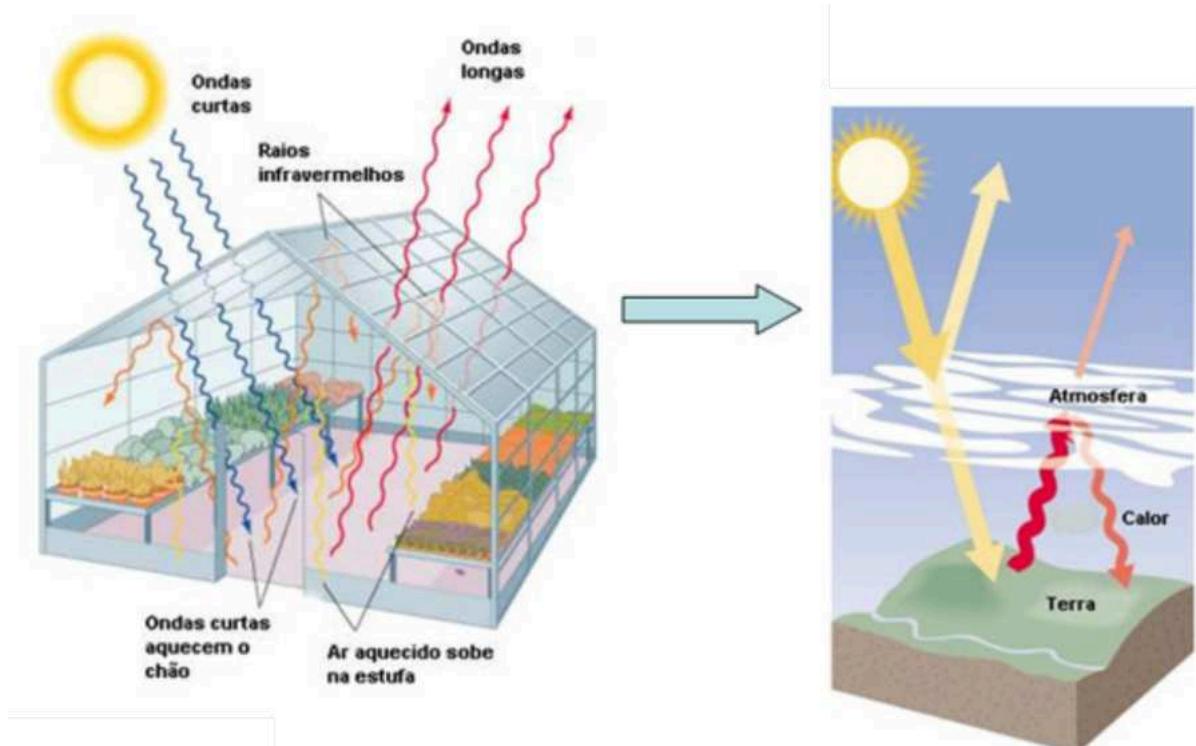
O efeito estufa recebe esse nome devido a similaridade com o funcionamento das estufas na agricultura. Nas estufas, o vidro transparente permite que a radiação solar ultrapasse e aqueça o ambiente interno, impedindo que o calor gerado escape para o lado de fora, assim o ambiente interno fica mais quente.

Segundo Baird (2002), os raios ultravioleta incididos pelo sol atravessam a atmosfera e chegam à superfície da Terra sob a forma de ondas curtas. Uma parte dessa radiação é absorvida pela superfície, e a outra é refletida de volta para a atmosfera, sendo convertida em calor - radiação infravermelha, que tem um comprimento de onda maior. A atmosfera terrestre

é composta por uma mistura de gases como nitrogênio (78%), oxigênio (21%), que não absorvem radiação infravermelha. Porém, existem outros gases em menor quantidade, conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE), que podem ser emitidos tanto por fontes naturais ou antrópicas, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), vapor d'água (H₂O), ozônio (O₃), e os clorofluorcarbonetos (CFCs).

Os GEE devido a sua estrutura molecular têm a capacidade de absorver a radiação infravermelha, impedindo que essa radiação escape para o espaço, uma vez que os GEE são opacos à radiação com maior comprimento de onda. Dessa forma os GEE absorvem e reemitem essa radiação na forma de calor, aquecendo a superfície terrestre (Pelegrini; Araújo, 2018). Esse efeito de retenção de calor é semelhante ao que ocorre dentro de uma estufa, o que justifica esse fenômeno ser conhecido como efeito estufa conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9. Desenho esquemático do efeito estufa



Fonte: INPE (2007, n. p.).

No processo de efeito estufa, há um balanço energético entre a quantidade de radiação solar recebida e a radiação terrestre emitida, formando o sistema Terra-atmosfera. Esse equilíbrio é essencial para manter a temperatura média da Terra, permitindo a existência de vida, ao contrário, o sistema Terra-atmosfera poderia aquecer ou esfriar excessivamente (Zangalli Junior, 2010). No entanto, nas últimas décadas o efeito estufa tem sido intensificado pelas atividades humanas, que têm lançado na atmosfera toneladas de dióxido de carbono

CO₂, modificando os ciclos biogeoquímicos e gerando alterações climáticas e o aquecimento global (Tolentino; Rocha-Filho, 1998).

4.2 A INTENSIFICAÇÃO DO EFEITO ESTUFA: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Após a Revolução Industrial, houve a intensificação do efeito estufa, desencadeado pelas ações antrópicas, como por exemplo a queima de combustíveis fósseis, emitindo toneladas de CO₂ na atmosfera (Lessin; Ghini, 2009). Além de mudanças nos meios de produção e no modo de vida. O desenvolvimento econômico, levou à exploração excessiva dos recursos naturais, provocando assim um desequilíbrio no ciclo natural do carbono, gerando o aquecimento global (Carvalho; Poubel, 2015).

O aquecimento global, caracterizado pela elevação das temperaturas médias globais, é provocado pela intensificação do efeito estufa (Rehbein; Ambrizzi, 2025). O aumento das temperaturas globais têm modificado os padrões climáticos gerando inúmeras consequências para o meio ambiente como a acidificação dos oceanos, o derretimento das geleiras. Além de eventos climáticos extremos, como ondas de calor, secas, tempestades e inundações.

Segundo dados do Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC), entre os anos de 1951 e 2010, a temperatura global subiu de 0,5 °C a 1,3 °C. Ao comparar esse aumento com os ciclos naturais de aquecimento e resfriamento dos últimos 800 mil anos da história geológica da Terra, observa-se uma elevação 50 vezes superior do que todas as variações de temperatura já registradas (IPCC, 2014). Isso indica a rapidez com que o aquecimento global vem ocorrendo na atualidade, modificando a capacidade dos ecossistemas de absorver carbono, agravando as mudanças climáticas.

De acordo com o relatório divulgado pelas Nações Unidas (NU), entre 2000 e 2019, ocorreram 7.348 desastres climáticos, causando 1,23 milhão de mortes e afetando 4,2 bilhões de pessoas, gerando um prejuízo econômico de US\$ 2,97 trilhões (UNDRR, 2020). Em comparação com os anos de 1980 e 1999, houve um aumento considerável de 4.212 desastres, 1,19 milhões de mortes e US\$1,63 trilhão em prejuízos. Esse crescimento está relacionado com a frequência de eventos climáticos extremos, que passaram de 3.656 para 6.681 desastres. Nesse estudo, as inundações representam 40% dos desastres climáticos, em seguida vêm as tempestades, os terremotos e as ondas de calor nos centros metropolitanos (UNDRR, 2020). No Brasil, fenômenos climáticos intensos têm gerado calamidades públicas que colocam em risco a vida e o bem-estar das populações mais vulneráveis, forçando-as a abandonar suas casas em busca de locais mais seguros (Blank, 2015).

As estatísticas evidenciam uma elevação dos eventos climáticos extremos nas últimas décadas, apontando para uma emergência climática global e a transformação irreversível do planeta. Para Latour (2020), esse cenário não é uma crise ambiental passageira, trata-se de um “Novo Regime Climático”, caracterizado por profundas mudanças nas condições climáticas da Terra. Ainda de acordo com Latour, é necessário repensar toda a política ecológica e criar políticas públicas mais eficientes para enfrentar os impactos do aquecimento global (Latour, 2020). Pois, se nada for feito para reduzir as emissões de GEE, a temperatura global poderá elevar-se de 0,3 °C a 4,8 °C entre 2081 e 2110, gerando consequências catastróficas para o equilíbrio geoquímico do planeta (IPCC, 2013).

Diante desses impactos preocupantes, a Educação Ambiental se apresenta como um dos pilares fundamentais para promover uma formação sobre os desafios ambientais, possibilitando que a geração presente e as novas gerações se posicionem e busquem atitudes mais sustentáveis para preservar os recursos naturais. Assim, é imprescindível levar essa temática para ser discutida com os alunos, para que possam desenvolver uma consciência global sobre os problemas socioambientais e sejam preparados para lidar com as questões contemporâneas.

5 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios enfrentados atualmente e continuará a ser pelas futuras gerações se nada for feito para mitigar o aumento da concentração de gases de efeito estufa. Na contemporaneidade, governos mundiais preocupam-se em garantir a preservação da biosfera e a garantia da sustentabilidade dos recursos naturais. Nesse sentido, é essencial a Educação Ambiental que propõe aprofundar as interconexões entre natureza, sociedade, economia, política e cultura. Essa interface promove uma visão holística reconhecendo os problemas socioambientais em sua totalidade e construindo uma educação que estimule o pensamento crítico e a tomada de decisões, capaz de conscientizar e engajar os indivíduos em ações coletivas em prol de um mundo comum (Loureiro *et al.*, 2009).

5.1 TRAJETÓRIAS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SEU MARCO LEGAL

O termo “Educação Ambiental” surgiu em 1965 durante uma conferência na Universidade de Keele, no Reino Unido (Loureiro; Lima, 2012). A expressão foi criada em resposta às crescentes preocupações sobre os impactos das atividades humanas no meio ambiente, tendo como propósito melhorar as condições de vida e preservar o meio ambiente (Loureiro; Lima, 2012).

A partir dessas preocupações com o meio ambiente, a Educação Ambiental foi sendo propagada em diversos eventos nacionais e internacionais (Albuquerque *et al.*, 2015). A perspectiva desses eventos era apontar a Educação Ambiental como um caminho para o desenvolvimento sustentável, definido como uma “ideia-força [...]: crescer sem comprometer a capacidade de suporte dos ecossistemas e seus ciclos, garantindo a existência social e de outras espécies em longo prazo” (Loureiro, 2012 p. 55).

No Brasil, a Educação Ambiental teve seu marco com a Lei 9.795 de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), estabelecendo diretrizes para a implementação da Educação Ambiental de forma contínua e permanente em todas as modalidades do processo educativo, sendo integrada em todas as disciplinas (Brasil, 1999).

No 1º artigo da Lei nº 9.795/99, a educação ambiental é definida como:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso

comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Brasil, 1999).

Esse artigo aponta para a essência da Lei de EA na instância educacional, como uma grande aliada para concretizar conhecimentos, habilidades, valores e atitudes que devem fazer parte da formação dos alunos, sendo essencial para a construção de uma consciência sobre os recursos naturais para um futuro comum e sustentável.

De acordo com Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Mudança do Clima, o “Programa Nacional de Educação Ambiental (PNEA)”, foi criado com o objetivo de incentivar práticas de sustentabilidade na sociedade e na educação, por meio de projetos e ações relacionadas às questões contemporâneas, como reciclagem, conservação da biodiversidade e uso consciente dos recursos naturais (MMA, 2023).

Dessa forma, o PNEA tem como um de seus princípios fundamentais a proteção do meio ambiente, buscando desenvolver ações que envolvam a participação da sociedade e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre as questões ambientais. Assim, a trajetória da EA e os seus marcos legais incluem diversos contextos na luta pela preservação ambiental, integrando o contexto social, político, econômico e cultural, científico e tecnológico para promover uma educação para a sustentabilidade ambiental.

Dessa forma, a Educação Ambiental pode ser empregada no contexto escolar não só para sensibilizar e conscientizar, mas principalmente para preparar os alunos para compreender os desafios ambientais, incentivando-os a adotar práticas sustentáveis em seu cotidiano e transformando a aprendizagem em ações concretas para a preservação. Nessa perspectiva o professor é crucial para facilitar o processo de aprendizagem, estimulando o desenvolvimento de uma consciência crítica e participativa, envolvendo a comunidade escolar e a sociedade em geral.

5.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A SUSTENTABILIDADE: TRANSFORMANDO CONSCIENTIZAÇÃO EM AÇÃO

A crise climática, desencadeada pela intensificação do efeito estufa devido às atividades antrópicas, tem esgotado a capacidade de regeneração dos ciclos biogeoquímicos da Terra. Para Latour (2020), as condições climáticas transformaram o mundo que conhecemos em um novo mundo, com fenômenos climáticos extremos, como tempestades intensas, secas prolongadas, furacões e tornados cada vez mais frequentes. A natureza, está reagindo com uma força incontrolável, refletindo as consequências da degradação ambiental.

Segundo Latour (2020), o cenário atual revela a emergência climática e desafia os governos mundiais para buscar soluções e estratégias de mitigação, adaptação para sobreviver às novas condições climáticas.

Diante desse cenário, a Educação Ambiental é fundamental para promover a conscientização socioambiental, articulando diferentes contextos para disseminar conhecimentos pertinentes que ajudem a compreender as mudanças climáticas e transformar atitudes e comportamentos da sociedade (Loureiro *et al.*, 2009). Além de incentivar e promover práticas mais sustentáveis para mitigar os impactos do efeito estufa e do aquecimento global.

Nessa premissa Loureiro (2012), enfatiza que, o conceito de sustentabilidade foi aderido à noção de evolução, resultando na busca de um avanço científico e tecnológico, como modelo de sociedade a ser alcançado (Loureiro 2012). No entanto, com a intensificação das ações antrópicas e consequente aumento dos problemas ambientais, logo percebeu-se a contradição em compatibilizar o desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente (Loureiro *et al.*, 2009).

Nessa conjuntura, houve a proliferação de discursos que naturalizam a exploração ambiental e culpabilizam a humanidade pela degradação, ocorrendo uma distorção intencional para desviar a atenção dos grupos e governos com interesses econômicos e responsabilidades no esgotamento dos recursos naturais (Loureiro, 2012).

Desse modo, a Educação Ambiental é essencial para questionar esses discursos e promover a formação de sujeitos críticos, por meio de uma formação humana e dialógica, que refletia as causas estruturais das mudanças climáticas. Para tanto, Loureiro (2012) reforça que deve-se refletir a forma instrumental que a educação se relaciona com a sustentabilidade de modo que:

“Educar para...” dá a entender que se educa com fins instrumentais e pragmáticos que podem estar dissociados de fins emancipatórios e reflexivos. É como se a educação servisse para criar competências, capacidades, habilidades e comportamentos sem que estes estivessem vinculados à formação do ser, ao pensar o mundo, ao refletir sobre a existência, ao atuar na construção da história e ao se posicionar politicamente (Loureiro, 2012, p. 75-76).

