

Percepções dos estudantes do ensino médio sobre a experimentação digital de Química

ARTIGO

Douglas Lopes de Liraⁱ

Escola Madre Iva Bezerra de Araújo, Cabo de Santo Agostinho, PE, Brasil

Bruno Silva Leiteⁱⁱ

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

1

Resumo

Na educação básica, a experimentação química deve ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre teoria-fenômeno-representação. Todavia, as dificuldades vivenciadas em aulas práticas pelo professor, principalmente nas escolas públicas, são inúmeras, pois carecem de material, infraestrutura, treinamento, etc. Entretanto, o professor, mesmo sem um laboratório disponível, pode utilizar recursos acessíveis aos estudantes para realizar aulas experimentais, um desses recursos são as Tecnologias Digitais. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo analisar as percepções de estudantes do ensino médio sobre uma Experimentação Digital de Química (EDQ). A pesquisa de abordagem qualitativa e classificada como descritiva foi realizada em cinco etapas por meio de uma pesquisa participante. Os resultados mostram uma postura favorável dos estudantes em relação à EDQ, que contribuiu para o aprendizado de conceitos químicos. Ademais, observou-se que é possível ter a EDQ como aliada, uma vez que pode servir de complemento às práticas realizadas nos laboratórios.

Palavras-chave: Tecnologias digitais. Experimentação. Ensino de Química. Ensino médio.

Perceptions of high school students about digital experimentation of chemistry

Abstract

In basic education, Chemistry experimentation should be understood as an activity that allows the articulation between theory, phenomenon, and representation. The difficulties experienced practical classes by the teacher, especially in public schools, are numerous and lack material, infrastructure, training, etc. However, the teacher, even without having a laboratory in their school, can use resources that are accessible to students to carry out experimental classes, one of these resources is the digital technologies. In this sense, this research aimed to analyze the perceptions of high school students regarding a Digital Experimentation of Chemistry (DEC) in a public school. The research with a qualitative approach and classified as descriptive was carried out in five stages through participant research. The results show a favorable posture of the students towards DEC, which contributed to the learning of chemical concepts. Furthermore, it was observed that

it is possible to have the DEC as an ally since it can serve as a complement to the practices carried out in the laboratories.

Keywords: Digital technologies. Experimentation. Chemistry teaching. High School.

1 Introdução

2

A aprendizagem dos componentes curriculares que envolvem as Ciências da Natureza, infelizmente, tem apresentado baixos níveis, especialmente quando comparada aos resultados de outros países pesquisados no globo (Oliveira, 2019). O último *Programme for International Student Assessment (PISA)* da *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)* realizado em 2018, relevou que 55% dos estudantes não atingiram o nível básico de aprendizagem em Ciências da Natureza necessário para o exercício da cidadania plena, sendo um dos fatores que fizeram o Brasil ocupar a posição 57 entre as 79 nações pesquisadas (Oliveira, 2019).

Dentre os componentes curriculares das Ciências da Natureza pesquisados através do PISA, destaca-se a Química, considerada por alguns estudantes como uma das disciplinas mais difíceis (Souza; Leite; Leite, 2015). No componente curricular de Química, um dos constituintes das Ciências que teve o nível de aprendizagem dos estudantes mensurado no PISA, tem-se observado déficits de aprendizagem por parte dos estudantes brasileiros, causados por diversos motivos (Queiroz; Alves, 2022; Souza; Leite; Leite, 2015). Ademais, são muitos fatores que dificultam o processo de aprendizagem dos estudantes frente à disciplina de química. Muitas vezes, a maneira tradicional de ensino com apenas a transmissão direta dos conteúdos e fórmulas, memorização de símbolos e nomes, a falta de contextualização com o cotidiano do aluno, a interdisciplinaridade, gera grande desinteresse pela matéria por parte dos alunos (Albano; Delou, 2024; Souza; Leite; Leite, 2015).

Além desses fatores, há outro que também pode estar dificultando a aprendizagem dos estudantes: a ausência da experimentação. Nesse contexto, a ausência de aulas experimentais pode estar contribuindo para as dificuldades dos

estudantes na construção do conhecimento. No ensino de Química, atividades experimentais apresentam grande potencial para despertar o interesse dos estudantes e contribuir para o processo de construção do conhecimento. Através da experimentação, os estudantes são incentivados a formular hipóteses, realizar observações cuidadosas e analisar resultados, o que fortalece suas habilidades científicas e seu entendimento sobre como as teorias se aplicam em contextos reais. Assim, a ausência dessas atividades nas aulas de Química pode contribuir para o baixo nível de aprendizagem observado nos resultados do PISA.

