

ENSINO DE GASES NA QUÍMICA COM A FERRAMENTA *PHET SIMULATION*: EXPERIÊNCIA EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE CAETITÉ-BA

Aurelino Ferreira dos Santos Neto¹

Jane Geralda Ferreira Santana²

Daniele de Brito Trindade³

Emanoela Batista Neves⁴

Raimundo Francisco dos Santos Filho⁵

RESUMO:

A pesquisa teve como objetivo investigar o uso do simulador computacional PhET como ferramenta metodológica para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem da temática "Gases", em uma turma do 2º ano do Ensino Médio. Inicialmente, aplicou-se um questionário com questões de múltipla escolha para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema. Em seguida, os alunos interagiram com o simulador, utilizando a simulação "Propriedades dos Gases". Após essa etapa, o mesmo questionário foi reaplicado com o intuito de observar possíveis avanços na compreensão dos conteúdos abordados. Notoriamente, um dos grandes desafios enfrentados pelos professores de Química tem sido despertar o interesse dos alunos, sobretudo diante da natureza teórica e, por vezes, abstrata dos conceitos da disciplina, frequentemente trabalhados por meio de aulas expositivas. Considerando que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) estão inseridas no cotidiano dos estudantes, torna-se pertinente incorporá-las como aliadas no processo educativo. Nesse contexto, os simuladores digitais destacam-se como ferramentas potentes, ao possibilitarem ao professor diversificar suas estratégias didáticas e, aos alunos, melhores condições para compreender os fenômenos científicos por meio da visualização e da interação com modelos virtuais. O uso desse recurso como instrumento de mediação pedagógica mostrou-se eficaz, contribuindo para tornar o ensino mais dinâmico, participativo e contextualizado, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias educacionais. Simulação computacional. Metodologias ativas. Recursos digitais.

¹ Instituto Federal Baiano. E-mail: fs_netto@outlook.com  <https://orcid.org/0000-0001-8178-8642>

² Instituto Federal Baiano. E-mail: jane.ferreira@ifbaiano.edu.br  <https://orcid.org/0000-0003-1755-0984>

³ Instituto Federal Baiano. E-mail: daniele.trindade@ifbaiano.edu.br  <https://orcid.org/0000-0003-1603-6617>

⁴ Instituto Federal Baiano. E-mail: emanoela.neves@ifbaiano.edu.br  <https://orcid.org/0009-0009-3811-1068>

⁵ Instituto Federal Baiano. E-mail: raimundo.santos@ifbaiano.edu.br  <https://orcid.org/0000-0002-7328-3801>

TEACHING GASES IN CHEMISTRY USING THE PHET SIMULATION TOOL: AN EXPERIENCE IN A PUBLIC SCHOOL IN CAETITÉ, BAHIA, BRAZIL

ABSTRACT:

The research aimed to investigate the use of the PhET computer simulator as a methodological tool to assist in the teaching and learning process of the topic "Gases" in a 2nd year high school class. Initially, a questionnaire with multiple-choice questions was applied to assess the students' prior knowledge on the topic. Then, the students interacted with the simulator, using the simulation "Properties of Gases". After this stage, the same questionnaire was reapplied in order to observe possible advances in the understanding of the content covered. It is well known that one of the great challenges faced by Chemistry teachers has been to arouse students' interest, especially given the theoretical and, at times, abstract nature of the concepts of the subject, often taught through expository classes. Considering that Information and Communication Technologies (ICTs) are inserted in the daily lives of students, it becomes pertinent to incorporate them as allies in the educational process. In this context, digital simulators stand out as powerful tools, as they allow teachers to diversify their teaching strategies and students to better understand scientific phenomena through visualization and interaction with virtual models. The use of this resource as a pedagogical mediation instrument has proven to be effective, contributing to making teaching more dynamic, participatory and contextualized, favoring more meaningful learning.

KEYWORDS: Educational technologies. Computational simulation. Active methodology. Digital resources.

1. INTRODUÇÃO

A integração da tecnologia em sala de aula é uma estratégia assertiva e eficaz que envolve o estudante ativamente no processo de aprendizagem, potencializa o trabalho pedagógico e favorece uma compreensão mais profunda, pois permite a visualização de fenômenos que, de outra maneira, não poderiam ser observados, especialmente em contextos escolares onde não existem laboratórios.

Dessa forma, os recursos tecnológicos tornam-se aliados no ensino, proporcionando uma aprendizagem mais dinâmica e interativa. Logo, os simuladores permitem fazer alterações de forma rápida, facilitando a interação e ressignificando o aprendizado. Segundo Vasconcelos (2016), o *software* de simulação *Physics Education Technology Project* (PHET) permite aos usuários a interação com os recursos, possibilitando a compreensão de causa e efeito ao realizar as simulações.

O estudo dos gases teve início no final do século XVIII, impulsionado pela necessidade de compreender suas propriedades e comportamentos. Atualmente, sua relevância é evidente, pois a compreensão de fenômenos naturais e a solução de problemas ambientais tornam-se cada vez mais essenciais (Godoy; Agnolo; Melo, 2020). Com ampla aplicabilidade nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias, esse conhecimento contribui para avanços na tecnologia, medicina, engenharia, química e produção. Além disso, é fundamental para entender os impactos ambientais, como o aquecimento global e os gases do efeito estufa, desafios críticos do século XXI (Usberco; Salvador, 2002).

Diante desse contexto, a temática tem sido desafiadora para muitos alunos e professores, em decorrência da sua abstração e da dificuldade de observação de fenômenos cotidianos. Além disso, seu entendimento exige a aplicação de diversos ramos da Matemática, medições precisas e a correlação com outros conceitos, o que pode gerar dificuldades de aprendizagem e desinteresse, levando os alunos a focarem na memorização de fórmulas em vez da compreensão conceitual. Para mitigar esses desafios, a inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) surge como uma alternativa eficaz, possibilitando abordagens interativas e experimentais que favorecem uma aprendizagem mais significativa e dinâmica.

De acordo com Martins (2020), as aulas de Ciências são conduzidas de maneira repetitiva e descontextualizada em relação à realidade dos alunos. Além disso, os docentes não incorporam inovações para aprimorar suas práticas pedagógicas. Como resultado, a falta de conexão com a realidade torna as disciplinas experimentais pouco atrativas, dificultando o engajamento e o interesse dos estudantes. Assim, trabalhar com a temática Gases utilizando simulador como um aparato pedagógico, pode possibilitar ao professor realizar uma abordagem diferenciada do conteúdo, evitando apenas o uso do livro didático.