Nesse sentido, a abordagem instrumental, focada apenas na aquisição de conhecimento e no desenvolvimento de práticas sustentáveis sem a devida reflexão, se distancia do caráter emancipatório da EA. Segundo Loureiro (2012), a constituição do ambiente como bem comum, com condições dignas para todas as pessoas, envolve a formação

do ser, enquanto indivíduo e sociedade capaz de compreender o contexto atual e histórico em que está inserido, além de assumir um posicionamento político.

Assim, o cerne da EA não deve se limitar a formar indivíduos para adquirir conhecimentos instrumentais e práticos. O ponto central da Educação Ambiental está na problematização da realidade. Sendo que o processo de conscientização ambiental deve ocorrer por meio de uma aprendizagem dialógica. No contexto educacional, esse processo tem como intuito despertar nos alunos uma ação participativa. Segundo Loureiro (2012), para haver uma verdadeira conscientização ambiental, é necessária uma transformação na forma como o ser humano comprehende e interage com a natureza, resultando em ações coletivas que contribuam para um futuro sustentável.

Essa perspectiva está alinhada a teoria Humanista de Carl Rogers, que enfatiza que a aprendizagem é muito mais do aprender e acumular informações, em seu sentido mais amplo a aprendizagem deve ser significante cheia de sentido e experiencial, para que o indivíduo possa refletir sobre si e o mundo ao seu redor (Rogers, 1986).

6 PERCURSO METODOLÓGICO

A metodologia adotada é de natureza qualitativa-descritiva, fundamentada na perspectiva Discente~Docente~Aprendente (DDA). A utilização do til entre os termos reflete o entrelaçamento dos papéis de ensinar e aprender, enfatizando que essas funções acontecem de forma simultânea e integrada (Tamiasso-Martinhon, 2019). Esse enfoque promove uma rede de colaboração experienciada por meio do diálogo interativo entre alunos e professores, em um processo contínuo de aprendizagem (Fagundes *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a abordagem DDA propõe uma relação de equidade entre discentes e docentes, visando a formação de um sujeito ativo, crítico e reflexivo, capaz de ensinar e aprender sem interrupções, ampliando assim a experiência educacional de todos envolvidos nesse processo (Tamiasso-Martinhon, 2019). Nessa abordagem, os disparadores afetivos são considerados essenciais para o processo de ensino e aprendizagem, e não há uma imposição do professor sobre o aluno, ou um modelo rígido a ser seguido, mas sim um processo de transformação que possibilita um crescimento mútuo para a construção da aprendizagem (Tamiasso-Martinhon, 2019).

O percurso metodológico deste trabalho está dividido em três etapas, e tem como intuito integrar as tecnologias digitais, por meio da Inteligência Artificial, à prática pedagógica no ensino de química. Essa abordagem busca empregar o Chat GPT como um recurso pedagógico para desenvolver uma sequência didática no contexto do aquecimento global.

Na etapa 1, envolve a elaboração dos *prompts* para gerar o questionário inicial, a lista de exercícios e a proposta da Sequência Didática. Os *prompts* são comandos específicos que um usuário insere no Chat GPT, para solicitar uma resposta ou gerar um conteúdo. Essa etapa, é fundamental que o docente tenha clareza do texto ou *prompts* para dar uma instrução para a IA na produção de informações relevantes ao tema da pesquisa. A escolha do *prompt* influencia na qualidade e na precisão das respostas obtidas. Nessa etapa, é importante que o docente mantenha um olhar crítico para analisar a capacidade da IA de fornecer respostas confiáveis e satisfatórias que atendam aos objetivos de aprendizagem.

Na etapa 2, é feita a escolha da simulação virtual PhET Efeito Estufa. Esse Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA) é ferramenta educacional interativa que possibilita aos alunos manipular algumas variáveis como a quantidade de radiação solar ou a presença de gases de efeito estufa, para compreender o comportamento da atmosfera terrestre e como os

gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), interagem com a radiação solar e a radiação infravermelha emitida pela Terra.

Na etapa 3, é feito o planejamento da sequência didática. Nessa etapa, o docente deve analisar as informações e conteúdos criados pelo Chat GPT, para verificar se esse conteúdo atende ao objetivo de aprendizagem, tendo a possibilidade de descartar ou adaptar as sugestões da IA para desenvolver o material didático.

6.1 PRIMEIRA ETAPA: ELABORAÇÃO DOS PROMPTS

Na etapa 1, foram relacionados os comandos (*prompts*) que atenderam a finalidade almejada pelo docente, conforme Quadro 1.

Quadro 1. Elaboração dos prompts

Prompt	Finalidade
<p><i>“Elabore um questionário para avaliar o conhecimento dos alunos sobre o tema do aquecimento global. Esse questionário vai ser aplicado para estudantes do terceiro ano do Ensino Médio”.</i></p>	<p>Gerar questionário para fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o efeito estufa e o aquecimento global.</p>
<p><i>“Elabore uma lista de exercícios de múltipla escolha, para alunos do 3º ano do Ensino Médio, sobre equilíbrio químico contextualizado com as alternativas de mitigação do aquecimento global, relacionado à quantidade de árvores com o volume de CO₂ sequestrado. Essa atividade deve explorar certas especificações da matéria de equilíbrio químico como princípio de Le Chatelier”</i></p>	<p>Gerar lista de exercícios abordando o Princípio de Le Chatelier no contexto do efeito estufa.</p>
<p><i>“Desenvolva uma sequência didática para alunos do 3º ano do Ensino Médio que explique o Princípio de Le Chatelier em relação ao aquecimento global. A sequência deve relacionar como o aumento de gases de efeito estufa altera o equilíbrio químico na atmosfera. A sequência deve incluir os impactos ambientais e a conscientização ambiental para mitigar o aquecimento global.</i></p>	<p>Gerar a Sequência Didática.</p>

Fonte: Autoria própria (2025).

Os *prompts* são comandos textuais aplicados na IA para a produção de respostas ou soluções instruídas, podendo variar em complexidade, fornecendo exemplos ou parâmetros para direcionar a resposta (Bueno; Maia; Pereira; Avila, 2024). Segundo Bueno, Maia, Pereira e Avila (2024), a linguagem utilizada para delegar tarefas é um texto de entrada empregado para desenvolver o resultado.

Essas instruções ou descrições, que alimentam o aprendizado de máquina, produzem saídas conforme as singularidades descritas pelos usuários, onde a performance da designação está diretamente relacionada à transparência da comunicação (Giannini, 2023). Portanto, é indispensável fornecer informações claras e específicas que possibilitem à IA interpretar o objetivo desejado pelo usuário.

6.2 SEGUNDA ETAPA: ESCOLHA DA SIMULAÇÃO VIRTUAL

A etapa 2, envolve a escolha do Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA), para contextualizar o efeito estufa. Para este trabalho foi escolhido o Phet Efeito Estufa, desenvolvido pela Universidade do Colorado, disponível no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/greenhouse-effect/translations. O PhET disponibiliza uma simulação virtual, permitindo que os alunos realizem a experimentação para observar as alterações na concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE).

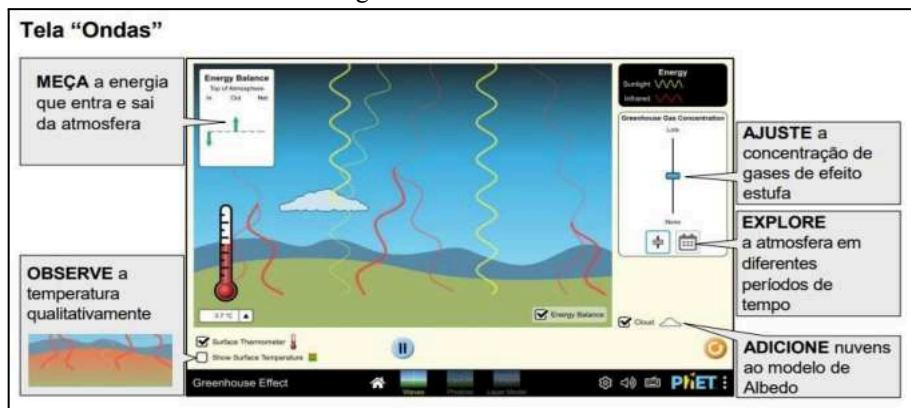
Nessa simulação os discentes podem observar a aceleração na emissão de GEE desde a Revolução Industrial. O uso do OVA tem como objetivo facilitar o entendimento dos alunos, pois, segundo Carl Rogers (apud Moreira, 1999, p. 142), o favorecimento do aprendizado é o propósito maior da educação.

A simulação virtual do PhET foi projetada para ser autodidata, permitindo que os usuários explorem e compreendam o fenômeno do efeito estufa de forma interativa e dinâmica. Nessa atividade os alunos podem interagir com o simulador virtual ajustando a variação de GEE na atmosfera, observando o que ocorre em diferentes períodos. Essa simulação disponibiliza três telas: a primeira de ondas de calor, a segunda de fótons e a terceira compreende o modelo de camadas. Para esta pesquisa será solicitado que os alunos façam a simulação da tela de ondas e anote os dados observados.

A simulação da tela “Ondas”, conforme representado na Figura 10, os alunos deverão observar ao longo do tempo a variação na concentração de GEE e os efeitos nas ondas

infravermelhas e na temperatura da superfície, medindo o balanço de energia no topo da atmosfera.

Figura 10. Tela de ondas

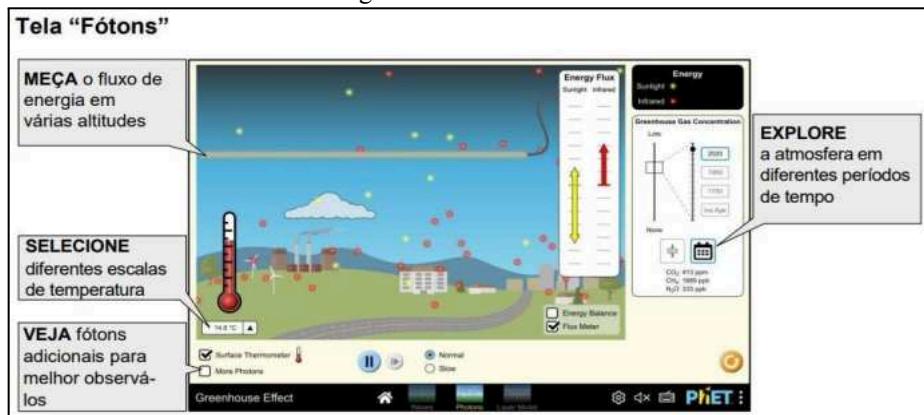


Fonte: Acervo do autor (2025).

Essa tela é disponibilizada pelo site do PhET e apresenta um manual com dicas para professores, com instruções para utilização desse recurso digital, assim os docentes podem orientar os alunos para realizarem a experimentação.

As demais telas o professor vai explicar o que pode ser visto, mas não será o foco da experimentação, apenas a nível de curiosidade e para saber como funciona. Assim a tela de fôtons, representada na Figura 11, permite que os alunos vejam a luz solar e a energia infravermelha representada como fôtons.

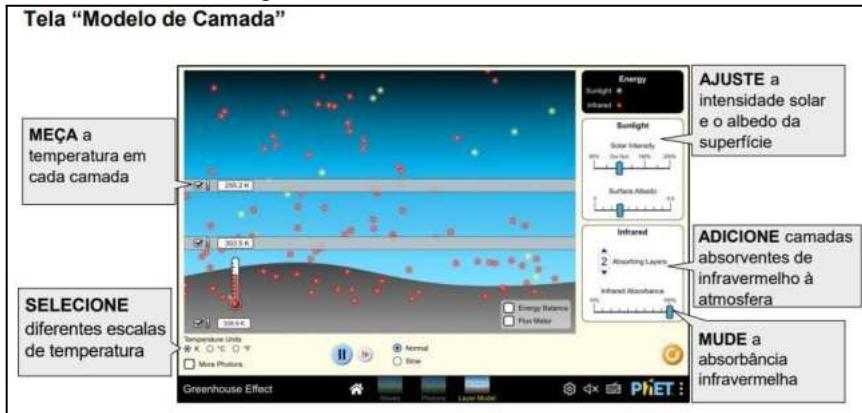
Figura 11. Tela de fôtons



Fonte: Acervo do autor (2025).

E a tela de modelo de camadas, representada pela Figura 12, permite que os alunos possam controlar a intensidade da luz solar, o albedo da superfície e a absorção infravermelha, verificando como os fôtons se comportam com a temperatura.

Figura 12. Tela de modelo de camada



Fonte: Acervo do autor (2025).

A simulação virtual por meio da tela de ondas constitui uma etapa prática, que possibilitará ao aluno visualizar os impactos das concentrações de GEE estudadas no meio ambiente. Dessa forma espera-se que os alunos façam uma reflexão crítica sobre os resultados obtidos, relacionando-os com as ações antrópicas.

6.3 TERCEIRA ETAPA: PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para o planejamento da Sequência Didática (SD) desta atividade, foi utilizado a inteligência artificial disponibilizada pela empresa OpenAI, Chat GPT, integrado ao Objeto Virtual de Aprendizagem disponibilizado pelo link: <https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_pt_BR.html>.

A SD foi pensada para ser aplicada na turma de 3º ano do Ensino Médio, empregando a temática do efeito estufa e aquecimento global, com o objetivo de proporcionar aos alunos a compreensão da crise climática, e suas implicações socioambientais. As atividades desenvolvidas na SD foram estruturadas em 3 aulas, onde são abordados os gases de efeito estufa relacionados ao Princípio de Le Chatelier. As ações da SD envolvem rodas de conversas, experimentação virtual, confecção de desenhos imagéticos e utilização de plataformas digitais para criar conteúdo de informação e conscientização ambiental.

Segundo Cardoso (2024), a Sequência Didática é uma estratégia pedagógica essencial na área educacional, sendo estruturada por um conjunto de atividades planejadas e interligadas de forma sequencial. Para Cardoso (2024, p. 11), o propósito da SD é: “[...] proporcionar aos educadores uma metodologia sólida para ensinar conteúdos de maneira eficaz, dividindo o processo de aprendizagem em etapas bem definidas”. Na concepção de

Araújo (2013), a sequência didática é um instrumento pedagógico para a formação dos alunos, sendo uma forma do professor organizar a prática educativa, em torno de um tema específico.

Nesse escopo, a elaboração da SD envolve uma reflexão sobre os objetivos de ensino que o docente pretende alcançar. Dessa forma, o docente ao empregar *prompts* específicos no Chat GPT deve fazer uma análise dos métodos e materiais para cada etapa proposta, além de verificar e adaptar as propostas geradas pela IA para atender as necessidades dos alunos.

Assim, o objetivo da SD gerada pela IA busca contribuir com um planejamento estruturado para o ensino de química, abordando os conceitos do Princípio de Le Chatelier relacionando a temática da intensificação do efeito estufa, aquecimento global e o papel da Educação Ambiental para conscientizar e buscar soluções mais sustentáveis. Além, de proporcionar aos alunos uma atividade que facilite a aprendizagem, e desenvolva a reflexão crítica e o engajamento com as questões socioambientais.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar a apresentação dos resultados, decidiu-se explicitá-los separadamente em cada etapa descrita na metodologia.