Aulas com experimentos de Química podem remeter a algo cuja realização ocorre unicamente em um laboratório de Ciências no interior de uma unidade escolar. Nesse caso, haverá uma exclusão involuntária, porque nem todas as escolas brasileiras possuem essa infraestrutura (laboratórios equipados e em condições de uso). Contudo, quando há experimentos que podem ser realizados em sala de aula, eles podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem das Ciências, especialmente em escolas que não têm condições mínimas laboratoriais para realizá-los (Leite, 2015).

Mesmo que a unidade escolar possua um laboratório de Ciências em condições de uso, corriqueiramente, na educação básica, a quantidade de estudantes por classe é muito elevada. Isso faz com que as aulas práticas de Ciências, eventualmente, não ocorram, devido à realidade educacional vivenciada por professores e discentes. Em uma turma com cerca de cinquenta estudantes, é mais comum que os professores optem por estarem com esses estudantes em sala de aula, em vez de levá-los ao laboratório. Levar um número alto de estudantes para o laboratório, acima da capacidade desse espaço, pode resultar em dispersão durante a aula experimental, fazendo com que alguns estudantes percam o interesse no que o professor está ensinando. De modo similar, o professor dificilmente conseguirá acompanhar o aprendizado de todos os estudantes na aula laboratorial, dado o contexto formado.

Diante das dificuldades enfrentadas pelos professores, tanto nas escolas sem laboratórios com infraestrutura adequada quanto naquelas que os têm, mas seus professores não utilizam esse espaço pela quantidade excessiva de estudantes por

classe, esses profissionais tendem a ministrar aulas experimentais somente em sala de aula, com materiais do cotidiano provenientes de supermercados, farmácias e armazéns de construção (Oliveira; Gabriel; Martins, 2017). Contudo, nem sempre o espaço destinado ao laboratório de Ciências (Química, Física e Biologia) é utilizado. Em alguns casos, esses laboratórios são desativados ou destinados a fins diversos, como almoxarifado, sala de apoio para alunos que necessitam de reforço escolar ou como biblioteca.

Nesse sentido, a experimentação pode ser feita em sala de aula através de alguns materiais alternativos (Oliveira; Gabriel; Martins, 2017; Queiroz; Alves, 2022). No entanto, no caso específico da Química, nem todos os conteúdos de seu currículo no ensino médio proporcionam experimentações viáveis em sala de aula. Alguns conteúdos da Química no ensino médio têm experimentações que requerem equipamentos e reagentes mais sofisticados. Diante disso, questiona-se: Como o professor pode realizar as experimentações exigidas nos conteúdos de Química quando não há laboratórios ou espaço suficiente para sua abordagem?

Considerando essa pergunta de pesquisa, e diante das dificuldades e limitações para a realização de aulas experimentais no ensino básico nas diversas escolas brasileiras, esta pesquisa teve como objetivo analisar as percepções de estudantes do ensino médio sobre o uso da Experimentação Digital de Química (EDQ) em uma escola pública, utilizando as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Assim, propôs-se investigar o uso da Experimentação Digital de Química (EDQ) por estudantes do ensino básico, analisando suas percepções.

Uma possível alternativa pode ser caracterizada pelos recursos tecnológicos que os estudantes já possuem ou que a própria escola dispõe, mesmo sem condições de infraestrutura adequadas para a realização de atividades práticas comuns. O uso da EDQ pode se tornar promissor, pois integra as TDIC voltadas à realização de experimentos do componente curricular de Química.

2 Metodologia

Este estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa que buscou evidenciar as percepções dos estudantes sobre a EDQ, sendo classificada como descritiva. Por ser uma pesquisa descritiva, ela busca relacionar variáveis referentes à experimentação do componente curricular de Química. Segundo Gil (2010, p. 26) “as pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição das características de determinada população. Podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis”.

Quanto aos métodos empregados, a pesquisa pode ser classificada como Pesquisa Participante. Para Gil (2010, p. 43), trata-se “de um modelo de pesquisa que difere dos tradicionais porque a população não é considerada passiva e seu planejamento e condução não ficam a cargo de pesquisadores profissionais”. Além disso, a população analisada interage na discussão de problemas diversos que integram aquela amostra de pesquisados. Segundo Gil (2010, p. 43), a “seleção dos problemas a serem estudados não emerge da simples decisão dos pesquisadores, mas da própria população envolvida, que discute com os especialistas apropriados”. Na pesquisa participante, o pesquisador, no processo de observação, “participa ativamente como membro do grupo que ele próprio está estudando, utilizando esta posição privilegiada para obter informações acerca desse grupo” (Apolinário, 2011, p. 136).