Considerando que a utilização do simulador computacional PHET no ensino de gases contribui para uma melhor compreensão dos conceitos, tornando o aprendizado mais significativo e estimulante para os alunos, o objetivo deste trabalho foi utilizar o PHET como uma ferramenta metodológica para auxiliar o trabalho do professor e possibilitar ao aluno maior interação e uma aprendizagem significativa na construção do conhecimento sobre Gases.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. COMPLEXIDADE NO ENSINO APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

A disciplina de Química tem apresentado notória utilidade. De acordo com Mesquita *et al.* (2021), os fundamentos desta Ciência são essenciais para compreender os materiais e suas modificações desde os mais básicos até os mais complexos. Passos *et al.* (2019) enfatizam a importância do aprendizado de Química pelos alunos do Ensino Médio para compreenderem as transformações químicas que ocorrem ao seu redor, tendo em vista sua relação com o desenvolvimento científico-tecnológico da sociedade.

Por outro lado, as condições para o aprendizado dessa disciplina nem sempre são favoráveis. Como destacam Lima e Moita (2011), o ensino contemporâneo de Química tende a negligenciar os fundamentos da matéria, deixando de considerar sua abrangência. Na concepção de Mesquita *et al.* (2021), o caráter subjetivo e teórico da Química, aliado à forma tradicional de ensino, que não prioriza o vínculo entre os níveis micro e macroscópico, presentes, respectivamente, no livro didático e na realidade do educando.

As aulas de Química geralmente seguem uma estrutura rígida, com exposição teórica no quadro, demonstração de fórmulas e resolução de exercícios do livro didático. Esse modelo, no entanto, mantém os alunos desmotivados diante da necessidade de memorizar fórmulas e lidar com conteúdos abstratos. Delamuta *et al.* (2021) destacam a abstração e a dependência dos livros didáticos como desafios no ensino da disciplina, enquanto Silva (2013) aponta que essas dificuldades podem estar relacionadas ao currículo e à metodologia tradicional adotada.

Portanto, no ensino tradicional, o aluno apenas memoriza a definição do conceito, mas não há compreensão. O entendimento só ocorre quando o discente alcança o discernimento sobre o conteúdo, de tal forma que, ele possa relacionar a aplicação de um conceito químico a outros conceitos químicos já conhecidos (Melo; Melo 2005). Nesse sentido, a metodologia tradicional de ensino já não é capaz de atender às demandas contemporâneas, sendo necessário que o ensino de Química avance em direção a propiciar oportunidades de construção e reconstrução dos saberes inerentes ao ambiente escolar, conforme defende Maldaner (2000).

2.2. PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS SOBRE GASES

O estudo das propriedades dos gases inclui transformações isocórica, isobárica e isotérmica, além da equação de Clapeyron, que relaciona temperatura, pressão e volume (Godoy; Agnolo; Melo, 2020). No contexto das competências da disciplina, esse autor destaca a habilidade EM13CNT1021 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos. (Brasil, 2018).

O estudo do comportamento dos gases analisa as relações entre temperatura, pressão e volume, evidenciando suas interações. Segundo Usberco e Salvador (2002), a Química, assim como outras Ciências, é essencial para o desenvolvimento da sociedade, indo além da indústria e da pesquisa laboratorial. Mesmo que muitas vezes despercebida, essa ciência influencia diretamente a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental.

É fundamental que os conteúdos sejam contextualizados, especialmente no estudo dos Gases, dada sua importância para a compreensão de questões ambientais e sociais. Para refletir e promover mudanças nesses âmbitos, é essencial dominar esse tema. Além disso, como destacam Nunes e Adorni (2010), os conteúdos de qualquer disciplina devem estar conectados ao cotidiano dos estudantes, contribuindo para sua formação como cidadãos. Nesse sentido, é fundamental relacionar os conteúdos com práticas cotidianas, haja vista as dificuldades existentes no ensino de modelos que são imperceptíveis aos olhos.

No estudo dos Gases, a abstração de conceitos e modelos representa um desafio para a compreensão dos alunos, como afirmam Passos *et al.* (2019). Correia *et al.* (2019) destacam que a maior dificuldade está na interpretação dos modelos submicroscópicos, devido à complexidade das interações atômico-moleculares. Silva *et al.* (2014) reforçam essa dificuldade ao apontar que a relação entre teoria e representação é prejudicada pelo fato de o nível submicroscópico não ser diretamente observável. Nesse contexto, Mesquita *et al.* (2021) ressalta a importância da simulação como uma ferramenta essencial para conectar fenômenos macroscópicos e microscópicos, proporcionando uma melhor compreensão dos conteúdos científicos, que nem sempre podem ser demonstrados por meio de experimentação prática.

Dessa forma, o estudo dos Gases deve permitir aos alunos analisarem sistemas térmicos e compreender a influência das variáveis termodinâmicas nesses fenômenos (Godoy; Agnolo; Melo, 2020). Essas diretrizes estão alinhadas ao novo modelo de Ensino Médio em implementação no país. Além disso, o uso do simulador PHET é recomendado como ferramenta para explorar esse conteúdo, pois possibilita aos estudantes, por meio das TICs, investigar variáveis termodinâmicas e sua influência nos sistemas térmicos, promovendo um aprendizado mais dinâmico e centrado no aluno (Godoy; Agnolo; Melo, 2020).

2.3. AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) E SUA UTILIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Tendo em vista a acentuada transformação em curso no contexto educacional devido, principalmente ao grande avanço tecnológico, é indubitável que a educação incorpore novas formas do fazer pedagógico. O modelo que se busca hoje do ensinar e do aprender é que haja uma troca de saberes, em além da simples transmissão de conceitos e fórmulas.

A partir da compreensão das dificuldades apresentadas pelos alunos e da oportunidade encontrada na tecnologia para incentivar o ensino aprendizagem e torná-lo mais produtivo, o professor poderá utilizar essa ferramenta, para potencializar a aprendizagem.