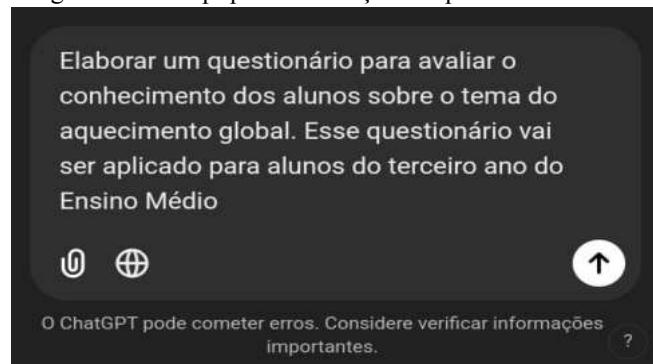
7.1 FORMULAÇÃO DOS PROMPTS

Na primeira etapa abordada na metodologia, visando conhecer os conhecimentos prévios dos alunos, foi solicitado ao Chat GPT, para elaborar um questionário sobre a temática do aquecimento global. Dessa forma, para garantir que as perguntas geradas estejam alinhadas com os objetivos pedagógicos, o docente deverá adotar alguns critério ao formular os *prompts*, como:

- Definir o que vai avaliar e a forma como vai dialogar com os alunos sobre seus saberes prévios, investigando as causas do aquecimento global, quais os impactos e as alternativas de mitigação;
- Fornecer uma linguagem científica para que as perguntas abordem os conceitos químicos relacionados à temática, além de conter os impactos ambientais e soluções;
- Ao aplicar o questionário para os alunos, o professor poderá fazer uma nuvem de palavras interconectando as respostas e promovendo um diálogo com a turma de forma dinâmica.

Nessa perspectiva, foi elaborado e inserido no Chat GPT o *prompt* (Figura 5): “*Elabore um questionário para avaliar o conhecimento dos alunos sobre o tema do aquecimento global. Esse questionário vai ser aplicado para estudantes do terceiro ano do Ensino Médio*”.

Figura 13. Prompt para elaboração do questionário inicial



Fonte: Acervo do autor (2025).

A partir desse comando o Chat GPT gerou o questionário para um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o aquecimento global, conforme Quadro 2.

Quadro 2. Questionário para levantamento dos conhecimento prévios dos alunos sobre aquecimento global, gerado pelo Chat GPT

Aqui está um modelo de questionário para avaliar o conhecimento dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o tema do aquecimento global:

Questionário sobre Aquecimento Global

Instruções: Responda às questões a seguir com base no seu conhecimento sobre o aquecimento global. Seja claro e objetivo nas suas respostas.

1. O que é o aquecimento global?

- a) O aumento da temperatura média da Terra devido ao aumento da emissão de gases do efeito estufa.
- b) O aumento da temperatura média da Terra devido a fatores naturais como a atividade solar.
- c) A diminuição da temperatura da Terra devido à redução de gases do efeito estufa.

2. Quais são os principais gases responsáveis pelo efeito estufa? (Marque as opções corretas)

- a) Dióxido de carbono (CO₂)
- b) Metano (CH₄)
- c) Oxigênio (O₂)
- d) Óxidos de nitrogênio (NO_x)
- e) Gás carbônico (CO)

3. Quais atividades humanas mais contribuem para o aquecimento global?

- a) Desmatamento e queima de florestas
- b) Emissões de gases poluentes pelas indústrias
- c) Uso excessivo de veículos movidos a combustíveis fósseis
- d) Todas as alternativas estão corretas

4. Como o aumento da temperatura global pode afetar o clima e o meio ambiente?

- a) Aumento da frequência de fenômenos climáticos extremos como furacões, secas e inundações
- b) Aumento da biodiversidade e estabilidade climática
- c) Diminuição dos níveis de poluição do ar
- d) Redução da camada de ozônio

5. O que são fontes de energia renovável e qual a sua importância para combater o aquecimento global?

- a) Fontes de energia que não se esgotam, como solar e eólica, importantes para reduzir a emissão de gases do efeito estufa
- b) Fontes de energia que dependem de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão
- c) Fontes de energia que poluem o ambiente, como energia nuclear e carvão
- d) Fontes de energia não-renováveis, como gás natural e carvão

6. O que é o Protocolo de Kyoto e qual é seu objetivo?

- a) Um acordo internacional que visa a redução das emissões de gases do efeito estufa, com foco nas nações mais industrializadas.
- b) Um tratado sobre a conservação de espécies ameaçadas.
- c) Um acordo que estabelece limites de uso de energia nuclear no mundo.
- d) Um acordo sobre o controle da poluição dos oceanos.

7. Quais são as possíveis consequências do derretimento das calotas polares devido ao aquecimento global?

- a) Aumento do nível do mar, afetando áreas costeiras e ilhas
- b) Redução da quantidade de água potável disponível
- c) Desaparecimento de espécies marinhas e terrestres
- d) Todas as alternativas estão corretas

8. O que você pode fazer pessoalmente para ajudar a reduzir os efeitos do aquecimento global? (Marque as alternativas corretas)

- a) Reduzir o consumo de energia e adotar fontes renováveis
- b) Utilizar transporte público ou bicicleta em vez de carro
- c) Desperdiçar alimentos e recursos naturais
- d) Plantar árvores e evitar o desmatamento

9. O que é a pegada de carbono e como ela está relacionada ao aquecimento global?

- a) A quantidade de carbono presente no solo e nas plantas.
- b) A quantidade de gases de efeito estufa emitidos diretamente ou indiretamente pelas atividades humanas.
- c) A quantidade de carbono presente nos oceanos e nas calotas polares.
- d) A quantidade de oxigênio gerada pelas plantas.

10. Quais ações podem ser tomadas pelos governos para combater o aquecimento global?

- a) Promover políticas de redução de emissões de gases de efeito estufa e incentivar o uso de energias renováveis.
- b) Incentivar a construção de mais usinas nucleares.
- c) Reduzir os impostos sobre combustíveis fósseis.
- d) Aumentar o desmatamento para expandir a agricultura.

Esse questionário visa avaliar o conhecimento dos alunos de forma abrangente, abordando tanto os conceitos básicos quanto as ações práticas relacionadas ao aquecimento global. As questões podem ser adaptadas de acordo com o nível de conhecimento dos alunos e a abordagem pedagógica desejada.

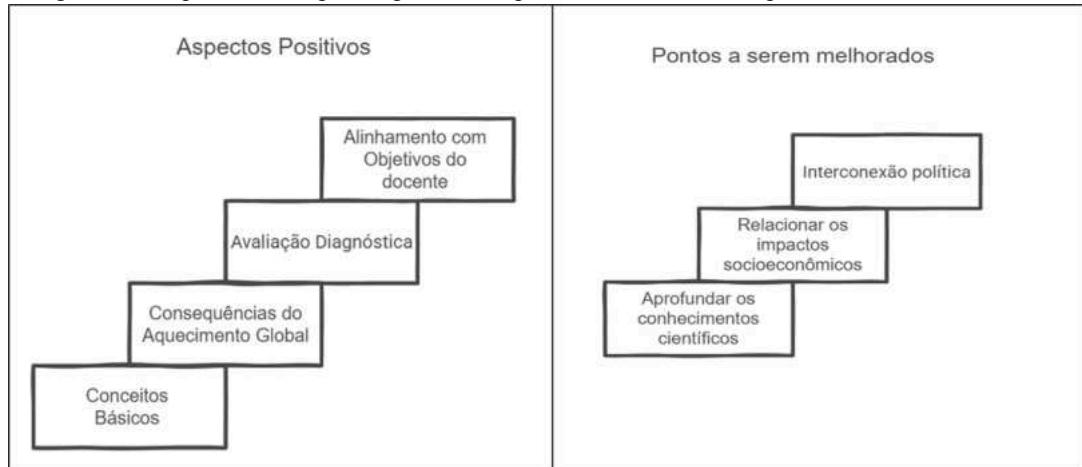
Fonte: Acervo do autor (2025).

O questionário inicial elaborado pelo Chat GPT apresenta uma estrutura bem definida, com as questões numeradas de 1 (um) a 10 (dez), que abordam conceitos básicos sobre o aquecimento global e suas consequências. No entanto, percebe-se que as questões geradas pela IA não aprofundam os conhecimentos científicos sobre o fenômeno do efeito estufa, nem relacionam aos impactos socioeconômicos e políticos pertinentes à temática. Além disso, identificou-se um erro conceitual na questão 2 (dois), alternativa “e”, ao associar erroneamente o termo gás carbônico como sendo o monóxido de carbono (CO), o que pode gerar confusão na compreensão dos alunos, devido a ausência de distinção correta entre os diferentes gases envolvidos no efeito estufa. Outro ponto observado foi a repetição temática em algumas perguntas, que abordam as causas e consequências do aquecimento global de forma redundante. Diante dessa análise, percebe-se a importância do docente em revisar o material gerado pela IA, avaliando sua coerência pedagógica e realizando as correções e

adaptações necessárias para garantir a fidelidade do material quanto aos conceitos científicos. Ainda nessa análise, é fundamental que o professor verifique a formulação dos prompts utilizados, buscando redigir textos objetivos e específicos com termos técnicos para que IA possa interpretar a solicitação que é o comando de entrada, e gerar resultados mais satisfatórios, ou seja a saída do material gerado pela IA deve estar alinhada aos objetivos de aprendizagem traçados pelo docente.

Com base na análise do questionário inicial, elaborado pelo Chat GPT para levantar os conhecimentos prévios dos alunos, apresenta-se um esquema que relaciona os aspectos positivos abordados pela IA e os pontos de melhoria a serem aprimorados pelo docente (Figura 14).

Figura 14. Esquema dos aspectos positivos e pontos de melhoria no questionário inicial



Fonte: Acervo do autor (2025).

O segundo *prompt* aplicado: “Elabore uma lista de exercícios de múltipla escolha, para alunos do 3º ano do Ensino Médio, sobre equilíbrio químico contextualizado com as alternativas de mitigação do aquecimento global, relacionado à quantidade de árvores com o volume de CO₂ sequestrado. Essa atividade deve explorar certas especificações da matéria de equilíbrio químico como princípio de Le Chatelier”. A resposta gerada pela IA encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3. Lista de exercícios gerados pelo Chat GPT

Aqui está uma lista de exercícios de múltipla escolha para alunos do 3º ano do Ensino Médio, sobre equilíbrio químico contextualizado com as alternativas de mitigação do aquecimento global, relacionando a quantidade de árvores com o volume de CO₂ sequestrado. A atividade também explora o Princípio de Le Chatelier.

Lista de Exercícios - Equilíbrio Químico e Mitigação do Aquecimento Global

1. O que caracteriza um sistema em equilíbrio químico?

- a) A concentração dos reagentes é igual à dos produtos.
- b) A velocidade das reações direta e inversa são iguais, mas as concentrações dos reagentes e produtos não são iguais.
- c) A reação direta ocorre mais rapidamente do que a inversa.
- d) O sistema está parado, sem reações ocorrendo.

2. Qual dos seguintes fatores não altera o equilíbrio químico de uma reação?

- a) Mudança na concentração dos reagentes ou produtos.
- b) Mudança na pressão.
- c) A temperatura.
- d) A cor do recipiente onde a reação ocorre.

3. O Princípio de Le Chatelier afirma que, se um sistema em equilíbrio é perturbado, o sistema se ajusta de forma a:

- a) Aumentar a pressão no sistema.
- b) Minimizar a mudança causada pela perturbação, movendo o equilíbrio para favorecer a reação que a contraria.
- c) Aumentar a quantidade de reagentes.
- d) Acabar com a reação reversível.

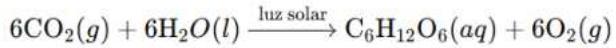
4. Se a concentração de CO₂ na atmosfera aumenta, qual será o impacto no equilíbrio térmico global, segundo o Princípio de Le Chatelier?

- a) O aumento de CO₂ fará com que o equilíbrio se desloque, aumentando a temperatura global, já que o CO₂ é um gás de efeito estufa.
- b) O aumento de CO₂ fará com que o equilíbrio se desloque, diminuindo a temperatura global.
- c) O aumento de CO₂ não afetará o equilíbrio térmico, pois o efeito estufa não é uma reação química.
- d) O aumento de CO₂ fará com que o equilíbrio se desloque, causando um resfriamento da Terra.

5. Qual é o efeito do plantio de árvores na concentração de CO₂ na atmosfera?

- a) O plantio de árvores aumenta a quantidade de CO₂, pois as árvores liberam CO₂ durante a respiração.
- b) O plantio de árvores ajuda a sequestrar CO₂ da atmosfera, deslocando o equilíbrio químico em direção à diminuição da concentração de CO₂.
- c) O plantio de árvores não tem impacto no CO₂ da atmosfera, pois as árvores não absorvem CO₂.
- d) O plantio de árvores aumenta a concentração de CO₂ na atmosfera, uma vez que elas liberam oxigênio.

6. Durante a fotossíntese, as árvores realizam a seguinte reação química:



Qual é o efeito desse processo no equilíbrio químico da atmosfera?

- a) As árvores aumentam a concentração de CO₂ ao realizar a fotossíntese.
- b) As árvores sequestram CO₂ da atmosfera, contribuindo para a diminuição da concentração de CO₂.
- c) As árvores liberam mais CO₂ durante a fotossíntese, contribuindo para o aquecimento global.
- d) A fotossíntese não afeta o equilíbrio químico da atmosfera.

7. Considerando a reação de formação de CO₂ e H₂O na combustão de combustíveis fósseis, como o aumento de CO₂ impacta o equilíbrio climático global?

- a) O aumento do CO₂ desloca o equilíbrio para um resfriamento global, pois ele é um gás inerte.
- b) O aumento do CO₂ desloca o equilíbrio para um aumento na temperatura global, agravando o efeito estufa.

- c) O aumento do CO₂ não afeta o equilíbrio climático, pois o CO₂ não interfere no efeito estufa.
 d) O aumento do CO₂ não tem impacto no equilíbrio global, pois ele é rapidamente absorvido pelas árvores.

8. Sabendo que uma árvore pode sequestrar 22 kg de CO₂ por ano, quantas árvores seriam necessárias para sequestrar 1 tonelada (1000 kg) de CO₂ em um ano?

- a) 10 árvores.
 b) 50 árvores.
 c) 100 árvores.
 d) 200 árvores.

9. O que ocorre quando a concentração de CO₂ aumenta rapidamente na atmosfera?

- a) O sistema climático entra em equilíbrio, estabilizando a temperatura.
 b) O aumento de CO₂ perturba o equilíbrio climático, favorecendo um aumento na temperatura, que resulta no aquecimento global.
 c) O aumento de CO₂ não tem impacto significativo no clima da Terra.
 d) O aumento de CO₂ resulta imediatamente em uma diminuição da temperatura da Terra.

10. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o que acontecerá se a concentração de CO₂ na atmosfera for reduzida por meio de práticas de reflorestamento e captura de carbono?

- a) O equilíbrio se deslocará, resultando em um aumento da temperatura global.
 b) O equilíbrio se deslocará, contribuindo para a redução do efeito estufa e o controle da temperatura global.
 c) O reflorestamento não tem impacto no equilíbrio atmosférico.
 d) O reflorestamento resultará em um aumento da concentração de CO₂ na atmosfera.