A pesquisa foi realizada em cinco etapas. A primeira etapa consistiu na elaboração de propostas para a aplicação da EDQ. Para esta etapa, buscou-se elaborar propostas que viabilizassem a realização da experimentação digital da Química por professores e estudantes da educação básica.

Na segunda etapa, foi realizada a escolha de uma das propostas elaboradas, das simulações digitais e dos conteúdos que seriam abordados na EDQ pelo professor participante. Os conteúdos foram escolhidos visando a aplicação da EDQ, considerando os conteúdos disponíveis nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco (PCPE) (Pernambuco, 2013) para o ensino médio (Quadro 1), abrangendo o primeiro e o segundo ano, e que haviam simulações disponíveis no aplicativo Simulações PhET.

Quadro 1 – Conteúdos escolhidos para aplicação da EDQ.

Série	Conteúdo	Expectativa de aprendizagem (EA)	Unidade
1º ano	Teoria de Ácidos e Bases e as medidas de pH	EA159 - Compreender os procedimentos utilizados para calcular valores de pH e pOH, partindo de concentrações de H^+ (H_3O^+) e OH^-	II
1º ano	Modelo cinético molecular	EA105 - Aplicar o modelo cinético molecular para explicar as variações de volume dos gases em situações de aquecimento ou resfriamento.	IV
1º ano	Modelo cinético molecular	EA103 - Reconhecer que o movimento das partículas está associado à sua energia cinética e que elas podem ter velocidades diferentes.	IV
2º ano	Concentrações das soluções	EA40 - Calcular a concentração da solução dada pela quantidade em mol do soluto, em relação ao volume da solução em litros.	I

Fonte: Autores.

A viabilidade da EDQ por meio destes conteúdos possibilita que a ordem das unidades seja alterada, podendo um tema da 1ª unidade (Unidade I) ser visto em outras unidades, cabendo ao professor avaliar o melhor para o aprendizado de seus estudantes, como o PCPE define. Desse modo, na Unidade I, foi aplicada uma EDQ em uma turma do 2º ano, com o tema “Concentração de soluções”, e outra EDQ em uma turma de 1º ano, com o tema “Teoria de ácidos e bases e as medidas de pH”. Cada EDQ ocorreu apenas em uma única turma de cada série. Já na Unidade II, foram aplicadas outras duas EDQ remanescentes em duas turmas distintas do 1º ano envolvendo o “modelo cinético molecular”.

A terceira etapa consistiu na aplicação da Experimentação Digital da Química com os estudantes do ensino médio. Participaram da pesquisa 15 estudantes do ensino médio de uma escola estadual que fica localizada na região metropolitana do Recife, Pernambuco. Os estudantes participantes de cada turma assinaram um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e seus responsáveis assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todos os discentes foram convidados a participar da pesquisa de forma voluntária. A EDQ foi realizada ao longo do ano letivo da escola, que é dividido em quatro unidades, cada uma aborda um conteúdo de Química no ensino médio. Os estudantes realizaram a EDQ a partir dos conteúdos selecionados pelo

professor da disciplina. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética (Parecer nº 5.062.563).

Na quarta etapa, ocorreu a aplicação da entrevista estruturada relacionada à percepção dos estudantes sobre a EDQ por meio da observação direta intensiva, que é composta pela observação e a entrevista. Segundo Marconi e Lakatos (2010, p. 173), a “observação direta intensiva é realizada através de duas técnicas: observação e entrevista”. A desenvoltura e o comportamento dos estudantes durante a EDQ foram levados em consideração na pesquisa através de uma observação que consiste em “uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste em apenas ver e ouvir, mas também em examinar fatos e fenômenos que se deseja estudar” (Lakatos; Marconi, 2010, p. 173). Essa foi uma observação sistemática que “realiza-se em condições controladas, para responder a propósitos preestabelecidos” (Lakatos; Marconi, 2010, p. 173). Já a entrevista estruturada foi conduzida com “base em um roteiro previamente estabelecido que orienta o pesquisador sobre o que se deseja saber” (Malheiros, 2011, p. 196), sendo aplicada individualmente a cada estudante participante da pesquisa. A entrevista apresentava 12 perguntas (Quadro 2), que foram aplicadas em um momento distinto da aplicação da EDQ.

Quadro 2 – Perguntas da entrevista sobre a aplicação da EDQ.