Locatelli *et al.* (2015) defendem que as ferramentas da rede mundial de computadores, a exemplo de aplicativos e *softwares* possibilitam aos professores diversificarem suas metodologias, sendo que, para os estudantes tais recursos permitem, ao oferecerem condições mais adequadas à aprendizagem, uma construção mais efetiva e ativa do conhecimento, pois, ao interagirem com tais ferramentas, os estudantes se envolvem de forma mais dinâmica e participativa nas aulas, possibilitando o desenvolvimento de habilidades críticas e práticas que favorecem a assimilação do conteúdo.

Nessa perspectiva Vasconcelos (2016) analisa que, ao utilizar tais ferramentas no contexto escolar, abrem-se possibilidades para a compreensão do campo submicroscópico, em nível atômico/molecular correspondente às transformações químicas. Nesse sentido, entende-se que a tecnologia não deve ser vista apenas como instrumento ao qual se delegou o poder de revolucionar o ensino tradicional, mas que atue como auxiliar no processo de construção do

conhecimento em direção a um ensino que privilegie a troca de saberes repercutindo na melhoria da aprendizagem do educando, conforme reflexões de Lévy (1999).

2.4. PHET INTERACTIVE SIMULATIONS COMO RECURSO AUXILIAR NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

Para que a Química se torne mais atraente para o aluno propiciando um aprendizado mais significativo, Passos *et al.* (2019) sugerem o uso de *softwares* simuladores, tendo em vista a sua eficácia, podendo ser utilizados tanto pelo professor quanto pelo aluno.

Ademais, o uso do simulador integra as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, cuja utilização é estimulada dentro da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essa apresenta como Competências Gerais da Educação Básica o uso de tecnologias:

[...] 5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. [...] (Brasil, 2018, p. 9)

Melo e Melo (2005) analisam que essa ferramenta pode ser empregada para otimizar e auxiliar o ensino e aprendizagem de Química, visto que, contribui na compreensão e assimilação dos fenômenos estudados. Desse modo, o aluno conseguirá fazer associações, observações e simulações que não seriam possíveis no mundo real. Através do uso da TIC, os alunos podem obter uma aprendizagem significativa ao envolverem-se num mundo tecnológico que lhes oferece cada vez mais curiosidade, descoberta e possibilidades (Pereira, 2014).

Os *softwares* são considerados uma ferramenta essencial para uma aprendizagem eficaz. Desta forma, as simulações propiciam aos estudantes focar no cerne da problemática, facilitando destarte a assimilação dos assuntos abordados pelo docente (Zara, 2011).

Dentre os *softwares* disponíveis no mercado destaca-se o PHET – *Interactive Simulations*, um projeto norte-americano estruturado na Universidade do Colorado. As simulações são escritas em Java, Flash ou Html5, que podem ser executadas de forma *online* e serem baixadas no computador. Conforme Vasconcelos (2016), as simulações são de código aberto permitindo que estes recursos sejam acessíveis a todos os estudantes e professores, sendo uma ferramenta dinâmica e de fácil interação. Além disso, os docentes são auxiliados por um guia para a realização das simulações, que é disponibilizado para ajudar a montar as aulas.

O uso de computadores no ensino pode incluir a simulação de experimentos, realizada pelo professor como demonstração ou diretamente pelos alunos, dependendo da infraestrutura disponível. Essa abordagem contribui para transformar a forma tradicional de ensino em disciplinas como Física e Química, nas quais a realidade costuma ser analisada de maneira fragmentada. Assim, os *softwares* educacionais surgem como uma alternativa viável para escolas que enfrentam limitações de recursos ou tempo para a realização de aulas experimentais (Melo; Melo, 2005; Lucena *et al.*, 2013).

Diversas pesquisas na literatura abordam a relação entre educação, tecnologia e o ensino de Química, com foco na melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Dentre essas publicações, destaca-se a utilização de simuladores, em especial o *software* PHET, como ferramenta pedagógica. Estudos como os de Passos *et al.* (2019), Sant’Ana e Castro (2019), Silva *et al.* (2019), Xavier *et al.* (2019), Delamuta *et al.* (2021), Martins *et al.* (2020) e Mesquita *et al.* (2021), evidenciam a relevância dessas tecnologias para o ensino de Química, demonstrando seu impacto na aprendizagem e na compreensão de conceitos abstratos.

3. METODOLOGIA

Tal estudo se configurou em uma pesquisa-ação, tendo como base a concepção de Tripp (2005), ao considerar que a pesquisa-ação é uma estratégia que está sempre buscando melhoria do ensino e, conseqüentemente, o aprendizado dos alunos. Segundo Tripp (2005, p. 447), a pesquisa-ação “[...] é uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública localizada no município de Caetité/Bahia, em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com 24 alunos. Essa atividade foi realizada no laboratório de informática, acompanhada do datashow. A referida turma foi escolhida devido ao fato de possuir, em seu conteúdo programático, o estudo dos gases.

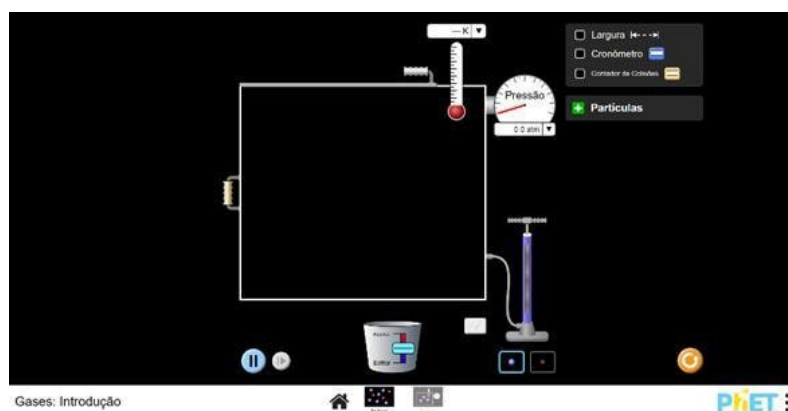
A princípio, foi aplicado um questionário sobre os gases, para observar as concepções e conceitos pré-existentes sobre o tema, uma vez que o conteúdo já foi abordado pelo professor. A respeito do questionário, Gil (2010, p. 121) define como um: “conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças,

sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado”. No final da experiência investigativa, foi reaplicado o questionário para avaliar o impacto do uso dessa ferramenta como metodologia de ensino do conteúdo.