Gabarito:

1. b
2. d
3. b
4. a
5. b
6. b
7. b
8. c
9. b
10. b

Esses exercícios de múltipla escolha foram elaborados para estimular os alunos a relacionar conceitos de **equilíbrio químico** e **Princípio de Le Chatelier** com práticas de **mitigação do aquecimento global**, como o **plantio de árvores** e o **sequestro de CO₂**. Eles ajudam os alunos a compreender como os princípios da química estão conectados aos desafios ambientais contemporâneos e como o conhecimento químico pode contribuir para soluções sustentáveis.

Fonte: Acervo do autor (2025).

Ao analisar a lista de exercícios elaborada pelo Chat GPT, observa-se que as questões abordam os principais conceitos de equilíbrio químico, conforme o Princípio de Le Chatelier, e estabelecem associações com as variações na concentração de CO₂, um gás de efeito estufa. E ainda discutem suas implicações para o aquecimento global e as estratégias de mitigação.

As questões 1 e 2 abordam o conceito de equilíbrio químico, os sentidos da reações direta e inversa, e os fatores como concentração, pressão e temperatura, que influenciam esse

equilíbrio. Essa abordagem inicial é fundamental, pois, conforme destaca Raviólo e Garritz (2008), a natureza abstrata do conceito de equilíbrio químico pode gerar dificuldades na aprendizagem desse conteúdo. Essas duas questões destacam os fatores que influenciam o equilíbrio químico conforme o Princípio de Le Chatelier, sendo adequadas para avaliar o entendimento dos alunos sobre como o sistema responde às perturbações externas. A IA demonstrou domínio do conteúdo e aplicou distratores baseados em erros conceituais, demonstrando ser uma estratégia pedagógica para um diagnóstico pedagógico do processo de aprendizagem.

A questão 3 representa o Princípio de Le Chatelier de forma precisa e correta, demonstrando como o sistema reage a perturbações externas (pressão, concentração e temperatura) tentando compensá-las para restabelecer o equilíbrio químico. No entanto, essa questão poderia ser aprimorada para incluir como esse princípio opera em processos industriais ou até mesmo em desastres ecológicos, buscando contextualizar o princípio químico em sistemas reais.

Já na questão 4 a IA contextualizou o aumento da concentração de CO₂ relacionando o aquecimento global, articulando uma abordagem socioambiental real e fundamental para levantar discussões críticas sobre a crise climática e as ações antrópicas.

As perguntas 5 e 6 relacionaram o equilíbrio químico ao plantio das árvores e o processo da fotossíntese para a captura de CO₂, destacando as práticas de reflorestamento como uma alternativa para mitigar o aquecimento global. Essas questões possibilitam que os alunos possam refletir criticamente sobre as ações que podem reduzir as emissões de GEE, além de despertar a conscientização ambiental.

A questão 7 relacionou a reação de combustão de combustíveis fósseis e seus impactos sobre o clima global, associando às atividades antrópicas que liberam grandes quantidades de CO₂ e outros GEE, que retém calor e agravam o efeito estufa, alterando o equilíbrio climático global (Lessin; Ghini, 2009).

A questão número 8 envolve cálculos matemáticos, relacionando a fotossíntese com a captura de carbono na atmosfera. Nela os alunos deveriam aplicar uma regra de três simples para determinar quantas árvores seriam necessárias para sequestrar uma tonelada de CO₂. No entanto, ao analisar as alternativas, observou-se uma falha, pois nenhuma delas apresentava a resposta correta. Isso nos faz refletir que embora a IA tenha gerado questões pertinentes é essencial que essas informações sejam supervisionadas pelo docente (Netto, 2024).

Já as questões 9 e 10 abordam como o aumento ou a redução de CO₂ interferem no deslocamento do equilíbrio químico. As altas concentrações de CO₂ podem exacerbar o efeito

estufa e acelerar o aquecimento global, enquanto a redução pode mitigar os efeitos do aquecimento global. De acordo com Pena-Vega (2023), esses conceitos são cruciais para que os alunos compreendam os desafios ambientais e busquem alternativas que possam minimizar as emissões de GEE em prol de um futuro mais sustentável.

Ao analisar a especificidade das questões foi possível verificar que a IA relaciona de forma estruturada o conceito de equilíbrio químico com a temática do aquecimento global, promovendo uma abordagem pedagógica que pode promover uma reflexão crítica. Dessa forma, evidenciou-se que a IA oferece recursos que podem agilizar o desenvolvimento de atividades, e também foi evidenciada a necessidade da supervisão docente ao usar essas ferramentas para criar seus conteúdos.

Outro ponto interessante é que a IA gerou o gabarito das questões, indo além do que foi solicitado. Esse dado enfatiza a capacidade da IA Generativa de estabelecer novas conexões na rede neural superficial aprendendo de maneira autônoma para superar as expectativas em cumprir a finalidade do *prompt* (Russell; Norvig, 2013). Dessa forma, a lista de exercícios elaborada pela IA, apresenta uma conexão dos conceitos de equilíbrio químico com o aquecimento global, o que pode contribuir para uma visão integrada entre a química e as questões socioambientais. A maioria dos enunciados está com uma linguagem clara e objetiva, mas as questões podem ser melhor contextualizadas para enriquecer os enunciados e integrar a dimensão socioambiental ampliando a criticidade da atividade pedagógica. O gabarito, de maneira geral, está coerente com os conteúdos abordados. No entanto, durante a revisão do material, observou-se que a questão 8 não continha, entre as alternativas, a resposta correta que seria 45. Além disso, o gabarito indicava erroneamente a alternativa “c” como correta. Esse equívoco evidencia que, embora a IA possa ser uma ferramenta eficiente na elaboração de questões, não está isenta de falhas, sendo fundamental a análise crítica do docente para validação do material gerado.

Dando continuidade a elaboração do *prompt* foi aplicado o terceiro *prompt*: “Desenvolva uma sequência didática para alunos do 3º ano do Ensino Médio que explique o Princípio de Le Chatelier em relação ao aquecimento global. A sequência deve relacionar como o aumento de gases de efeito estufa altera o equilíbrio químico na atmosfera. A sequência deve incluir os impactos ambientais e a conscientização ambiental para mitigar o aquecimento global”. Esse *prompt* gerou SD conforme encontra-se no Quadro 4.

Quadro 4. Sequência Didática gerada pelo Chat GPT

Sequência Didática: O Princípio de Le Chatelier e o Aquecimento Global**Público-alvo:** Alunos do 3º ano do Ensino Médio

Objetivo geral: Compreender o Princípio de Le Chatelier, relacionando-o ao impacto do aumento dos gases de efeito estufa no equilíbrio químico da atmosfera. Discutir os impactos ambientais do aquecimento global e promover a conscientização sobre práticas sustentáveis para mitigar os efeitos desse fenômeno.

Justificativa: Esta sequência didática visa abordar de maneira clara e contextualizada o conceito de equilíbrio químico, utilizando o Princípio de Le Chatelier para explicar o aquecimento global. A proposta se concentra em aproximar os alunos da realidade atual, mostrando as consequências diretas das ações humanas no meio ambiente e incentivando a busca por alternativas para mitigar o aquecimento global.

Aula 1: Introdução ao Equilíbrio Químico e Princípio de Le Chatelier**Objetivos da aula:**

- Definir o equilíbrio químico e explicar como ele ocorre.
- Introduzir o Princípio de Le Chatelier.
- Relacionar o Princípio de Le Chatelier com fenômenos naturais, preparando os alunos para compreender o impacto dos gases de efeito estufa no clima.

Atividades:**1. Aula expositiva e interativa:**

- O docente apresenta os conceitos básicos de equilíbrio químico, explicando que, em um sistema em equilíbrio, as reações direta e inversa ocorrem com a mesma velocidade, e as concentrações dos reagentes e produtos permanecem constantes, embora possam ser diferentes.
- Introdução ao Princípio de Le Chatelier, explicando que, quando um sistema em equilíbrio é perturbado, ele se ajusta para minimizar a perturbação. Exemplos práticos são dados com base em reações químicas simples.

2. Discussão orientada:

- Relacionar o conceito de equilíbrio químico com situações cotidianas e processos naturais (exemplo: dissolução de gases na água, mudanças de temperatura que afetam o clima).
- Introdução do tema do aquecimento global, com ênfase nas mudanças que afetam o equilíbrio climático.

3. Atividade prática:

- Simulação de um sistema de equilíbrio químico, usando materiais simples como tubos de ensaio e reagentes para mostrar como o equilíbrio pode ser perturbado por fatores como temperatura, pressão e concentração.

Tarefa de casa: Pesquisar sobre outros exemplos de reações reversíveis e como elas se comportam em sistemas em equilíbrio.

Aula 2: O Princípio de Le Chatelier Aplicado ao Aquecimento Global**Objetivos da aula:**

- Relacionar o Princípio de Le Chatelier ao aumento dos gases de efeito estufa.
- Discutir como o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera altera o equilíbrio químico da Terra.

- Analisar como a perturbação do equilíbrio climático afeta o clima global.

Atividades:

1. **Aula expositiva com recursos multimídia:**

- Explicar como os gases de efeito estufa (como CO₂, metano e vapor d'água) interagem com a radiação solar e contribuem para o aquecimento global. Relacionar essa explicação ao Princípio de Le Chatelier, detalhando como o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera desloca o equilíbrio térmico global, resultando em um aumento da temperatura.
- Utilizar gráficos e simulações interativas para demonstrar como o aumento de CO₂ altera o equilíbrio químico na atmosfera e as implicações para o clima terrestre.

2. **Discussão em grupos:**

- Dividir os alunos em grupos para discutir como as alterações no equilíbrio químico da atmosfera (devido ao aumento de CO₂) afetam o clima. Cada grupo deve refletir sobre um impacto ambiental específico (exemplo: derretimento de calotas polares, aumento do nível do mar, mudança de ecossistemas).

3. **Análise de Caso:**

- Estudo de casos reais, como o impacto do aumento do CO₂ em zonas urbanas ou florestas, explorando como as práticas humanas alteram o equilíbrio químico global.

Tarefa de casa: Elaborar um pequeno texto sobre o impacto do aumento do CO₂ no equilíbrio climático e os possíveis efeitos para o futuro do planeta.

Aula 3: Práticas Sustentáveis e Mitigação do Aquecimento Global

Objetivos da aula:

- Explorar ações sustentáveis para mitigar o aquecimento global.
- Discutir alternativas como o reflorestamento, uso de energias renováveis e captura de carbono.
- Estimular a conscientização ambiental nos alunos, enfatizando a importância de suas ações.

Atividades:

1. **Aula expositiva:**

- Apresentar ações sustentáveis, como o plantio de árvores, o uso de fontes de energia renovável (solar, eólica) e tecnologias de captura de carbono, explicando como elas podem ajudar a mitigar o aumento dos gases de efeito estufa.
- Relacionar o Princípio de Le Chatelier ao processo de mitigação, explicando como essas práticas podem ajudar a deslocar o equilíbrio químico em direção à redução de CO₂ na atmosfera.

2. **Discussão em sala de aula:**

- Promover um debate sobre como as mudanças no comportamento humano, como o consumo consciente e a redução de emissões de carbono, podem contribuir para reverter o desequilíbrio climático.

3. **Atividade prática:**

- Organizar os alunos em grupos para planejar uma ação sustentável para a escola, como o plantio de árvores, a criação de campanhas de redução de plástico ou a implementação de ações de reciclagem.

Tarefa de casa: Os alunos devem elaborar um projeto para a mitigação do aquecimento global em suas

comunidades, aplicando o que aprenderam sobre o Princípio de Le Chatelier e as alternativas sustentáveis.

Avaliação:

- **Avaliação contínua:** Acompanhamento das discussões em sala e das atividades em grupo.
- **Avaliação final:** Redação final em que os alunos devem explicar como o Princípio de Le Chatelier se aplica ao impacto dos gases de efeito estufa no equilíbrio químico da atmosfera, sugerindo práticas sustentáveis para mitigar o aquecimento global.

Recursos:

- Slides e vídeos sobre equilíbrio químico, gases de efeito estufa e o impacto do CO₂ na atmosfera.
- Simulações digitais (como PhET) sobre o efeito estufa e o aquecimento global.
- Materiais de leitura sobre alternativas sustentáveis e tecnologias verdes.

Justificativa pedagógica: A sequência didática foi estruturada para que os alunos compreendam o conceito de equilíbrio químico de forma prática e contextualizada. Ao relacionar o Princípio de Le Chatelier ao aquecimento global, a proposta visa não apenas ampliar os conhecimentos químicos dos alunos, mas também estimular a conscientização ambiental, levando-os a refletir sobre o papel de suas ações na preservação do equilíbrio climático global.

Fonte: Acervo do autor (2025).

Ao analisar a SD gerada pelo Chat GPT, percebe-se uma organização estruturada do conhecimento de forma sistematizada com uma abordagem teórica e prática contextualizada com a temática de estudo. A primeira aula da SD apresenta o Princípio de Le Chatelier, contextualizando-o com o aquecimento global e propondo exemplos do cotidiano, favorecendo uma aprendizagem significativa ao relacionar as questões socioambientais com os conceitos químicos. Nessa aula, a IA sugere uma atividade prática de experimentação, utilizando materiais de fácil obtenção para simular como o equilíbrio químico pode ser perturbado por fatores como temperatura, pressão e concentração. Destaca-se, ainda, a proposta de uma tarefa de casa, na qual os alunos devem pesquisar outros exemplos de reações reversíveis e analisar seu comportamento em sistemas em equilíbrio químico.

Na segunda aula, a IA propõe uma aula expositiva com o uso de recursos multimídias para explicar como os GEE, especificamente o gás carbônico (CO₂), metano (CH₄) e vapor de água (H₂O), interagem com a radiação solar e contribuem para o aquecimento global. Nessa abordagem, sugere-se a utilização de gráficos e simulações interativas para demonstrar como o aumento significativo de CO₂ altera o equilíbrio químico da atmosfera, gerando consequências desastrosas para o clima terrestre. Outro aspecto relevante é a proposta de atividades em grupos, promovendo discussões reflexivas e colaborativas entre os alunos. A IA também inclui uma análise de estudos de caso reais sobre os impactos do aumento de gás

carbônico em zonas urbanas e áreas florestais, relacionando a interferência das ações humanas no clima atmosférico. Como atividade final, propõe-se a produção de um texto crítico sobre os efeitos do CO₂ no equilíbrio climático e as possíveis consequências para o futuro do planeta Terra.

Na terceira aula da SD, a IA integra ações sustentáveis voltadas à mitigação do aquecimento global, discutindo alternativas como o reflorestamento, o uso de energias renováveis e a captura de carbono. Essa abordagem visa estimular a reflexão crítica dos alunos, buscando transformar a teoria em prática por meio de ações concretas para enfrentar os desafios climáticos, relacionando os conceitos químicos à responsabilidade socioambiental. Como tarefa de casa, a IA propõe que os alunos elaborem um projeto de mitigação do aquecimento global voltado para suas comunidades, aplicando os conceitos químicos sobre o Princípio de Le Chatelier e as alternativas sustentáveis para a redução da emissão de GEE. Além disso, a IA propõe o acompanhamento das discussões em sala de aula e das atividades realizadas em grupo como forma de avaliação contínua da aprendizagem.