1. Para você, Química é difícil de entender? O que torna essa matéria difícil, caso tenha respondido sim à primeira pergunta?
2. Ao longo de sua vida escolar, você já teve alguma aula que utilizasse recursos tecnológicos? Caso sim, como foi?
3. Como você avalia a utilização dos recursos audiovisuais (computadores e os programas simuladores) nas aulas de Química? Fale sobre sua experiência com esse tipo de atividade.
4. Você sentiu dificuldades em realizar os experimentos na EDQ?
5. Cite os pontos positivos (na sua opinião) das aulas de Química realizadas com a experimentação digital.
6. Cite os pontos negativos (na sua opinião) das aulas de Química realizadas com a experimentação digital.
7. Você já esteve alguma vez em um laboratório de Química?
8. Você acha importante haver uma preparação através de simulações digitais antes de ir para um laboratório de Química?
9. Na atividade EDQ que você realizou, o que mais te chamou a atenção? Por quê?
10. Que sugestão você pode dar para melhorar atividades que envolvam a EDQ?
11. O roteiro para a atividade da EDQ foi fácil de ser seguido?
12. Antes do início da EDQ, você gostava de Química?

- a) Sim. A aplicação dessas aulas reforçou ainda mais esse seu gostar de Química? Por quê?
b) Não. A aplicação dessas aulas digitais mudou a sua opinião sobre a Química? Por quê?

Fonte: Autores.

Para a coleta de dados na entrevista, utilizou-se gravação audiovisual, e as respostas foram transcritas em um documento para posterior análise.

8

Por fim, a última etapa consistiu na análise das respostas dos estudantes que realizaram a EDQ. A análise dos dados corresponde a “uma tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores. Essas relações podem ser estabelecidas em função de suas propriedades relacionais de causa-efeito, de correlações [...]” (Lakatos; Marconi, 2010, p. 151). A pesquisa buscou compreender as percepções dos estudantes do ensino regular referente à facilidade de aplicação e ao aprendizado da EDQ. As respostas dos estudantes serão comparadas com os relatos já apontados na literatura da área.

De modo que seja mantido o sigilo da identidade dos participantes, foi criado um código com quatro símbolos alfanuméricos, sendo os três primeiros símbolos em escrita normal e o quarto símbolo subscrito ($E0A_0$). Por exemplo, para um estudante do 1º ano A que participou da EDQ, a codificação dele será $E1A_1$, onde “E1” remete ao Estudante 1 (podendo ir até E15), a letra “A” remete à turma do estudante e o “1” (subscrito) é a série dele.

3 Resultados e Discussão

Inicialmente, para a realização da atividade (primeira etapa da pesquisa), três rotas de ações referentes à aplicação da aula com a EDQ foram propostas.

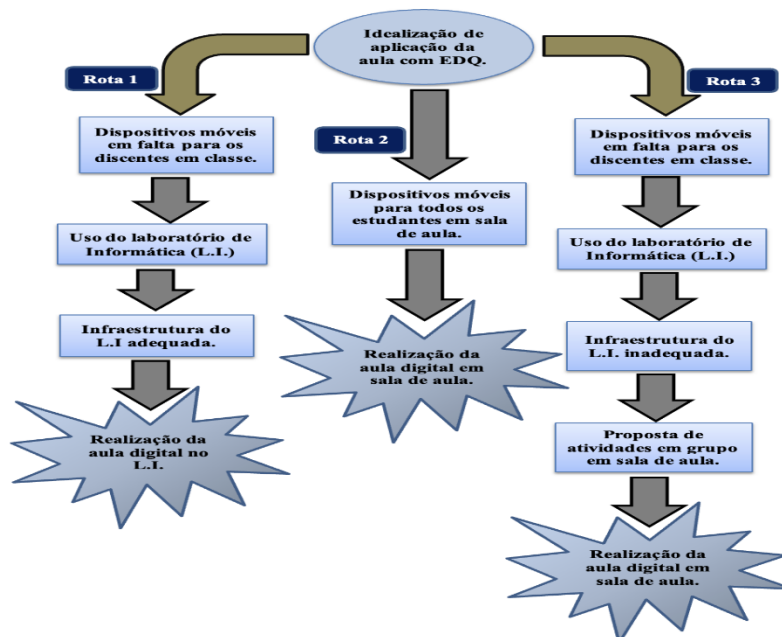
A rota 1 é recomendada ao professor aplicador da proposta que esteja em uma escola com acesso à internet *wi-fi*, ou qualquer outro tipo de acesso rápido à web em suas dependências, além de possuir um laboratório de informática em plenas condições de uso. No entanto, seus estudantes, em sua integralidade, não dispõem de dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets*, etc.) compatíveis com o *download* de aplicativos e *softwares*

simuladores de experimentos, sendo a solução deslocá-los da sala de aula para o laboratório de informática e realizar a EDQ nos computadores da Unidade de Ensino (UE).