Neste trabalho, a pesquisa-ação teve ligação com a metodologia proposta, pois o pesquisador interagiu de forma direta com os participantes da pesquisa, ajudando e auxiliando em todos os problemas propostos. Sendo assim, essa pesquisa se caracterizou por unir a teoria com a prática, possibilitando uma intervenção de modo inovador no decorrer do processo de pesquisa. Isso possibilitou um rompimento com a lacuna existente entre teoria e prática, opondo-se, dessa forma, à pesquisa tradicional. Além disso, essa pesquisa permitiu ao pesquisador um acompanhamento do processo em tempo real, e não apenas do resultado.

O processo de investigação centra-se na experimentação do software simulador PHET Colorado, implementado como metodologia para ser utilizado nas aulas de Química, no estudo da temática gases. A Figura 1 exibe a interface com as variáveis ajustáveis (pressão, temperatura e volume), permitindo sua modificação em tempo real para simular diferentes transformações dos gases.

Figura 1 – Tela principal simulador PHET – transformações gasosas.



Fonte: Simulador PHET Colorado (2023).

Por meio da interação e visualização com o software PHET, com a simulação “Estudo das Propriedades dos Gases”, os alunos tiveram a oportunidade de alterar as informações, como: condições de temperatura, pressão e volume. Dessa forma, foi possível analisar o comportamento dos gases, identificando quais variáveis permanecem constantes e classificando as transformações como isotérmicas, isobáricas ou isovolumétricas. Isso permitiu ilustrar os princípios das leis dos

gases, como a Lei de Boyle e a Lei de Charles e Gay-Lussac. Somado a isso, foi possível observar situações de excesso de variáveis e possibilidade de erros, contudo, em segurança, sem ocasionar situações de risco provocadas em um laboratório convencional.

Logo após, efetuou-se a interação com o software PHET, com a simulação “Propriedades dos Gases”. Dessa forma, após a visualização dos fenômenos que ocorrem a nível microscópico, os estudantes puderam construir um modelo mental do fenômeno macroscópico, relacionando conceitos e ressignificando o aprendizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo analisou o uso do *software PHET Simulation* como ferramenta para facilitar a visualização e compreensão dos fenômenos químicos relacionados às propriedades dos gases. Os dados obtidos dizem respeito ao conhecimento prévio dos alunos sobre o tema e às mudanças observadas após a exploração do simulador. Essa abordagem segue a teoria de David Ausubel (1980), que destaca a importância de considerar os conhecimentos prévios dos estudantes para compreender tanto os saberes já adquiridos quanto as dificuldades enfrentadas no aprendizado do conteúdo. Com base nas informações obtidas antes e depois do uso do PHET, foi possível verificar a contribuição do simulador para o processo de ensino e aprendizagem. Por conseguinte, os resultados são apresentados a seguir em forma de porcentagens de erros e acertos, comparando os desempenhos antes e depois da utilização do *software*.

4.1. ABORDAGEM DA TEMÁTICA GASES UTILIZANDO O PHET SIMULATION

Como o docente responsável pela turma afirmou já ter trabalhado o conteúdo sobre gases, foi aplicado um questionário para diagnosticar o nível de conhecimento dos alunos, conforme demonstrado no Quadro 1. Após a utilização do recurso, o questionário foi reaplicado, permitindo uma análise comparativa entre os resultados antes e depois da abordagem. Dessa forma, primeiramente será discutida a aplicação do *PHET Simulation* e, em seguida, a análise das respostas ao questionário.

Quadro 1 – Questionário aplicado aos estudantes sobre propriedades dos gases.

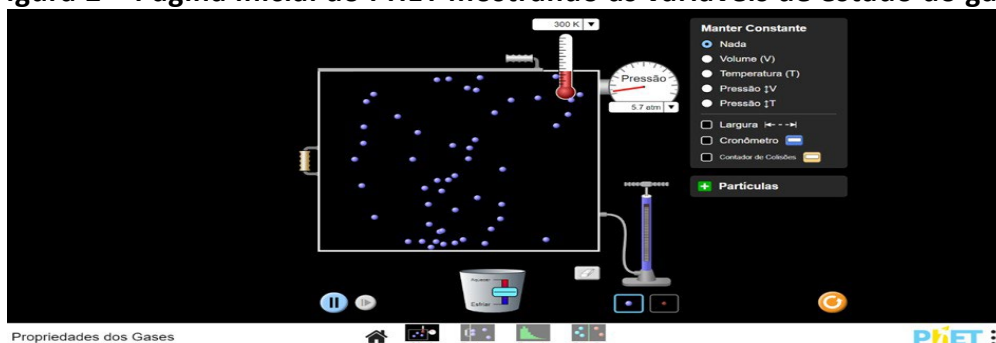
Questão	Descrição
01	Identificar as três variáveis fundamentais que determinam o estado de um gás
02	Comportamento das moléculas para exercer pressão em um recipiente
03	Relação da temperatura e energia cinética de um gás
04	Características das transformações gasosas
05	Risco de explosão das latas de aerossóis com o aumento da temperatura
06	Lei de Boyle
07	Propriedade dos gases ideais
08	Transformações gasosas

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A abordagem do conteúdo sobre gases com o uso do *software* buscou suprir as dificuldades identificadas na primeira etapa do questionário. Para isso, foram realizadas quatro aulas com a participação de 24 alunos, sob a presença do professor regente da turma. Tanto o docente quanto os estudantes desconheciam esse recurso didático, mas demonstraram grande interesse pelo aplicativo ao longo da aplicação.

A apresentação do conteúdo se deu de forma interativa, por meio da qual esses conseguiram visualizar no *software* como a mudança das variáveis (pressão, volume e temperatura) influenciam nas propriedades dos gases. Além disso, puderam observar como a mudança de temperatura afeta a velocidade das moléculas. Ademais, compreenderam a relação entre as colisões parede-partículas e a pressão. O uso do *software* possibilitou a manipulação e análise do comportamento dessas variáveis, através da simulação “Propriedades dos gases”, como mostra a Figura 2.