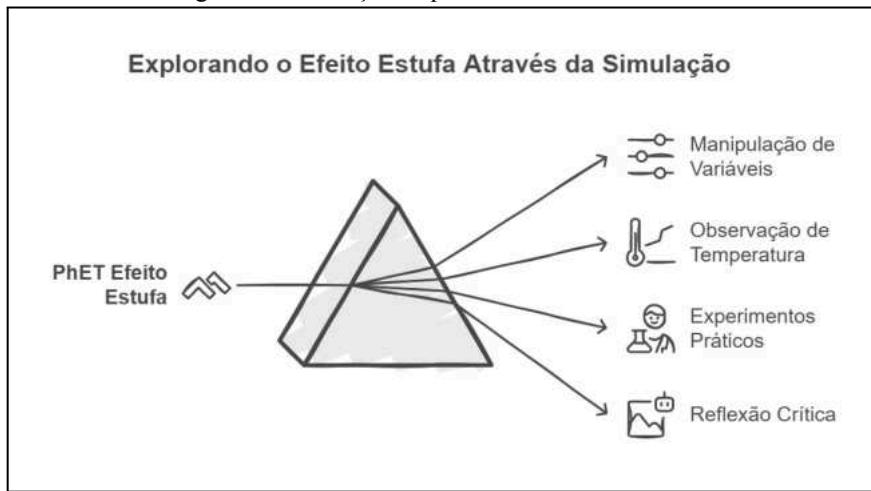
Dessa forma, a SD gerada pela IA inclui uma série de propostas pedagógicas e recursos como atividades práticas, simulação virtual, produção de textos e projetos sustentáveis que contextualizam o efeito estufa e aquecimento global, facilitando a aprendizagem de conceitos químicos abstratos. Sendo importante destacar que o professor tem total autonomia para adaptar essa sequência aos seus objetivos de aprendizagem de acordo com as necessidades e contextos de seus alunos (Netto, 2024).

Nesse sentido, Silva *et al.* (2023) ressaltam que a IA tem um futuro promissor no campo educacional, no entanto essa ferramenta deve ser empregada de forma responsável, e sob o olhar crítico e ético do professor, que deve estar ciente das limitações e da necessidade de validar as respostas fornecida pela IA.

7.2 SIMULAÇÃO VIRTUAL CONTEXTUALIZANDO O EFEITO ESTUFA

A simulação do PhET Efeito será inserido na primeira aula da sequência didática para contextualizar o efeito estufa e seus impactos no clima. A Figura 15 apresenta um esquema das possibilidades de interações por meio da ferramenta PhET.

Figura 15. Ilustração esquema PhET Efeito Estufa



Fonte: Acervo do autor (2025).

Esse OVA possibilita que os alunos possam manipular variáveis relacionadas à concentração dos gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), em diferentes períodos, tornando a aprendizagem interativa e dinâmica. Ao alterar essas variáveis, os discentes passam a observar como o aumento ou a redução desses gases afeta a temperatura, evidenciando de forma experimental a conexão entre os GEE e o aquecimento global.

Nessa atividade, os alunos terão a oportunidade de realizar seis experimentos que vão facilitar o entendimento dos mecanismos que regem o fenômeno do efeito estufa. Esses experimentos fornecem uma abordagem prática para a construção do conhecimento promovendo uma reflexão crítica ao analisar as consequências geradas pela alteração da concentração de GEE. Ao final de cada experimento será exibida uma imagem gerada pela IA para que os alunos possam ter uma percepção de cada cenário ao longo das décadas, e se em algum deles há alguma semelhança com as condições da realidade atual.

7.2.1 Primeira Simulação

A primeira simulação planejada demonstrou o fenômeno do efeito estufa com a concentração nula de GEE. Na Figura 16 é observado o comportamento das ondas de radiação solar e a radiação infravermelha ao interagir com a atmosfera terrestre. Na ausência de GEE, o balanço energético entre a energia que entra (radiação solar) e a energia que sai (radiação infravermelha) permanece inalterado.

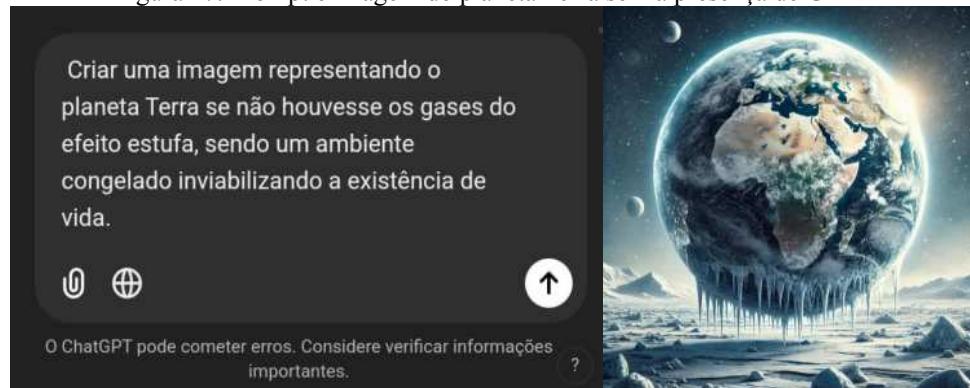
Figura 16. Concentração nula de GEE



Fonte: Acervo do autor (2025).

Após a visualização dessa simulação, foi elaborado um *prompt* para gerar uma imagem da Terra sem a presença dos GEE, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17. Prompt e imagem do planeta Terra sem a presença de GEE



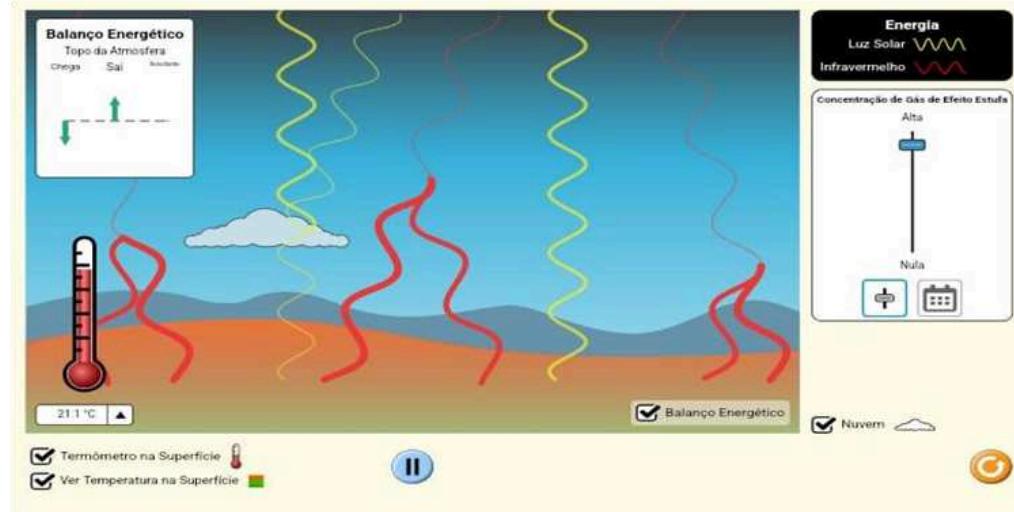
Fonte: Acervo do autor (2025).

A imagem gerada permite o professor dialogar com os alunos como seria a Terra sem os GEE. Nesse cenário, o calor irradiado pela superfície terrestre escaparia totalmente para o espaço, resultando em temperaturas extremamente baixas, tornando inviável as condições necessárias para a existência da vida na Terra. A presença dos GEE é essencial para tornar o planeta habitável (Coelho *et al.*, 2014). Esse fenômeno é responsável pelo equilíbrio climático propício para a biodiversidade, funcionando como uma manta térmica que mantém a temperatura da Terra dentro dos níveis adequados.

7.2.2 Segunda Simulação

O segundo experimento Figura 18, busca traçar uma comparação com o primeiro, permitindo mudar as condições para observar a interação das ondas de radiação infravermelha em altas concentrações de GEE.

Figura 18. Concentração alta de GEE

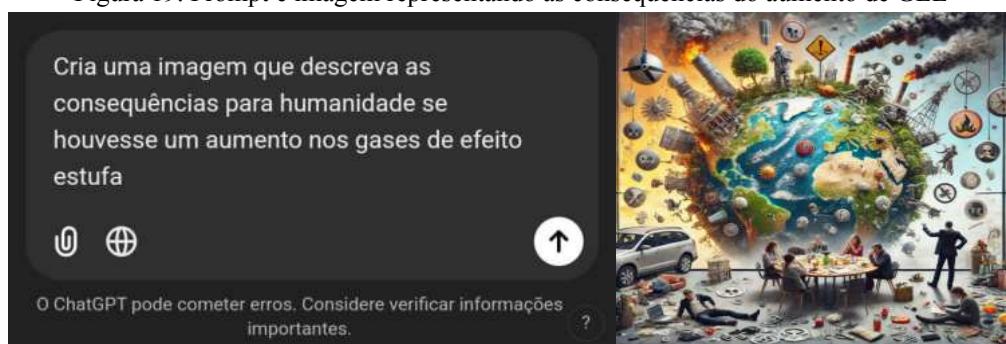


Fonte: Acervo do autor (2025).

Essa simulação permite que os alunos elaborem hipóteses sobre as possíveis implicações do aumento desses gases na atmosfera, associando a intensificação do efeito estufa como resultado das atividades antrópicas. Para Pena-Vega (2023), é essencial que os estudantes compreendam os fatores que geram as mudanças climáticas, e os impactos catastróficos que atingem as populações mais vulneráveis.

Para ilustrar essa realidade, foi elaborado um *prompt* para gerar uma imagem da Terra representando as consequências para a humanidade em altas concentrações de GEE, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19. Prompt e imagem representando as consequências do aumento de GEE

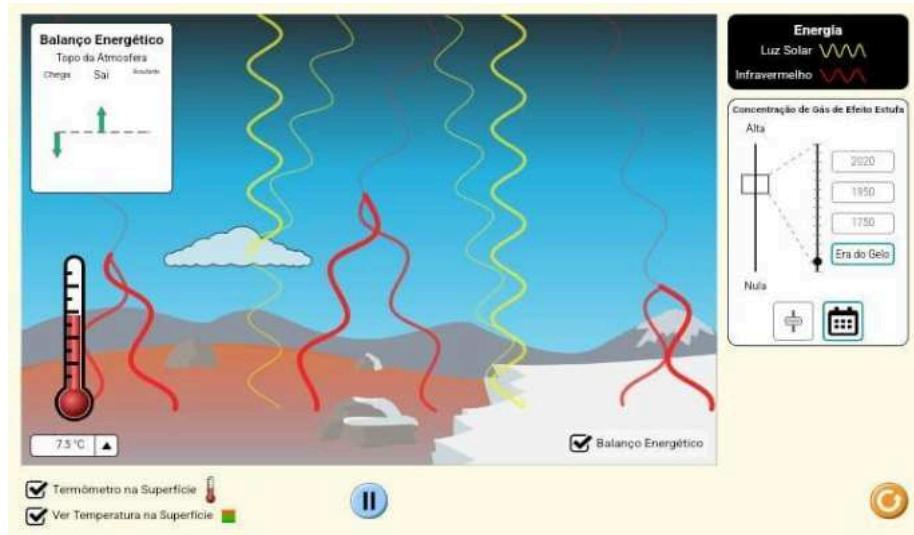


Fonte: Acervo do autor (2025).

7.2.3 Terceira Simulação

A terceira demonstração analisou o fenômeno do efeito estufa durante a Era Glacial, quando o volume dos gases de efeito estufa eram significativamente mais baixos, a Figura 20 retrata esse período.

Figura 20. Concentração de GEE na Era Glacial

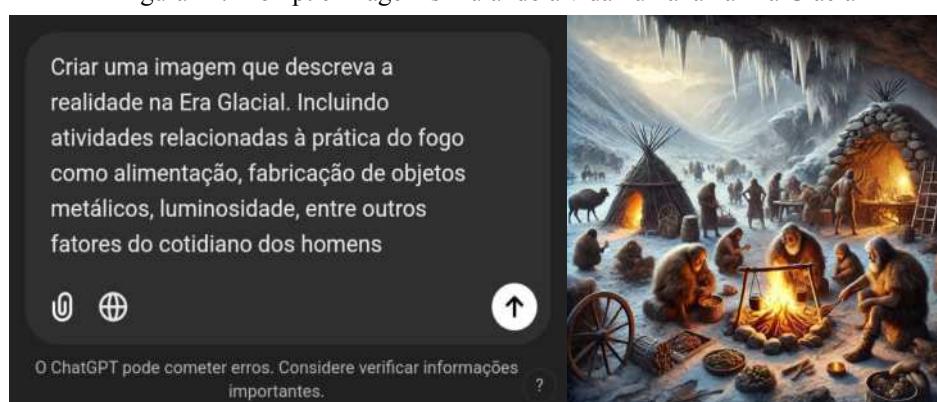


Fonte: Acervo do autor (2025).

Nessa etapa, o professor pode mediar a aprendizagem abordando os estudos históricos sobre a concentração de GEE. Petit *et al.* (1999), em suas análises dos núcleos de gelo na Antártica, constataram que as concentrações dos gases de efeito estufa eram reduzidas em comparação a tempos posteriores, estimando-se que para o CO₂ a porção era de aproximadamente 180 ppm.

Para ilustrar essa simulação na era Glacial foi formulado um *prompt* para a IA gerar uma imagem de como seria a vida humana nesse período, conforme representado na Figura 21.

Figura 21. Prompt e imagem simulando a vida humana na Era Glacial



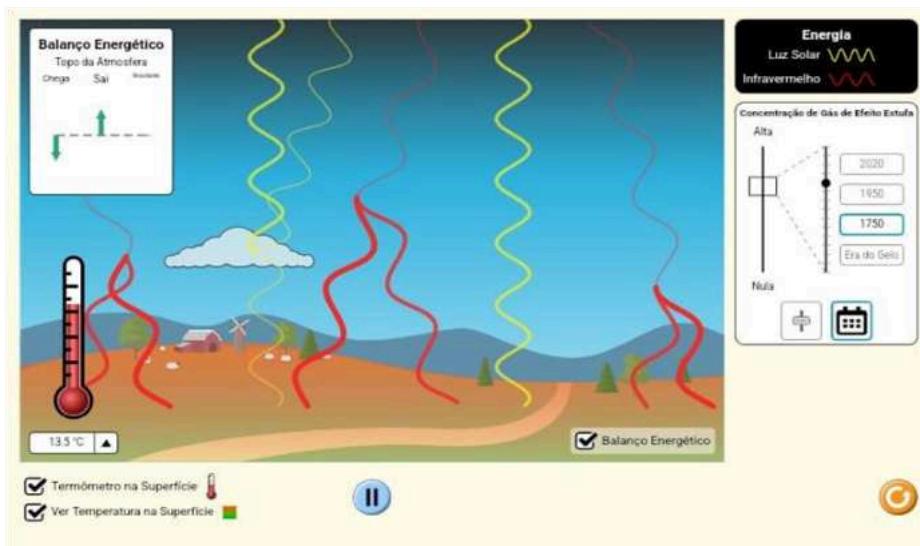
Fonte: Acervo do autor (2025).

A imagem gerada permite que os alunos possam fazer uma comparação entre os cenários do passado com as condições climáticas atuais. Isso permite uma conexão mais abrangente do efeito das concentrações de GEE ao longo do tempo.