A rota 2 é destinada a turmas em que todos os estudantes possuem *smartphones* ou dispositivos móveis que permitem o *download* e instalação de um aplicativo simulador. Nesse caso, a EDQ será realizada em sala de aula, sem a necessidade de deslocamento para qualquer outro espaço extraclasse. Uma vez identificado que a UE não tem acesso à internet, mas todos os estudantes tenham dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets* etc.) para baixar o aplicativo relativo à experimentação, é importante que, antes da aula, o professor informe aos estudantes o nome do aplicativo, para que eles realizem o *download* em locais extraescolares (residência, shopping, praças, etc.), como pré-requisito para a efetivação da atividade de EDQ.

A rota 3 é voltada para escolas em condições mais precárias que as observadas nas rotas 1 e 2, onde a UE não oferece laboratório de informática adequado e nem todos os estudantes têm dispositivos móveis para a realização da EDQ. Assim, o professor aplicador da EDQ deve solicitar aos estudantes que tenham dispositivos móveis compatíveis à realização do *download* de aplicativos simuladores que baixem (seja na escola ou extraclasse) e, em seguida, incentivar a formação de grupos na própria sala de aula para a realização da atividade. A Figura 1 resume cada rota possível para a aplicação da EDQ.

Figura 1 – Possibilidades de rotas para aplicação da EDQ em aula.



Fonte: Autores.

Para esta pesquisa, a rota escolhida pelo professor da disciplina foi a de número 1 (segunda etapa), pois muitos estudantes da UE, onde a aplicação da EDQ ocorreu, não tinham dispositivos móveis que suportavam a realização do *download* do aplicativo simulador de atividades práticas de Química. Como a escola (Unidade de Ensino campo de pesquisa) possuía acesso de qualidade à internet, não se fez necessária a realização de *download* de aplicativos por parte dos estudantes. O acesso ocorreu no site simulador de experimentos de Química escolhido para a realização das EDQ, conforme a rota 1. Os estudantes já encontraram os computadores da escola com a página das simulações aberta no laboratório de informática da UE.

A escolha das simulações digitais para a realização da EDQ se deu a partir do levantamento e análise realizados por Lira e Leite (2022), que investigaram aplicativos que permitissem a realização de atividades experimentais digitais de Química, sem se limitarem à execução de roteiros pré-programados. O intuito era que as simulações digitais a serem realizadas na EDQ possibilitassem ao professor planejar o experimento e/ou que

o estudante fosse livre para escolher as soluções que seriam utilizadas. A pesquisa (Lira; Leite, 2022) identificou apenas um aplicativo que funcionava *off-line* (necessitando de apenas um único acesso à internet para seu *download*), que não se restringia a experimentos pré-determinados e que possibilitassem aos estudantes cometer eventuais erros durante o manuseio do experimento virtual, gerando uma sensação de realidade analítica (simulando um ambiente real). Além disso, o aplicativo de simulação não deveria conter desenhos animados ou se limitar a um simples Quiz. Nesse contexto, o aplicativo selecionado para a aplicação da EDQ foi o Simulações PhET (*Physics Educational Technology*), desenvolvido pela Universidade do Colorado.

A intervenção didática ocorreu em momentos distintos em cada turma de acordo com o horário de aula da UE. A entrevista foi realizada no contraturno da escola, em uma sala reservada, pois alguns estudantes mencionaram que se sentiriam mais confortáveis de serem entrevistados dessa forma. Cabe ressaltar que as entrevistas foram realizadas individualmente, assim cada discente participante foi entrevistado de modo fleumático e sem interferências (Gil, 2010).

Em relação à primeira pergunta, “Para você, Química é difícil de entender?”, todos os estudantes participantes da pesquisa afirmaram que consideram a Química de difícil entendimento. Essas respostas continuam a concordar com os dados encontrados em pesquisas sobre o ensino de Química, que indicam que a disciplina é considerada um dos componentes curriculares mais difíceis de compreender (Albano; Delou, 2024; Lira; Leite, 2022; Souza; Leite; Leite, 2015). Em complemento à pergunta inicial, “O que torna essa matéria difícil, caso tenha respondido sim à primeira pergunta?”, os estudantes apresentaram respostas variadas, alegando que a Química se torna difícil por causa da “presença da Matemática” (33,3%), a “falta de práticas”, isto é, a ausência de experimentação nas aulas de Química (80%) e a “abstração presente nos conteúdos da disciplina” (66%). Alguns estudantes citaram mais de uma dessas características.