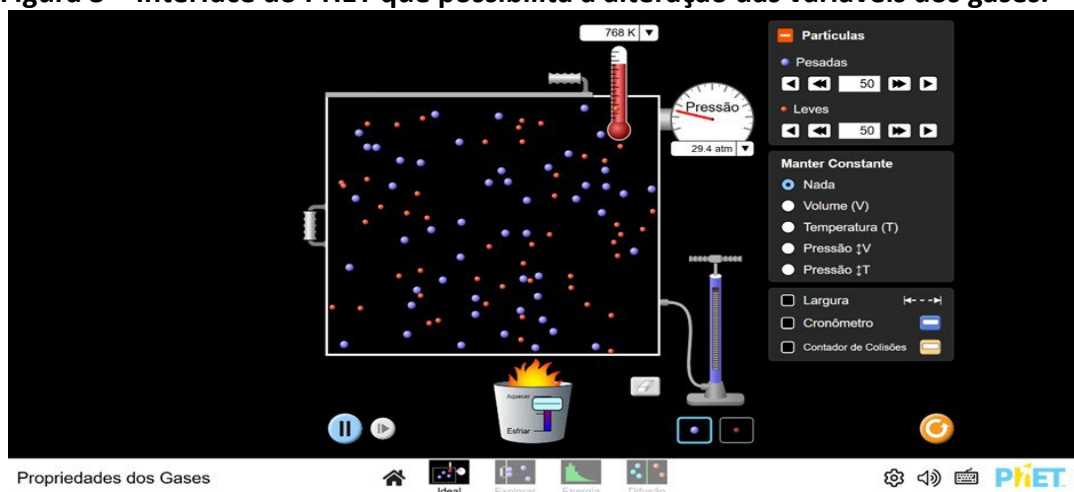
Figura 2 – Página inicial do PHET mostrando as variáveis de estado do gás.



Fonte: Software Propriedades dos Gases (PHET), adaptada pelos autores (2024).

Através do aplicativo, os alunos puderam observar que o aumento da temperatura ocasiona o aumento da energia cinética, e o choque com as paredes do recipiente proporciona aumento da pressão, como mostra a Figura 3.

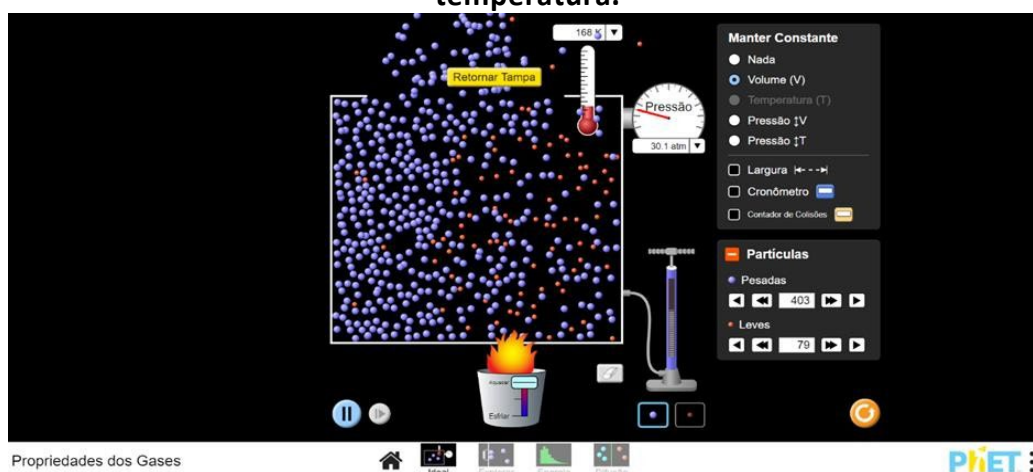
Figura 3 – Interface do PHET que possibilita a alteração das variáveis dos gases.



Fonte: *Software Propriedades dos Gases (PHET)*, adaptada pelos autores (2024).

Com o aplicativo, os alunos puderam simular uma explosão causada pelo aumento da temperatura de um gás, estabelecendo uma relação com as explosões de aerossóis, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Interface do PHET ilustrando o comportamento do gás com o aumento da temperatura.



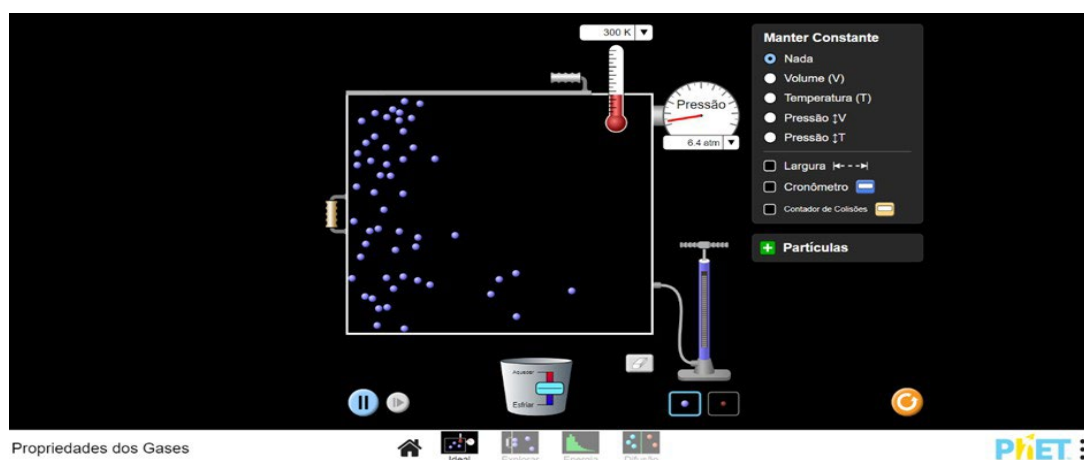
Fonte: *Software Propriedades dos Gases (PHET)*, adaptada pelos autores (2024).

Conforme a temperatura aumentava, a pressão também se elevava até ocorrer a explosão do recipiente, permitindo que os estudantes visualizassem uma situação real de forma virtual. Essa abordagem está alinhada com Passos *et al.* (2019), que destacam a importância do ensino de

Química para a compreensão das transformações químicas que ocorrem ao nosso redor. Nesse sentido, é fundamental que o professor proporcione um aprendizado significativo, conectado ao cotidiano dos alunos.