7.2.4 Quarta Simulação

O Quarto experimento simulou a ocorrência do efeito estufa no ano de 1750, período próximo da Primeira Revolução Industrial. Nesta época, a concentração de CO₂ na atmosfera era de aproximadamente 277 ppm (Friedlingstein *et al.*, 2020). Essa demonstração, teve o intuito de evidenciar as condições climáticas antes da Primeira Revolução Industrial, quando as atividades humanas não emitiam volumes relevantes para influenciar a mecânica do clima, conforme ilustrado na Figura 22 (Fumiã; Silva, 2019).

Figura 22. Concentração de GEE no ano de 1750



Fonte: Acervo do autor (2025).

A Figura 23, descreve o *prompt* empregado para a IA gerar uma ilustração desse período.

Figura 23. Prompt e imagem que descreve a realidade em 1750



Fonte: Acervo do autor (2025).

Nessa época, as emissões antropogênicas limitavam-se a práticas rudimentares, como a utilização do fogo para alimentação, fabricação de materiais, aquecimento e luminosidade. A análise desse cenário permite que os alunos compreendam as condições pré-industriais e seus impactos potencializando o aumento do efeito estufa.

7.2.5 Quinta Simulação

A quinta demonstração experimental simulou as condições climáticas da Terra no ano de 1950, período caracterizado pelo aumento das emissões de GEE, resultante da expansão das atividades industriais, por meio do uso de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural (Tolentino; Rocha-Filho, 1998).

Ao observar a Figura 24, percebe-se que o aumento na concentração de GEE elevou a temperatura de 13,5°C na década de 1750 para 13,8°C na década de 1950. Esse dado demonstra que em um intervalo de 200 anos, houve um aumento de 0,3°C. Embora possa parecer pequeno, essa elevação da temperatura reflete uma tendência crescente que está associada às emissões antrópicas de GEE.

Figura 24. Concentração de GEE no ano de 1950



Fonte: Acervo do autor (2025).

Ainda nessa simulação o docente pode refletir junto com os alunos que mesmo uma elevação pequena pode ter consequências significativas para o clima global, interferindo nos padrões climáticos gerando eventos extremos como ondas de calor e chuvas intensas.

Para ilustrar essa simulação foi elaborado o *prompt*: “Criar uma imagem que descreva a realidade em 1950. Incluindo atividades relacionadas a emissão dos gases de efeito estufa a práticas do fogo como alimentação, fabricação de objetos metálicos e luminosidade. Incluindo as práticas relacionadas à produção de energia como industriais e veículos a combustão, entre outros. Incluindo atividades agropecuárias como agricultura, pecuária, desmatamento e queimadas de florestas”. A partir desse *prompt* foi gerado a imagem conforme a Figura 25.

Figura 25. Prompt e imagem que descreve a realidade em 1950

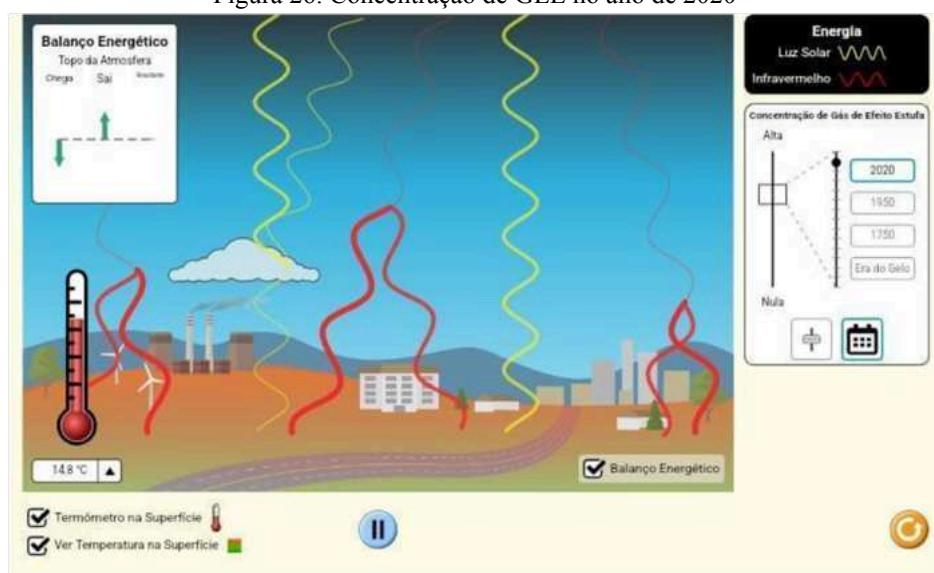


Fonte: Acervo do autor (2025).

7.2.6 Sexta Simulação

A sexta experimentação virtual Figura 26, simulou o fenômeno do efeito estufa no ano de 2020, marcado pelo acúmulo elevado de GEE na atmosfera.

Figura 26. Concentração de GEE no ano de 2020



Fonte: Acervo do autor (2025).

De acordo com o Orçamento Global de Carbono em 2019 a concentração de dióxido de carbono atingiu um volume de 410 (ppm), representando um aumento significativo em relação aos níveis pré-industriais, maximizado principalmente pela queima dos combustíveis fósseis, desmatamento e atividades industriais (Friedlingstein *et al.*, 2020).

Essa simulação é fundamental para a compreensão do efeito estufa, pois retrata bem o momento atual, demonstrando como as altas concentrações de GEE têm acelerado o processo do aquecimento global. Ao visualizar esses dados, os alunos conseguem identificar que ao longo do tempo as emissões excessivas de GEE não apenas mudam a temperatura média global, mas têm gerado consequências catastróficas.

Conforme ressaltado por Alpino *et al.* (2022), o aquecimento global está relacionado a eventos extremos como secas prolongadas, fortes tempestades, derretimento das geleiras, elevação dos níveis dos mares e perda da biodiversidade. Esse fenômeno, conhecido como mudanças climáticas, têm colocado em risco a segurança alimentar e a qualidade de vida da população a nível global, reforçando a urgência em buscar alternativas para mitigar os impactos do aquecimento global (Latour, 2020).

Para ilustrar essa simulação foi aplicado o *prompt*: “Criar uma imagem que descreva a realidade em 2020. Incluindo atividades relacionadas a emissão dos gases de efeito estufa a práticas do fogo como alimentação, fabricação de objetos metálicos e luminosidade. Incluindo as práticas relacionadas à produção de energia como industriais e veículos a combustão, entre outros. Incluindo atividades agropecuárias como agricultura, pecuária, desmatamento e queimadas de florestas.” A Figura 27, ilustra a imagem gerada pela IA desse cenário contemporâneo.

Figura 27. Prompt e imagem que descreve a realidade em 2020



Fonte: Acervo do autor (2025).

Em suma, ao empregar a simulação PhET Efeito Estufa, o professor possibilita contextualizar as emissões de GEE e discutir os impactos ambientais de forma crítica e

interativa. A inserção desse recurso didático virtual nas aulas proporciona um ambiente de aprendizagem em que o aluno pode desenvolver sua autonomia, participando de todas as etapas de forma ativa.

Na medida que o estudante interage com o experimento, cria-se um espaço para o diálogo, a reflexão e a construção de um aprendizado mais significativo, coerente com a perspectiva da Abordagem Centrada no aluno, na qual o professor atua como facilitador da aprendizagem proporcionando diversos meios para que o aluno seja o protagonista de seu processo de aprendizagem (Pinheiro; Batista, 2018).

Dessa forma, integrar a simulação e as ilustrações geradas pela IA na SD contribuem para que os alunos possam visualizar conceitos químicos de forma dinâmica, além de compreender o impacto das ações humanas envolvidas nesse fenômeno.

7.3 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Segundo Machado e Aragão (1996), apesar do conceito sobre equilíbrio químico ser importante para o ensino de química, pois aborda outros conceitos de química, muitos livros didáticos fazem uma abordagem do equilíbrio químico com um enfoque quantitativo, ou seja, mais voltado para os cálculos matemáticos sobre concentração. A partir desse enfoque os alunos, aprendem a calcular as constantes de equilíbrio e conseguem prever se o equilíbrio vai se deslocar para a formação de reagentes e produtos, no entanto os alunos têm dificuldades para compreender o que é um sistema no estado de equilíbrio no nível atômico-molecular. Machado e Aragão (1996) refletem que os alunos fazem uma atividade mecanicamente, sem refletir ou considerar os fatores termodinâmicos e cinéticos envolvidos no processo de equilíbrio químico.

Ao investigar os conceitos prévios que os alunos saber sobre equilíbrio, Machado e Aragão (1996) percebem que os alunos relacionam o equilíbrio com questões da vida cotidiana, tendo uma natureza macroscópica e sensorial, e nenhuma delas consideram as questões abstratas, e esse fato é importante, pois pode indicar as dificuldades associadas a compreensão do equilíbrio químico. E muitos alunos consideram ainda que o estado de equilíbrio não haveria mais reações, sendo algo estático que ao atingir o estado de equilíbrio nada mais acontece. Sendo necessário, o professor intervir e explicar que as reações químicas são reversíveis e sob determinadas condições podem coexistir produtos e reagentes em equilíbrio existir (Machado; Aragão, 1996).

Para Machado e Aragão (1996), é preciso compreender que o equilíbrio é dinâmico e deve-se considerar os aspectos fundamentais para o entendimento do estado de equilíbrio, como igualdade das velocidades das reações de formação de produtos, reconstituição de reagentes, a reversibilidade das reações, e também é preciso compreender como os alunos associam esses conceitos ao equilíbrio químico (Machado; Aragão, 1996). Essa abordagem permite que o professor de química possa evidenciar os equívocos relacionados ao conceito de equilíbrio e buscar trabalhar com alternativas que visam o aprendizado qualitativo dos alunos, levando para a sala de aula atividades que os alunos possam observar o que está acontecendo com determinada reação e busquem explicar com suas palavras o que estão observando (Machado; Aragão, 1996).

De acordo com Netto (2024), a IA pode contribuir com a elaboração de materiais diversificados que auxilie o professor em suas aulas, mas cabe ao professor ajustar os materiais gerados para garantir que atendam às necessidades educacionais de seus alunos.

Assim, com base no material gerado pela IA, e após análise crítica de suas contribuições teóricas e práticas para o ensino dos conceitos de equilíbrio químico e do Princípio de Le Chatelier, foi elaborada uma nova SD. Essa nova versão emprega as sugestões propostas pelo Chat GPT, estruturando-as e adaptando-as para atender aos objetivos de aprendizagem definidos pelo docente, com o intuito de assegurar uma abordagem formativa e reflexiva no contexto do aquecimento global. A sequência didática final contempla três aulas interligadas, que articulam os conhecimentos químicos com as questões socioambientais.

Na primeira aula, será apresentado a temática do aquecimento global, a turma será organizada em uma roda de conversa para dialogar sobre a temática. A atividade será dividida em três momentos: no primeiro, será aplicado um questionário elaborado pelo Chat GPT, com o objetivo de realizar um diagnóstico inicial dos conhecimentos prévios dos alunos; no segundo momento, será realizada a roda de conversa, com formação de nuvem de palavras a partir das palavras chave que os alunos forem expondo sobre o tema, com a mediação do professor para construir os conceitos; e, no terceiro momento os alunos realizarão a simulação virtual PhET Efeito Estufa, buscando visualizar por meio desse recurso multimídia como alterações nas concentrações de GEE interferem no comportamento da atmosfera, elevando a temperatura global.

A segunda aula será expositiva e abordará o Princípio de Le Chatelier, como base para auxiliar os alunos na compreensão das reações químicas que ocorrem na atmosfera com o aumento da concentração de CO_2 , relacionando esses conceitos às consequências das mudanças climáticas que acontecem no cotidiano. Em seguida, os alunos deverão responder a

lista de exercícios gerada pelo Chat GPT e previamente corrigida pelo docente. Após essa atividade, serão divididos em grupos para elaborar um cartaz criando um desenho imagético para representar as causas e consequências da intensificação do efeito estufa, promovendo uma aprendizagem ativa e a percepção ambiental articulando conteúdos científicos ao contexto socioambiental. Ao final, cada grupo deverá apresentar e explicar seu desenho para a turma, favorecendo trocas coletivas e interativas que contribuem para a construção do conhecimento.

Na terceira aula, será realizada a sala de aula invertida, utilizando a plataforma Padlet, o professor disponibilizará previamente artigos, reportagens e documentários sobre o aquecimento global. Os alunos, organizados em grupos, deverão acessar os materiais e construir um mural no Padlet com propostas de ações para mitigar a intensificação do efeito estufa, promovendo a sustentabilidade ambiental de forma crítica e comprometida com a transformação socioambiental. Na aula presencial, será feita as apresentações das propostas para a turma. Após as apresentações será realizado um debate coletivo, proporcionando um momento de reflexão do aprendizado.

A SD reestruturada está disponível no Anexo C.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A luz dos referenciais teóricos a Inteligência Artificial (IA), disponibiliza uma série de informações e abordagens sistemáticas para o professor desenvolver materiais didáticos. A cibercultura está presente no cotidiano dos alunos, e essas tecnologias proporcionam uma leitura multifacetada da problemática da intensificação do efeito estufa. A Sequência Didática gerada pelo Chat GPT mostrou-se uma estratégia promissora para o ensino de química.

A pesquisa buscou investigar as potencialidades do Chat GPT, como uma ferramenta pedagógica, capaz de auxiliar o docente na elaboração de materiais didáticos para o ensino de química no contexto do aquecimento global. A proposta integra a cibercultura presente no cotidiano dos alunos, para desenvolver atividades utilizando os recursos da IA, com a finalidade de tornar as aulas de química mais interativas, facilitando a compreensão de conceitos complexos, como o equilíbrio químico.

A metodologia adotada se fundamenta na perspectiva Discente ~ Docente ~ Aprendente, que considera o aluno em sua totalidade no processo de aprendizagem, alinhando-se à teoria humanista de Carl Rogers. Essa abordagem prioriza a centralidade do aluno no processo educativo para desenvolver sua autonomia e a reflexão crítica diante de problemas reais e globais.

Os *prompts* inseridos no Chat GPT apresentaram respostas coerentes com a questão do aquecimento global, sendo adequada para os alunos do 3º ano do Ensino Médio. Isso demonstra que a IA generativa, é treinada com uma enorme quantidade de informações, e isso lhe permite a capacidade de compreender e produzir textos relevantes em linguagem natural e coerente com o contexto da pesquisa.

No entanto, embora a IA seja treinada por um grande volume de dados, é fundamental que os *prompts* utilizados pelos usuários sejam precisos para que o Chat GPT consiga analisar o comando e buscar por respostas mais precisas ao que foi solicitado.

Nesse processo, é crucial ressaltar que a utilização dessa tecnologia não substitui a intervenção do docente, pois cabe ao professor analisar as respostas de acordo com seus conhecimentos técnicos e criticamente, buscando corrigir as possíveis falhas, ou até a superficialidade das respostas, para garantir a qualidade do material que está desenvolvendo.

A SD gerada pelo Chat GPT proporcionou um ambiente de aprendizagem interativo, com simulações, recursos multimídia e atividades diversificadas que facilitam a compreensão de conceitos complexos, como o equilíbrio químico. No entanto, a SD foi reestruturada e adaptada para atender os objetivos de aprendizagem definidos pelo docente.