Quando questionados se já tiveram aulas que utilizassem recursos tecnológicos (Pergunta 2), todos os estudantes afirmaram que nunca tiveram aulas com recursos tecnológicos digitais com os quais eles pudessem interagir de modo virtual em sala de

aula. Segundo Leite (2022), uma das possíveis causas para essa realidade — de alguns estudantes nunca terem vivenciado atividades didáticas com respaldo das TDIC — está na percepção dos professores frente a essas ferramentas, uma vez que a

impressão que se tem é que os professores veem a tecnologia como um recurso educacional muito caro, não apenas em termos financeiros, mas principalmente de tempo. Pode levar um tempo considerável para que professores e estudantes se familiarizem com uma determinada tecnologia digital antes que possam usá-la efetivamente (Leite, 2022, p. 21).

Ainda em resposta à segunda pergunta, uma parcela de 53,3% dos discentes pesquisados fizeram um comentário adicional, associando as aulas respaldadas na EDQ com as aulas *on-line* que tiveram no período da pandemia de Covid-19 (anos letivos de 2020 e 2021), em que era necessário o uso de computadores e *smartphones*. Conforme comenta E2B₁: “Assim como essa aula experimental de Química com esses computadores, as aulas remotas da pandemia eu também precisava de computadores para estudar, bem semelhantes os dois casos”, e E3C₁: “Ficou muito parecida com as aulas online que tive no ano passado e atrasado”.

No que diz respeito à utilização de computadores e programas de simulação (Pergunta 3), os estudantes comentaram sobre suas experiências, avaliando que a dinâmica da aula com a EDQ como um complemento às aulas de Química foi boa, uma vez que os conteúdos da Química estavam sendo trabalhados na sala de aula de modo unicamente teórico, por meio de aulas expositivas. Durante a atividade, os estudantes associaram a EDQ com um vídeo game, conforme uma das falas “Esse negócio parece um vídeo game” (E1A₁).

É importante destacar que, inicialmente, observou-se que os estudantes não se mostraram adeptos à EDQ como uma substituta integral das atividades práticas reais de Química; para eles, o ideal é que ela seja como um complemento. Essa observação é relevante, uma vez que a EDQ proposta nesta pesquisa não busca ser uma substituta das aulas experimentais, mas que possa ser utilizada quando as condições da aula não sejam possíveis (seja por limitação técnica ou de infraestrutura).

No contexto da experiência dos alunos com os recursos digitais, as respostas dos estudantes apontam que eles têm aproximação com as TDIC, conforme as seguintes falas: “*Eu costumo usar computador em casa pra jogar vídeo game*” (E1B₁); “*Eu uso o celular pra quase tudo que faço: conversar com meus amigos, gravar vídeos e acessar minhas redes sociais*” (E4A₂); e, por fim “*Hoje em dia todo mundo usa a internet pra tudo*” (E3C₁). Segundo Leite (2022), as tecnologias digitais estão bem próximas do cotidiano dos estudantes. Contudo, se faz necessário que os professores estejam capacitados para utilizá-las em suas práticas pedagógicas de modo que seu uso seja algo natural como acontece no dia a dia das pessoas.

Em relação à pergunta 4, “*Você sentiu dificuldades em realizar os experimentos na EDQ?*”, a maioria dos estudantes (73,3%) afirmou que suas dificuldades estavam voltadas para as especificidades dos conteúdos de Química, mesmo após as abordagens do tema em sala de aula pelo professor. No entanto, após a aplicação da EDQ, os estudantes relataram melhorias em sua compreensão do conteúdo. Em alguns casos, eles tiveram algumas dificuldades iniciais em compreender o funcionamento das simulações do *PhET Colorado* (aplicativo selecionado para a EDQ). Com o decorrer da explicação sobre o uso da ferramenta, a dificuldade foi sanada, conforme apontaram alguns participantes: “*Como a gente já viu esse assunto em sala de aula, a minha dúvida era sobre algumas coisas do conteúdo de Química ainda e também entender como aquele joguinho funcionava, mas como o senhor explicou naquele dia como usar o game, eu consegui entender*” (E2A₂) e “*Apesar da gente já ter visto o assunto teórico na sala de aula, mesmo assim eu ainda tinha dúvidas em Química, como também tinha dúvidas em saber lidar com aquela simulação. Mas com a explicação conseguir entender como interagir com a simulação. É um jogo aquilo*” (E3A₂).