Durante o uso do *software*, foi possível visualizar o comportamento das transformações gasosas (isotérmica, isobárica e isocórica). Na parte superior direita da interface, encontram-se as variáveis de estado. Ao selecionar uma delas para permanecer constante, é possível observar como as demais se comportam e se relacionam entre si (Figura 5). Por exemplo, ao definir a temperatura como constante, pode-se analisar a relação entre volume e pressão; ao manter a pressão constante, observa-se a relação entre temperatura e volume; e, ao fixar o volume, torna-se possível examinar a relação entre temperatura e pressão. Dessa forma, os alunos interagiram com o *software*, explorando cada variável e observando os efeitos das mudanças no comportamento do gás.

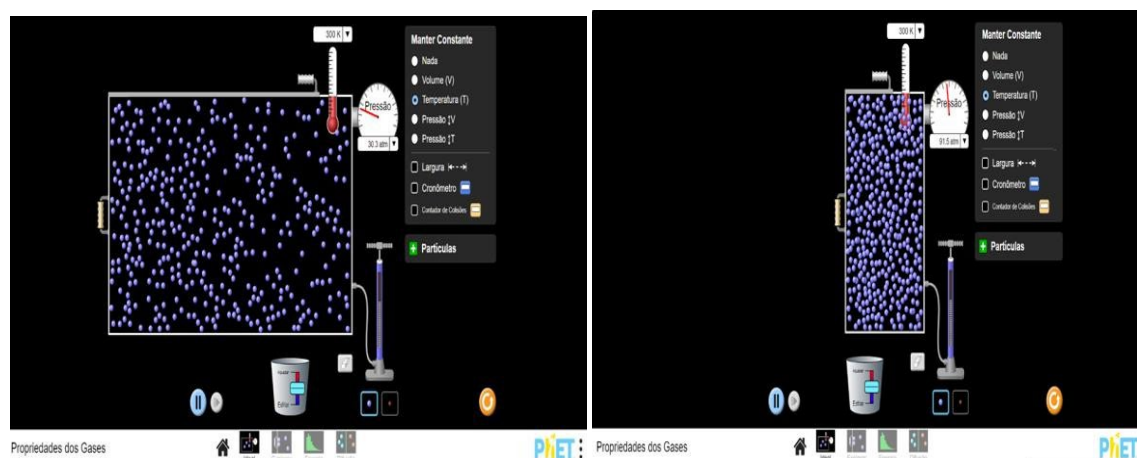
Figura 5 – Interface do PHET mostrando as variáveis que influenciam o comportamento dos gases.



Fonte: Software Propriedades dos Gases (PHET), adaptada pelos autores (2024).

A Figura 6 ilustra o comportamento do gás em uma transformação isotérmica. Durante a atividade, os alunos manipularam o *software*, expandindo e comprimindo o volume do recipiente, enquanto observavam as variações na pressão do gás. Essa interação permitiu uma compreensão mais concreta da relação inversa entre volume e pressão, conforme descrito na Lei de Boyle.

Figura 6 – Interface do PHET demonstrando o comportamento do gás na expansão e compressão do volume.



Fonte: Software Propriedades dos Gases (PHET), adaptada pelos autores (2024).

Em virtude da importância da compreensão desse conteúdo, a tecnologia se destaca como uma ferramenta essencial para tornar o ensino mais dinâmico e facilitar a assimilação do conhecimento. O uso de *softwares* educacionais potencializa a aprendizagem, como afirmam Locatelli *et al.* (2015), ao destacar sua relevância na diversificação das metodologias e na construção ativa do conhecimento. Nessa mesma perspectiva, Vasconcelos (2016), Correia *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2014) ressaltam que a abordagem submicroscópica proporcionada por esses recursos contribui para superar uma das principais dificuldades dos alunos na assimilação dos conceitos químicos, reduzindo a abstração envolvida no processo.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça a importância do uso da tecnologia no ensino, destacando seu papel na promoção do protagonismo estudantil. Nesse contexto, diversos estudos enfatizam a relevância dos softwares educacionais, como os de Passos *et al.* (2019), Pereira (2014) e Godoy, Agnolo e Melo (2020), que apontam sua eficácia no desenvolvimento de habilidades alinhadas às diretrizes da BNCC.

Além do respaldo teórico, os dados obtidos por meio do questionário, confirmaram que o uso do simulador estimula o interesse e o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem. Portanto, essa abordagem metodológica favorece a participação ativa dos alunos, tornando a construção do conhecimento mais dinâmica e significativa.

4.2. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS ANTES E APÓS O USO DO PHET SIMULATION

Das oito questões aplicadas, três foram retiradas de vestibulares, considerando que um dos objetivos do Ensino Médio é preparar os alunos para o ingresso no ensino superior. A seguir, apresentam-se os percentuais de acertos das questões antes e depois da aplicação do *software* PHET. A análise concentrou-se nos índices de acertos e erros com base na resposta correta de cada questão.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a eficácia do uso de simulações computacionais para a aprendizagem de conceitos relacionados ao comportamento dos gases. A análise comparativa dos índices de acertos antes e depois da aplicação do *software* PHET demonstrou avanços significativos na compreensão dos estudantes, corroborando com a literatura que destaca as simulações como ferramentas poderosas no ensino de Ciências (Melo; Melo, 2005; Lucena *et al.*, 2013; Zara, 2011).

Na questão 1, verificou-se um aumento expressivo na identificação das grandezas que definem o estado de um gás – temperatura, pressão e volume. Inicialmente, apenas 29,17% dos estudantes responderam corretamente, índice que subiu para 83,33% após a intervenção. Essa melhora evidenciou o potencial do *software* em proporcionar uma abordagem mais intuitiva e interativa, facilitando a assimilação dos conceitos.

Joseph Gay-Lussac concluiu em seus estudos que a pressão de um gás é diretamente proporcional ao aumento de temperatura, sendo que cada alteração de 1º C na temperatura acarreta uma elevação de 1/273 unidade de pressão (Usberco; Salvador, 2002). A questão 2, retirada do vestibular da Universidade Estadual Paulista, abordou a relação entre a pressão exercida por um gás e o choque das moléculas contra as paredes do recipiente. Inicialmente, 29,17% dos alunos estabeleceram corretamente essa associação, percentual que subiu para 62,5% após a utilização do simulador. Esse resultado reforça a importância de recursos visuais para a compreensão dos fenômenos microscópicos dos gases.