Assim, conclui-se que os objetivos pretendidos nesta pesquisa foram alcançados, pois a IA gerou a SD conectando a química no contexto contemporâneo, social e ambiental, promovendo atividades colaborativas permitindo que os alunos assumam um papel ativo e engajado no processo de ensino e aprendizagem de forma significativa.

Este trabalho teve um papel fundamental na formação do discente enquanto futuro docente, ao proporcionar uma vivência concreta de diálogos e construção do saber a partir do uso de uma ferramenta tecnológica que emerge como uma resposta das humanidades à complexidade do mundo contemporâneo. A IA carrega em si, uma dualidade, por um lado oferece benefícios educacionais significativos e por outro apresenta o risco de acentuar exclusões sociais, principalmente quando utilizada sem uma mediação crítica e ética. Assim como o efeito estufa, que é essencial para a manutenção da vida na Terra, mas ao ser intensificado pelas atividades antrópicas causa graves prejuízos ao planeta Terra.

A partir dessas reflexões, o desafio está na intencionalidade pedagógica de como integrar a IA de forma crítica, ampliando as estratégias educacionais e promovendo novas possibilidades de elaboração de atividades pedagógicas. Nesse processo, a abordagem Discente~Docente~Aprendente (DDA) foi essencial para criar um espaço interativo de diálogos, e trocas de aprendizagens e conhecimentos, onde as falas se acoplam para integrar as humanidades na formação docente.

9 PERSPECTIVAS

As perspectivas desta pesquisa incluem incentivar os professores a utilizarem a Inteligência Artificial (IA) como um recurso pedagógico para criar e personalizar materiais didáticos. A IS pode ser empregada para otimizar o tempo do docente na elaboração de atividades e materiais didáticos que atendam às necessidades dos seus alunos. Nesse contexto, o uso do Chat GPT, do simulador virtual PhET Efeito Estufa e de outros recursos multimídia, visa promover uma formação que vá além da transmissão dos conceitos científicos, incentivando os alunos a refletirem criticamente sobre a necessidade de se reduzir os GEE como uma forma de mitigar o aquecimento global, abrindo possibilidades para a construção de um mundo comum.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. V. B.; FLÓRES, M. L. P. **Objetos de aprendizagem:** conceitos básicos. In: TAROUCO, L. M. R. (Org.). *Objetos de Aprendizagem: teoria e prática*. Porto Alegre, Evangraf, 2014, 504 p.
- ALBINO, L. A era da informação: economia, sociedade e cultura – A sociedade em rede, de Manuel Castells. **Revista Sociedade e Estado**, São Paulo, v. 15, n. 2, jul./dez. 1999. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sociedade/article/view/44369/33939>. Acesso em: 02 jan. 2025.
- ALBUQUERQUE, C.; VICENTINI, J. O.; PIPITONE, M. A. P. O júri simulado como prática para a educação ambiental crítica. **Rev. bras. Estud. pedagogo**, Brasília, v. 96, n. 242, p. 199-215, jan./abr. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 25 mai. 2023.
- ALPINO, T. de M. A.; MAZOTO, M. L.; BARROS, D. C. de.; FREITAS, C. M. de. Os impactos das mudanças climáticas na Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 273-286, 2022.
- AMATUZZI, M. M. **Rogers: Ética Humanista e Psicoterapia.** 2^a ed. Campinas: Editora Aline, 2012.
- ARAÚJO, D. L. de. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 322-334, jan.-jul. 2013.
- ARAÚJO, E. S. C. de; VIEIRA, V. M. O. Práticas docentes na Saúde: contribuições para uma reflexão a partir de Carl Rogers. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 97-104, jun. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pee/a/9tbhZ84SfBrL7tV8P7THRDt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2024.
- ATKINS, P; JONES, L; LAVERMAN, L. **Princípios de Química:** Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BAIRD, C. **Química ambiental.** 2^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; SILVA-FILHO, S. M. da. Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 71-76, mai. 2011. Disponível em: http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.
- BEZERRA, M. E. S.; BEZERRA, E. N. Aspectos humanistas, existenciais e fenomenológicos presentes na abordagem centrada na pessoa. **Revista NUFEN**, Guamá, v. 4, n. 2, p. 21-36, nov. 2012. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-25912012000200004&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 07 jan. 2025.
- BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, mai./ago. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/SgzwvyFQvzynyM8ZhdtRzjr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 28 dez. 2024.

BORGES, M. de L.; SILVA, A. G. da. **Implicações de um cenário multigeracional no ambiente de trabalho: diferenças, desafios e aprendizagem.** In: IV Encontro de Gestão de Pessoas e Relações de Trabalho, EnGPR250, Brasília, DF, 2013.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Educação ambiental por um Brasil sustentável:** ProNEA, marcos legais e normativos, Nadja Janke, Patrícia Barbosa, organizadoras. 6, ed. Brasília: MMA, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/103862?guid=1714003200590&returnUrl=%2F Sophia_web%2F resultado%2F listar%3F guid%3D1714003200590%26 quantidadePáginas%3D1%26 código Registro%3D103862%23103862&i=8. Acesso em 2 de jan. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Seção 1, p. 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em 15 nov. 2024.

BUENO, P. H.; PEREIRA, L. F. M.; MAIA, H. de A.; ÁVILA, S. E. F. de. **Engenharia de prompts para extração de eventos e unidades de plot.** Relatório Técnico - IC-PFG-24-67. Projeto Final de Graduação. Campinas, 2024. 22 p.

CARDOSO, M. B. **Sequências didáticas: orientações para iniciantes na pesquisa em educação matemática.** Iguatu, CE: Quipá Editora, 2024. 50 p.

CARVALHO, F. C.; POUBEL, I. da S. Emergência das questões ambientais na virada epistemológica: Reflexões e tessituras sobre o sujeito da modernidade. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 84-93, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334181525_Emergencia_das_questoes_ambientais_na_virada_epistemologica_reflexoes_e_tessituras_sobre_o_sujeito_da_modernidade. Acesso em: 07 mar. 2025.

COELHO, A; BARBALHO, E.S.; ESCREMIN, J. V. Desenvolvimento de um experimento sobre o efeito estufa: uma proposta para o ensino. **Revista virtual de química, [s. l.],** v. 6, n. 1, p. 142-151, 2014. Disponível em: <https://rvq-sub.sbj.org.br/index.php/rvq/article/view/559>. Acesso em: 07 mar. 2025.

CASSIANO, A.; COELHO, T. S. O uso da inteligência artificial no combate ao aquecimento global. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 10, n. 1, 2022. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/2829>. Acesso: 07 mar. 2025.

FAGUNDES, R. da C.; SILVA, I. D.; TAMIASSO-MARTINHON, P. DESCARTES A MARX: A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DOCENTE EM UMA PERSPECTIVA DISCENTE~DOCENTE~APRENDENTE. In: Anais do VI Encontro de História da Educação do Centro-Oeste. **Anais** [...]. Uberlândia(MG) UFU, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/6eheco/507028>. Acesso em: 20 fev. 2025.

FLÓRES, M. L. P.; TAROUCO, L. M. R. Diferentes tipos de objetos para dar suporte a aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/14513>. Acesso em: 07 mar. 2025.

FRIEDLINGSTEIN, P. *et al.* **Orçamento Global de Carbono 2020.** Earth System Science Data, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 3269-3340, 2020. Disponível em:

<https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/2020/essd-12-3269-2020.html>. Acesso em: 8 jan. 2025.

FUMIÃ, H. F.; SILVA, S. L. L. da. Fourier revisitado: um modelo simplificado para o efeito estufa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 44, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/BMFLzpzFTbt5hdyVVjbTbFm/>. Acesso em: 8 jan. 2025.

GABEL, D. L.; BRINER, D.; HAINES, D. Modeling with magnets – A unified approach to chemistry problem solving. **The Science Teacher**, March 1992, p. 58-63.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. In: Projeto Balanço de Carbonos. Reservatório de Furnas, 2007. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/projetofurnas/panorama_cont.html. Acesso em: 07 mar. 2025.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. AR5 – Capítulo 08: Forçantes Radiativas Antropogênicas e Naturais. 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf. Acesso em: 05 dez. 2024.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Mudanças climáticas 2023: A base científica física. Resumo para formuladores de políticas. 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf. Acesso em: 28 de out. 2024.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JUNGES, J. R. O novo regime climático do Antropoceno e de Gaia. **Revista Bioética**, Brasília, v. 29, n. 4, out./dez. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bioet/a/YpmZZpW8hcvwQfRsXntgntH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 15 jan. 2025.

LATOUR, B. **Onde Aterrar? – Como se orientar politicamente no Antropoceno**. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Bazar do Tempo, 2020.

LESSIN, R. C.; GHINI, R. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o ódio e o crescimento de plantas de soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 385-392, 2009.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999. 260 p. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/NMJdPBRwBc454dLskcmp5xb/?format=pdf>. Acesso em: 2 jan. 2025.

LIMA, C. B.; SERRANO, A. Inteligência Artificial Generativa e ChatGPT: uma investigação sobre seu potencial na Educação. **Revista Transinformação**, Campinas, v. 36, e2410839,

2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/tinf/a/L6D4gn3jb7szxS9LjSK5HSn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 10 jan. 2025.

LIMA, L. D.; BARBOSA, Z. C. L.; PEIXOTO, S. P. L. Teoria humanista: Carl Rogers e a educação. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas e Sociais**, Tiradentes, v. 4, n. 3, p. 161-171, mai. 2018. Disponível em:

<https://periodicos.set.edu.br/cdghumanas/article/view/4800>. Acesso em: 15 dez. 2024.

LONGMIRE, W. **A Primer On Learning Objects**. Virginia, USA: American Society for Training & Development, 2001.

LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, Ronaldo Sousa de. (orgs.). **Repensar a educação ambiental: um olhar crítico**. São Paulo: Cortez, 2009.

LOUREIRO, C. F. B.; LIMA, P. A história da educação ambiental: marco da Universidade de Keele. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 2012.

LOUREIRO, C. F. B. **Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política**. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2012.

MACHADO, E. da S.; ARRUDA, S. de M.; PASSOS, M. M. Caracterização da Aprendizagem da Cibercultura na Educação a Distância. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, n. e21013, p. 1-17, 2021. Disponível:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Cp4ZWjZLTrqbfGRsjvpqxbr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 jan. 2025.

MARIN, Mariana. **Resenha: Cibercultura, Pierre Lévy**. São Paulo: Ed. 34, 1999. Disponível em: <https://www.unijui.edu.br/arquivos/clinicapsicologia/informativos/falandonisso34/resenha.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2025.

MENDONÇA, *et al.* Inteligência Artificial, Fundamentos, Conceitos, Aplicações e Tendências. Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas 3. **Capítulo 4**. Editora Atena, p. 35-46, 2023. Disponível em:

<https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/inteligencia-artificial-fundamentos-conceitos-aplicacoes-e-tendencias-2>. Acesso em: 05 jan. 2025.

MOREIRA, P. A. Teorias de Aprendizagem. Capítulo 9. [1999]. Disponível em: <http://leticiawfrancmartins.pbworks.com/w/file/fetch/97972008/Cap%209%20Moreira.pdf>. Acesso em: 23 de set. 2024.

MOREIRA, A. M. ABANDONO DA NARRATIVA, ENSINO CENTRADO NO ALUNO E APRENDER A APRENDER CRITICAMENTE. **Ensino, Saúde E Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 02-17, abr. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/resa2011.v4i1.a21094>. Acesso em: 09 mar. 2025.

MORIN, E. **Saberes globais e saberes locais**: o olhar transdisciplinar. Tradução: Beatriz Perrone Moisés. Brasília: UNESCO, 2000. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=n411kDm5gfQC>. Acesso em: 30 nov. 2024.

NETTO, M. S. de L. Analisando as Potencialidades da Inteligência Artificial na Criação de Materiais Didáticos para o Ensino de Física. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 41-53, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/52289>.

Acesso em: 15 fev. 2025.

OLIVEIRA, G. S. de.; SANTOS, A. O.; CARDOSO, M. R. G.; OLIVEIRA, C. R. As ideias de Rogers e o processo de ensino-aprendizagem de matemática. **Cadernos da Fucamp**, Monte Carmelo, v. 20, n. 44, p.131-150, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2404>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PENA-VEGA, A. **Os sete saberes necessários à educação sobre as mudanças climáticas**. São Paulo: Cortez, 2023.

PELEGRINI, M.; ARAÚJO, W. R. B. de. Efeito Estufa e Camada de Ozônio sob a Perspectiva da Interação Radiação-Matéria e uma Abordagem dos Acordos Internacionais sobre o Clima. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 72-78, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160107>. Acesso em: 29 dez. 2024.

PINHEIRO, M. N.; BATISTA, E. C. O aluno no centro da aprendizagem: uma discussão a partir de Carl Rogers. **Psicologia & Saberes**, Maceió, v. 7, n. 8, p. 70-85, 2018. Disponível em: <https://revistas.cesmac.edu.br/psicologia/article/view/770>. Acesso em: 20 nov. 2024.

POLSANI, P. Use and Abuse of Reusable Learning Objects. **Journal of Digital Information**, Austin, v. 3, n. 164, fev. 2003. Disponível em: <https://jodi-ojs-tdl.tdl.org/jodi/article/view/jodi-105>. Acesso em: 07 mar. 2025.

RAVIOLI, A.; GARRITZ, A. Analogias no Ensino do Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola**, [s. l.], n. 27, p. 13-27, fev. 2008. Disponível em: <https://cabecadepapel.com/sites/colecaoaiq2011/QNEsc27/04-ibero-3.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2025.

REHBEIN, A.; AMBRIZZI, T.. Mudanças climáticas atuais. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 6, n. 1, p. 6–10, 2025. DOI: 10.47456/Cad.Astro.v6n1.47590. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/astronomia/article/view/47590>. Acesso em: 16 jan. 2025.

ROGERS, C. R. **Liberdade de aprender em nossa década**. Porto Alegre, Artes Médicas, 1986.

RODRIGUEZ, O. S.; RODRIGUEZ, K. S.; A inteligência artificial na educação: os desafios do ChatGPT. **Texto Livre**, Belo Horizonte, v.16, p. 2-12, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/45997>. Acesso em: 13 nov. 2024.

ROSA, M. I. de F. P. S.; SCHNETZIER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 8, p. 31-35, nov. 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc08/pesquisa.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

RUSSEL, S. J.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SANTOS, A. O.; OLIVEIRA, G. S. de; SAAD, N. dos S. A Teoria Humanista de Carl Rogers: Contribuições para o desenvolvimento da prática pedagógica em matemática. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 6, p. 81-98, 2021. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1038>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SANTOS, A. A.; LUCIO, E. O.; BARBOSA, V. G.; BARRETO, M. S.; ALBERTI, R., da SILVA, J. A.; SARAIVA, M. D. S. G. (2023). A aplicação da inteligência artificial (ia) na

educação e suas tendências atuais. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 1155-1172. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/1030>. Acesso em: 13 dez. 2024.

SILVA, J. L. da.; ESPÍNDOLA, M. A.; PEREIRA, F. C. M. O uso do Chat GPT no progresso de ensino e aprendizagem: Vilão ou aliado? In: Simpósio Internacional de Gestão, Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 2023. **Anais** [...], São Paulo: UNINOVE. Disponível em: <https://submissao.singep.org.br/11singep/arquivos/67.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2025.