O que se pode observar neste fragmento dos relatos dos estudantes é o papel docente, que, além de possuir conhecimentos da especificidade de conteúdo e caráter pedagógico, precisa também possuir o conhecimento sobre tecnologias, conforme os pressupostos do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo, TPACK (sigla em inglês para *Technological Pedagogical Content Knowledge*) (Cibotto; Oliveira, 2017; Leite,

2022). No início, os discentes, apresentaram dúvidas tanto sobre o conteúdo de Química, provavelmente devido às atividades práticas inexistentes, quanto sobre o recurso digital utilizado naquele momento. Caso o docente não soubesse como utilizar a tecnologia, a EDQ se tornaria inviável.

Quando questionados sobre os pontos positivos das aulas de Química realizadas com a experimentação digital (Pergunta 5), os estudantes que realizaram as atividades práticas “Análise de pH” e “Concentração”, indicaram que a grande vantagem foi o tempo necessário para a realização das atividades. Segundo E2B₁, a EDQ é ágil, pois: “*Essa atividade virtual é mais rápida, a pessoa nem precisa ficar de pé para fazer essas práticas*” (E2B₁). Já E4A₂ destaca que: “*Se aqui errar, é mais rápido para recomeçar do que se fosse feita a atividade real, com eu tocando nos materiais de verdade*” (E4A₂). Essas falas convergem com os achados de Leite (2021), que ressaltou que o uso das tecnologias possibilita maior dinamismo e rapidez no processo de ensino e aprendizagem.

Para os estudantes que realizaram os experimentos “Estados da matéria” e “Estudo dos gases”, a vantagem para eles, além de fazerem as atividades práticas de maneira rápida e dinâmica, como já mencionado pelos estudantes das simulações “Análise de pH” e “Concentração”, foi a possibilidade de “enxergarem” aquilo que não é visto nem no microscópio, como moléculas e átomos. Conforme evidenciado na fala de E2B₁: “*Nesse do computador dá pra ver as moléculas dos gases se mexendo, não é como no livro que obviamente estão paradas na página*”, assim como também percebeu E1C₁: “*As bolinhas ficam se mexendo, não tem como ver isso em aulas normais, nem com experimentos simples. Só aqui dá pra ter essa noção de como as moléculas se comportam quando a gente altera alguma coisa nelas*”. Contudo, foi preciso a intervenção do pesquisador durante essas falas, alertando que o que se observava no computador era uma representação das moléculas e átomos, não constituindo uma visão real.

Foi possível evidenciar nas falas de alguns estudantes a praticidade promovida pelas TDIC em suas ações. Quando um erro acontecia, ele podia ser facilmente corrigido nas atividades experimentais digitais, o que levaria mais tempo em caso de erro em experimentos reais. Conforme explica E3A₂: “*Se caso eu errar, é mais fácil voltar ao início*

do que se fosse um experimento real, como resetar um jogo de vídeo game” (sic). Essa possibilidade de reiniciar o experimento digital pode também justificar o uso da EDQ como um recurso de ensaio para práticas reais nos laboratórios, como acontece nos simuladores.

Para os estudantes que realizaram as práticas “Estudo dos gases” e “Estados da matéria”, a EDQ pode ter atuado como recurso de cerceamento da abstração de determinados conteúdos de Química, conforme as falas de E1B₁ e E2C₁ citadas anteriormente. Essa abstração foi citada por eles como uma forte característica candidata a oferecer dificuldades na compreensão de Química, juntamente com a presença da Matemática e a falta de atividades práticas, conforme relatado por E4A₂:

há conteúdos que dá pra a gente ter uma noção sem precisar trabalhar com a imaginação, esse mesmo de concentração não precisa imaginar nada porque estou vendo as misturas, mas tem uns assuntos que vi ano passado que eu precisei mentalizar a situação, portanto eu acredito que além da falta de experimentação, há também assuntos que forçam a gente a imaginar (E4A₂).

Considerando a pergunta 6, “Cite os pontos negativos (na sua opinião) das aulas de Química realizadas com a experimentação digital”, 53,3% dos estudantes apontaram uma desvantagem na EDQ, observada especialmente pelos estudantes da experimentação “Análise de pH” e “Concentração”. Para eles, uma das desvantagens da aula com o recurso EDQ está na falta do contato físico com os materiais e reagentes, uma vez que no experimento digital eles apenas veem e interagem virtualmente com os experimentos. Essas impressões podem ser observadas nos seguintes relatos: “Nesse do computador, eu não consigo tocar nas coisas. No presencial eu consigo” (E3A₁) e “Na prática presencial eu posso sentir melhor as coisas do que apenas através de uma tela de computador” (E3A₂).