No que se refere à questão 3, que investigou a relação entre o aumento da temperatura e a elevação da energia cinética média das moléculas, os acertos passaram de 16,67% para 50%. A baixa taxa de acertos na primeira etapa sugere que a abordagem tradicional, sem a possibilidade de visualização, pode dificultar a assimilação desse conceito.

Conforme Fonseca (2103), denomina-se transformação isotérmica, o fenômeno no qual a temperatura de um gás permanece constante, enquanto pressão e volume variam de forma inversamente proporcional. Na transformação isobárica, a pressão permanece constante, e volume e temperatura varia de maneira diretamente proporcional. Por último, a transformação isocórica, a volume constante, tem-se a variação diretamente proporcional de temperatura e pressão. A compreensão das transformações gasosas foi avaliada na questão 4, em que os alunos deveriam reconhecer as características das transformações isotérmica, isobárica e isocórica. O percentual de acertos aumentou de 45,83% para 83,33% após o uso do *software*, confirmando a eficácia da simulação para o aprendizado dessas mudanças de estado, conforme apontado por Fonseca (2013).

A aplicação do conhecimento a contextos reais foi abordada na questão 5, que relacionava o aumento da temperatura em latas de aerossóis submetidas à incineração ao aumento da pressão interna e risco de explosão. Inicialmente, apenas 12,50% dos alunos acertaram a questão, enquanto após a intervenção todos responderam corretamente (100%). Esse resultado pode ser atribuído à familiaridade dos estudantes com embalagens aerossóis, associada à possibilidade de visualização interativa proporcionada pelo simulador, garantindo um aprendizado mais significativo (Sant'ana; Castro, 2019).

A questão 6 abordou a Lei de Boyle, na qual a pressão de um gás aumenta à medida em que seu volume diminui, desde que a temperatura permaneça constante. Antes da utilização do *software*, nenhum aluno acertou a questão. Após a simulação, o índice de acertos subiu para 70,83%, indicando que a visualização facilitou a compreensão do conceito, superando as limitações da abordagem tradicional, muitas vezes restrita à resolução de exercícios algébricos.

A questão 7 apresentou três afirmativas para que os alunos indicassem a (s) corretas (s), sendo: I. O volume de um gás, à temperatura constante, diminui com o aumento da pressão; II. O aumento da temperatura de um gás, à pressão constante, causa diminuição do volume do gás; III. Um processo termodinâmico que ocorre a volume constante é chamado de processo isocórico. Considerando que as afirmativas I e III eram corretas, os índices de acertos passaram de 41,67% para 75%, antes e após a abordagem.

A dificuldade inicial dos estudantes na questão 7 pode ser justificada pela complexidade do tema, pois, conforme Balen (2004), a compreensão dos comportamentos das massas gasosas é

desafiadora mesmo em escolas que possuem laboratórios, uma vez que muitas não dispõem de recursos adequados para representar esse nível de abstração. O autor destaca, ainda, que a utilização de recursos didáticos interativos é essencial para tornar conceitos abstratos mais acessíveis, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

A última questão, retirada do vestibular da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, continha quatro afirmativas: a) o volume do gás diminui com o aumento da temperatura, mantendo-se a pressão constante; b) os gases exercem pressão sobre as paredes do recipiente onde estão contidos; c) a pressão de um gás aumenta com o aumento da temperatura se o gás estiver fechado em um recipiente rígido; d) os gases difundem-se rapidamente uns nos outros.

Essa questão admitia apenas uma resposta incorreta, a alternativa a. No primeiro questionário 29,17% marcaram a resposta correta, índice que se elevou para 79,17%, no segundo questionário. Conforme Correia *et. al.* (2019), o aluno somente entende determinado fenômeno quando é capaz de compreender e explicar tal fato baseado nos seus três modos representativos, a saber, representacional, observação macroscópica e interpretação microscópica.

Dessa forma, os dados analisados demonstram que o uso de simulações interativas contribui significativamente para a aprendizagem dos conceitos de gases, permitindo aos alunos uma melhor visualização dos fenômenos e favorecendo a construção do conhecimento de maneira ativa e significativa. Além disso, os resultados reforçam a necessidade de diversificação das metodologias de ensino, alinhando-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no que tange ao uso de tecnologias para promover o protagonismo estudantil.

5. CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a aprendizagem de Química, especialmente no estudo dos gases, é significativamente influenciada pela metodologia adotada pelo professor. A predominância de aulas expositivas e a natureza abstrata dos conceitos dificultam a compreensão dos estudantes, resultando em desinteresse e baixo rendimento. No entanto, a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), como os simuladores virtuais do PHET, demonstrou ser uma alternativa eficaz para tornar o ensino mais dinâmico e interativo.

A reaplicação do questionário revelou uma melhora expressiva na apropriação dos conceitos após o uso da ferramenta, indicando que a visualização e a experimentação proporcionadas pelos simuladores contribuem para uma aprendizagem mais significativa. Assim, reforça-se a importância da adoção de estratégias inovadoras no ensino de Química, promovendo o engajamento dos alunos e facilitando a construção do conhecimento de forma mais ativa e participativa.

Considera-se que este trabalho demonstrou a eficácia da ferramenta PHET no ensino da temática gases, proporcionado pela articulação de metodologia ativa e ferramenta tecnológica a serviço do ensino de Química. A ferramenta PHET permitiu que os estudantes do público-alvo compreendessem as relações entre as variáveis de estado de um gás, possibilitando uma aprendizagem mais dinâmica, significativa e contextualizada. Consequentemente, o uso de soluções tecnológicas se configura como uma estratégia diferenciada e eficiente para diminuir as dificuldades encontradas no ensino-aprendizagem de conceitos abstratos das Ciências.

A pesquisa-ação possibilitou não só avaliar o progresso do saber dos estudantes, mas também perceber o efeito da alteração metodológica na dinâmica da sala de aula. A participação ativa dos alunos no processo de aprendizado, juntamente com a experimentação virtual, evidenciou que táticas inovadoras podem potencializar a motivação e aprimorar o rendimento escolar. Esses achados destacam a importância de investir na formação dos professores para a utilização correta de tecnologias educacionais, assegurando sua implementação eficaz e em conformidade com as orientações curriculares.