SOUZA, S. C. M. de. Cibercultura e educação: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Teias**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 68, p. 123-145, jan./mar. 2022. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/tei/v23n68/1982-0305-teias-23-68-0237.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2025.

SOUSA, I. da S. ESTREITANDO CAMINHOS PARA A APRENDIZAGEM: Carl Rogers e a Teoria da Aprendizagem Centrada no Aluno, **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 7, n. 11, p. 1904-1915, nov. 2021. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/3714>. Acesso em: 5 jan. 2025.

TAMIASSO-MARTINHON, P. **Indisciplinaridade no Ensino de Química**. Seminários e Atividades em Ensino de Química, Seminários PEQui, Programa de Pós Graduação em Ensino de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

TAROUCO, L. M. R.; BULEGON, A. M.; ÁVILA, B. G. Objetos de aprendizagem – uso e reuso & intencionalidade pedagógica. In: PIMENTEL, Mariano; SAMPAIO, Fábio F.; SANTOS, Edméa O. (Org.). **Informática na Educação**: ambientes de aprendizagem, objetos de aprendizagem e empreendedorismo. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, Série Informática na Educação, v. 5, 2021. Disponível em: <https://ceie.sbc.org.br/livrodidatico/index.php/objetos-de-aprendizagem/>. Acesso em: 09 mar. 2025.

TERUYA, L. C.; MARSON, G. A.; FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: Apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. **Química Nova**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 461-569, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/cPmTBrT88f6n3K58sMLQj7w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 dez. 2024.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. A química no efeito estufa. **Química Nova na Escola**, [s. l.], n. 8, p. 10-14, nov. 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbc.org.br/online/qnesc08/quimsoc.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

UNDRR - Escritório das Nações Unidas para a Redução de Risco de Desastres. O custo humano dos desastres: uma visão geral dos últimos 20 anos (2000-2019). **Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (CRED)**, 2020. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-2000-2019>. Acesso em: 03 jan. 2025.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. **Efeito estufa**. Simulação interativa. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_pt_BR.html. Acesso em: 25 nov. 2024.

WILLEY, D. A. **Learning Objects Design and Sequencing Theory**. 2000. Dissertation

(Doctor of Philosophy). 131p. Department of Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University. 2000. Disponível em: https://www.academia.edu/9193907/David_Wiley_dissertation_LEARNING_OBJECT_DESIGN_AND_SEQUENCING THEORY. Acesso em: 22 dez. 2024.

ZANGALLI JUNIOR, P. C. **Mudanças Climáticas: o discurso da mídia sobre o aquecimento global**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). 103 f. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2010.

ANEXO A - FOLHA DE ATIVIDADES

Simulação: Efeito Estufa

Aluno (a)

Data:

Descreva o que você observou na simulação virtual, relacionando o CO₂ com o efeito estufa e discorra sobre o aquecimento global.

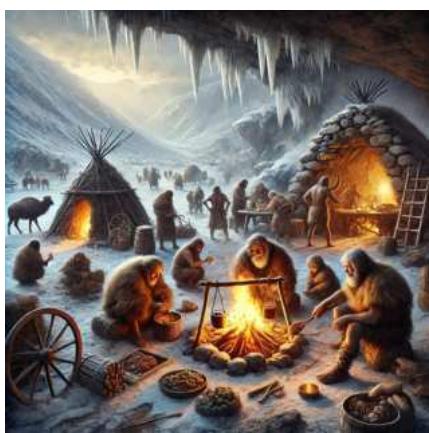
Com base na simulação virtual explique como o processo de industrialização interfere no efeito estufa.

A longo prazo, vimos na simulação que a alteração da composição química da atmosfera pode modificar a temperatura média do planeta, causando desequilíbrios no efeito estufa e aquecimento global. E isso, pode prejudicar a saúde humana e também de espécies que são mais sensíveis a estas alterações. **Elabore três hipóteses para reduzir a emissão de gases estufa.**

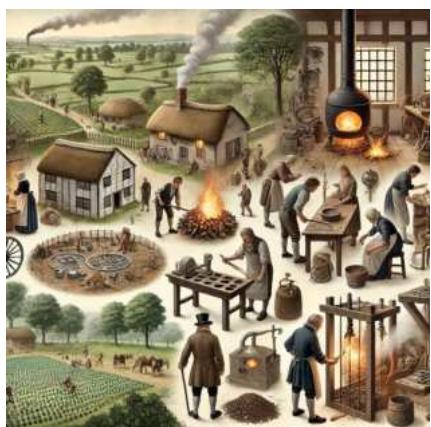
Perguntas:

- 1) Você considera o gás carbônico maléfico ou benéfico? E o Efeito estufa? Explique.
- 2) Como funciona o efeito estufa?
- 3) Qual a diferença entre efeito estufa e aquecimento global?

ANEXO B - IMAGENS GERADAS PELA IA

Imagen	Descreva o que representa o cenário dessa imagem
1º simulação	
	
2º simulação	
	
3º simulação	
	

4º simulação



5º simulação



6º simulação



ANEXO C - SEQUÊNCIA DIDÁTICA REESTRUTURADA

Disciplina: Química

Série: 3º ano do Ensino Médio

Tema: Efeito estufa e aquecimento global no ensino de química

Tempo de duração da SD: 7 aulas de 50 minutos cada - totalizando 5 h e 50 minutos.

Objetivos da SD: Os alunos serão capazes de:

- Entender a ocorrência do efeito estufa em diferentes períodos.
- Compreender a importância do efeito estufa para existência da vida no planeta Terra.
- Diferenciar efeitos estufa e aquecimento global.
- Analisar as consequências do aumento dos GEE para a Humanidade.
- Associar as ações antropogênicas no processo do aquecimento global.
- Entender a importância das árvores para mitigar o aquecimento global.
- Compreender como as árvores fazem a captura de CO₂ no fenômeno da fotossíntese.
- Discutir as questões ambientais.
- Trabalhar em grupo.

Pré-Requisitos: Os alunos já deverão ter estudado os conceitos de:

- Leis ponderais
- Estequiometria

Conteúdos a serem trabalhados:

- Fenômeno do efeito estufa
- Principais Gases de Efeito Estufa
- Aquecimento Global
- Ações antrópicas
- Princípio de Le Chatelier

Prática Social: Despertar um olhar crítico e reflexivo nos alunos sobre o aquecimento global, formando agentes multiplicadores ativos para o enfrentamento das mudanças climáticas.

Metodologia: Aula expositiva, rodas de conversas, experimentação virtual em sala de aula, sala de aula invertida.

- Roda de Conversa: Aplicação do questionário para levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.
- Nuvem de palavras com as respostas dos questionários.
- Experimentação virtual - PhET Efeito estufa.
- Resolução de exercícios.
- Construção de mural informativo no Padlet.

Avaliação da SD: A avaliação será processual e somativa, totalizando 10 pontos, sendo divididos em:

- Participação nas atividades. (2 Pontos).
- Elaboração de hipóteses sobre a simulação. (2 Pontos).
- Resolução da lista de exercícios. (2 Pontos).
- Desenhos imagéticos. (2 Pontos).
- Proposta mural no Padlet 2 Pontos.

Materiais e recursos didáticos a serem utilizados:

- a) Quadro branco;
- b) Caneta para quadro;
- c) Computador;
- d) Smartphone ou tablet;
- e) Acesso a internet;
- f) Data show;
- g) Folhas de papel A4;
- h) Imagens geradas pela IA;
- i) Cartolina;
- j) Caneta hidrocor.

Desenho estrutural da SD:

O Quadro 5 apresenta um desenho metodológico das aulas propostas para o desenvolvimento da SD.

Quadro 5. Desenho estrutural das aulas na Sequência Didática

1º Aula	2º Aula	3º Aula
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do Questionário; - Nuvem de palavras; - Roda de conversa; - Simulação virtual PhET Efeito Estufa; - Folha de atividades; - Desenhos imagéticos gerados pela IA; - Autoavaliação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aula expositiva - data show; - Resolução da lista de exercícios em grupo; - Desenho imagético; - Apresentação e explicação dos desenhos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sala de aula invertida; - Leitura de artigos, reportagens e documentários; - Padlet; - Apresentação de trabalho em grupo.

Fonte: Autoria própria (2025).

Primeira Aula - Simulação Virtual (PhET Efeito Estufa)

Título: Compreensão do efeito estufa

Tempo de duração: 1 tempo de aula de 50 minutos

Conteúdos Abordados:

- a) Conceito de Efeito Estufa;

- b) Principais GEE;
- c) Função e importância dos GEE;
- d) Equilíbrio entre a radiação solar e infravermelha;
- e) Alterações nas concentrações de GEE;
- f) Aquecimento global.

Objetivo Geral:

Empregar a simulação PhET Efeito Estufa para observar como as alterações na concentração de GEE interferem na temperatura global e compreender as implicações dessas mudanças para o equilíbrio climático.

Objetivos Específicos:

- a) Conectar teoria e prática para promover a construção do conhecimento por meio da experimentação virtual.
- b) Formular hipóteses sobre o aumento da concentração dos GEE na atmosfera com base em dados científicos;
- c) Relacionar como as atividades antrópicas, por meio da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e agricultura, influenciam as concentrações de GEE e aceleram o aquecimento global;
- d) Compreender os impactos dos GEE na atmosfera;
- e) Utilizar imagens geradas por IA para representar cenários climáticos ao longo do tempo.

Estratégias didáticas:

A primeira aula será dividida em 3 momentos, para facilitar as ações didáticas.

1º Momento (10 minutos) - Questionário

Será aplicado o questionário gerado pela IA para um diagnóstico inicial. Nesse momento os alunos estarão numa roda de conversas e poderão expor suas opiniões e conhecimentos sobre a temática do efeito estufa, aquecimento global.

O docente vai mediar o conhecimento, anotar as palavras que mais forem surgindo no diálogo com os alunos, formando uma nuvem de palavras.

2º Momento (30 minutos) - Simulação Virtual

A turma será dividida em grupos de 4 alunos para fazer o experimento da simulação virtual do Efeito Estufa. Nessa atividade os alunos receberão uma folha de atividades (ANEXO A) para coletar os dados observados na simulação virtual e também deverão responder a três perguntas.

No desenvolvimento de cada etapa da simulação, serão apresentadas as imagens geradas pela IA (ANEXO B), para que os alunos possam descrever o que essa imagem representa e desenvolver uma análise crítica da importância desses gases para a atmosfera e as consequências das ações antrópicas.

Ao final, cada grupo deve socializar as informações anotadas com a turma. A atividade será mediada pelo professor da turma.

3º Momento (10 minutos) - Autoavaliação

Após a realização das atividades os alunos serão solicitados a fazer uma reflexão sobre a experiência com a experimentação virtual e as imagens geradas pela IA, como essas ferramentas contribuíram para a compreensão do conteúdo.

Segunda Aula - Expositiva

Título: O Princípio de Le Chatelier aplicado ao Aquecimento Global

Tempo de duração: 1 tempo de aula de 50 minutos

Conteúdos Abordados:

- a) Definição do Princípio de Le Chatelier;
- b) Fatores que alteram o equilíbrio químico na atmosfera.

Objetivo Geral:

Utilizar o Princípio de Le Chatelier para explicar como os sistemas naturais da terra reagem ao aumento da concentração de CO₂, no contexto do aquecimento global.

Objetivos Específicos:

- a) Relacionar o Princípio de Le Chatelier ao aumento dos GEE.
- b) Analisar como o aumento de CO₂ na atmosfera pode afetar as reações de fotossíntese e alterar o ciclo do carbono;
- c) Discutir como as alterações no equilíbrio químico na atmosfera afetam o clima;
- d) Compreender como as reações químicas e os equilíbrios dinâmicos estão relacionados às mudanças climáticas.

Estratégias didáticas:

A segunda aula será dada continuidade aos momentos pedagógicos na SD.

5º Momento (15 minutos) - Aula Expositiva

Para a aula expositiva, será utilizado o data show com uma apresentação abordando o Princípio de Le Chatelier, no contexto do efeito estufa e do aquecimento global.

Os estudantes deverão compreender os fatores que afetam o equilíbrio e como esse Princípio reage ao aumento de GEE, além de analisar suas implicações ambientais.

A aula será conduzida de modo a conectar a teoria com um problema real e urgente, promovendo um aprendizado mais significativo para o aluno.

6º Momento (15 minutos) - Lista de Exercícios

A turma será dividida em grupos de 4 alunos. Cada grupo deverá resolver uma lista de exercícios elaborada pela IA. O professor vai atuar como um facilitador da aprendizagem, complementando e instigando o raciocínio dos alunos. Nessa lista será abordado o princípio de Le Chatelier contextualizando com as alternativas de mitigação do aquecimento global.

7º Momento (20 minutos) - Confecção Cartaz

Após a resolução da lista de exercícios, cada grupo deverá elaborar um cartaz com um desenho imagético representando as causas e consequências da intensificação do efeito estufa e a perspectiva social dos impactos do aquecimento global. Ao final da atividade, cada grupo deverá apresentar e explicar seus desenhos para a turma. Os alunos poderão comentar ou fazer uma pergunta sobre as apresentações.

Terceira Aula - Apresentação dos Trabalhos

Título: Práticas Sustentáveis para mitigação do aquecimento global

Tempo de duração: 1 tempo de aula de 50 minutos

Conteúdos Abordados:

- a) Implicações sociais e políticas do aquecimento global.
- b) Alternativas para mitigação do aquecimento global.

Objetivo Geral:

Estimular a conscientização ambiental nos alunos, enfatizando a importância de suas ações individuais e coletivas para a mitigação do aquecimento global.

Objetivos Específicos:

- a) Desenvolver habilidades colaborativas no trabalho em grupo;
- b) Assumir postura ativa no processo de construção do conhecimento;
- c) Promover o pensamento crítico e a busca por soluções mais sustentáveis.

Estratégias didáticas:

Na terceira aula, os alunos terão atividades realizadas na sala de aula invertida para desenvolver uma proposta de políticas ambientais ou alternativas de mitigação do aquecimento global. E na aula presencial cada grupo deverá fazer uma apresentação para a turma.

8º Momento (4 tempos de aula) - Sala de aula Invertida

Na sala de aula invertida, os alunos em casa deverão acessar a plataforma padlet para ler artigos, reportagens e documentários sobre o aquecimento global. Cada grupo deverá desenvolver um mural no padlet com ações para mitigar a intensificação do efeito estufa e promover a conscientização ambiental. Nesse mural deve conter dados científicos, implicações sociais, políticas e econômicas que envolvem o aquecimento global.

*Observação: Os alunos já sabem como funciona o padlet.

9º Momento (35 minutos) - Apresentações dos trabalhos em grupo no Padlet

Cada grupo terá 5 minutos para apresentar sua proposta no padlet para a turma. Os grupos podem fazer perguntas e interagir nas apresentações.

10 Momento (15 minutos) - Debate com a turma

Considerações finais, após as apresentações, haverá um debate com a turma, proporcionando um momento de reflexão do aprendizado. Os alunos deverão avaliar as propostas de cada grupo, se contemplam os requisitos solicitados: dados científicos, implicações sociais, econômicas e políticas para reduzir as emissões de GEE e mitigar o aquecimento global.