Concluindo, pode-se afirmar que a utilização de recursos digitais, a exemplo do PHET no ensino de Química pode auxiliar a transpor barreiras já verificadas no ensino-aprendizado desse componente curricular. Porém, serão necessários novos estudos para averiguar a contribuição e eficácia deste tipo de abordagem utilizando distintos contextos educativos bem como em realidades diversas. Em contrapartida, urge que as instituições de ensino promovam capacitações, além de incentivar o uso destas tecnologias de forma a propiciar uma educação mais dinâmica, inclusiva e focada no desenvolvimento de habilidades e competências condizentes com o que se espera do alunado na contemporaneidade.

A proposta deste estudo foi utilizar o PHET como ferramenta metodológica para apoiar o trabalho docente e oferecer aos alunos maior interação, promovendo uma aprendizagem mais

significativa na construção do conhecimento sobre as transformações gasosas. Esse objetivo foi alcançado ao observarmos o impacto positivo da ferramenta na participação e compreensão dos estudantes.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David. Paul; NOVAK, Joseph Donal; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana Ltda, 1980.

BALEN, Osvaldo. **Modelagem e simulação computacional no estudo de gases ideais e reais**. 2004. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Rio Grande do Sul, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CORREIA, Karla Kilma; SILVA, Renan Amorim da; VASCONCELOS, Flávia Gomes Catunda de. O uso de TICs com auxílio da experimentação frente às representações mentais para a compreensão das propriedades dos gases, 2019. In: JORNADAS DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, V, Argentina, 2019. **Actas...**Buenos Aires: Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 2019.

DELAMUTA, Beatriz Haas; NETO, João Coelho; JUNIOR, Sidney Lopes Sanchez; ASSAI, Natany Dayani de Souza. O uso de aplicativos para o ensino de Química: uma revisão sistemática de literatura. **Educitec**: Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, Manaus, Brasil, v. 7, p. e145621, 2021.

FONSECA, Martha Reis da. **Química**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GODOY, Leandro; AGNOLO, Rosana Maria Dell'; MELO, Wolney C. **Multiversos - Ciências da Natureza**: Ciência, Sociedade e Ambiente. São Paulo: Editora FTD, 2020.

LÈVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LIMA, Érika Rossana Passos Oliveira; MOITA, Filomena M^a Gonçalves da Silva Cordeiro. **A tecnologia e o ensino de química**: jogos digitais como interface metodológica. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

LOCATELLI, Alin; ZOCH, Alana Neto; TRENTIN, Marco Antonio Sandini. (2015). TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. **Revista Tecnologias na Educação**, Minas Gerais, v. 7, n. 12, p. 1-12, jul. 2015.

LUCENA, Guilherme Leocárdo; SANTOS, Vandeci Dias; SILVA, Afranio Gabriel da. Laboratório virtual como alternativa didática para auxiliar o ensino de química no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 27, 2013.

MALDANER, Otávio Aloisio (Org.). **A formação inicial e continuada de professores de Química: professores/pesquisadores**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

MARTINS, Sabrina Oliveira; SERRÃO, Caio Renan Goes; SILVA, Maria Dulcimar de Brito; REIS, André Silva dos. O uso de simuladores virtuais na Educação Básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de química. **Revista Ciências & Ideias**, Nilópolis, v. 11, n. 1, p. 216-233, 2020.

MELO, Elda Silva Nascimento do; MELO, João Ricardo Freire de. Softwares de simulação no ensino de química: uma representação social na prática docente. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 51-63, jun. 2005.

MESQUITA, James de Melo; MESQUITA, Lidivânia Silva Freitas; BARROSO, Maria Ceide da Silva. Softwares educativos aplicados no ensino de química: recursos didáticos potencializadores no processo de aprendizagem. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e458101115278, 2021.

NUNES, Amisson dos Santos; ADORNI, Dulcinéia da Silva. O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos. In: **Encontro Dialógico Transdisciplinar - Enditrans**, 2010, Vitória da Conquista, BA. - Educação e conhecimento científico, 2010.

PASSOS, Ionara Nayana Gomes; SOUSA, José Luis dos Santos; SOUSA, Sandro Ferreira de; LEAL, Romário Cardoso. Utilização do software Phet no ensino de química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão. **Revista Observatório, [S.l.]**, v. 5, n. 3, p. 335- 365, 2019.

PEREIRA, Deydeby Illan dos Santos. **Softwares educacionais no ensino de química**. 2014. 42 f. Monografia (Especialização em Fundamentos da Educação) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SANT’ANA, Camila de Fátima; CASTRO, Denise Leal de. Interface tecnologias digitais no ensino de química e Alfabetização Científica: o que relatam os artigos científicos? **Revista Prática Docente, [S.l.]**, v. 4, n. 2, p. 621-640, 2019.

SILVA, Antonio Caian de Sousa; MONTEIRO, Aldayr de Oliveira; SILVA, Solonildo Almeida da; JUCÁ, Sandro César Silveira; PASCOAL, Caio Victor Pereira. (2019). Reflexões sobre o ensino tradicionalista de química e uma comparação entre as ferramentas de ensino: visita técnica e softwares de simulação interativa. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 8, e37881214, 2019.

SILVA, Nilma Soares; FERREIRA, André Coreia; SILVEIRA, Kátia Pedroso. Ensino de modelos para o átomo por meio de recursos multimídia em uma abordagem investigativa. **Química Nova Escola**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 141-148, maio 2014.

SILVA, Sonjenaria Guedes. As principais dificuldades na aprendizagem de química na visão dos alunos do Ensino Médio. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 9, 2013, Natal. **Anais...**Natal: IFRN, 2013, p. 1612-1616. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1037/76>. Acesso em: 1 maio 2023.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, set./dez. 2005, p. 443-466. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química**. 5. ed., v. único. São Paulo: Saraiva, 2002.

VASCONCELOS, Flávia Cristina Gomes Catunda. **Estratégia Flexquest, possibilidades para a flexibilização do conhecimento**. Curitiba: Appris, 2016.

XAVIER, Antônio Roberto; FIALHO, Lia Machado Fiuza; LIMA, Valdeci Ferreira. Tecnologias digitais e o ensino de química: o uso de softwares livres como ferramentas metodológicas. **Foro de Educación**, v. 17, n. 27, p. 289-308, 2019.

ZARA, Reginaldo Artmed. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO, 2, 2011, Cascavel. **Anais...** Cascavel: UNIOESTE, p. 265-272, 2011.