Já para os estudantes dos experimentos “Estudo dos gases” e “Estados da matéria”, outra desvantagem mencionada estava relacionada à representação gráfica, pois são cores e formatos fantasiosos que não representavam a realidade das moléculas. Para o primeiro caso de desvantagem relatada pelos estudantes em suas respostas, algumas sensações do mundo real ficam comprometidas, especialmente as propriedades

organolépticas da matéria, que possibilitam a identificação de certas substâncias através dos cinco sentidos humanos. O Quadro 3 apresenta o que acontece com as propriedades organolépticas no ambiente digital em comparação ao mundo real.

Quadro 3 – Comparativo propriedades organolépticas real/virtual

Propriedade organoléptica	Real	Digital
Cor	Sim	Sim
Brilho	Sim	Sim
Odor	Sim	Não
Sabor	Sim	Não
Textura	Sim	Não

Fonte: Autores.

Quanto a essa desvantagem (relacionada às propriedades organolépticas), os propósitos da EDQ são variados e visam a otimização da compreensão estudantil sobre um determinado assunto. Elas podem servir de complemento para evitar possíveis erros nos experimentos reais, como E3A₁ e E3A₂ mencionaram anteriormente.

Já a desvantagem apontada pelos estudantes dos experimentos “Estudo dos gases” e “Estados da matéria” é a mesma observada em livros didáticos, onde as moléculas e átomos são representados com cores e formatos fantasiosos para fins didáticos. Essa situação pode ser caracterizada como uma barreira epistemológica de aprendizado, pois as analogias, quando não utilizadas de maneira apropriada no processo de ensino e aprendizagem, podem dificultar a construção cognitiva de uma determinada área de conhecimento.

Desse modo, uma barreira epistemológica presente no uso de esferas para representar as moléculas de gás, seja nos livros didáticos ou na própria simulação digital, é o obstáculo animista. Conforme Bachelard (1996), o obstáculo epistemológico do tipo animista concentra-se na utilização demasiada de comparações e analogias, uma vez que diz respeito ao uso de metáforas e analogias para explicar fenômenos físicos e/ou químicos.

No que concerne à pergunta 7, “Você já esteve alguma vez em um laboratório de Química?”, todos os estudantes afirmaram que nunca estiveram em um laboratório.

Pesquisas (Leite; 2018; Guaita; Gonçalves, 2022; Lira; Leite, 2022) têm observado que muitas escolas públicas brasileiras não possuem laboratório de Ciências/Química em condições de uso e que nem sempre o espaço destinado ao laboratório é utilizado, pois, em alguns casos, eles são desativados ou destinados a fins diversos. Como esses espaços caem em desuso, espontaneamente, são destinados a outros fins pela comunidade escolar. Assim, a falta do laboratório citada pelos estudantes, embora eles existam fisicamente, resulta em sua não utilização efetiva para aulas práticas.

Quando questionados se acham importante ter uma preparação por meio de simulações digitais antes de irem para um laboratório de Química (Pergunta 8), os estudantes afirmaram que é necessário a escola ter um ambiente para essa preparação, uma vez que é preciso que a escola tenha um laboratório físico em condições de uso. As preparações não servem exclusivamente para as atividades práticas escolares, mas também para a sua formação, como relata E4B₁: “*Acho interessante haver essas atividades virtuais porque elas servem de ensaios seja para o laboratório da escola ou para uma atividade que eu possa vir a fazer em minha casa ou de algo que me ajude a aprender*”. Ademais, nas respostas dos estudantes, foi observada a preferência deles em realizarem as atividades práticas presencialmente. O ideal seria que essas práticas estivessem sempre presentes em sua formação, seja em sala de aula com alguns experimentos simples, no laboratório da UE ou em seu próprio contexto diário, como citou E4A₂:

Se não temos como fazer no laboratório da escola certas práticas de Química, mesmo assim podemos fazer essas atividades no modo digital o que me ajuda se um dia eu vier a fazê-las fora da escola, seja na minha própria casa ou em uma universidade. Pelo menos no meu caso, eu estou passando a me interessar mais por Química depois dessas atividades virtuais, fico com vontade de realizá-las fisicamente, pegando nessas coisas, deve ser simples (E4A₂).

Nesse sentido, observa-se a importância da EDQ, que vai além de promover atividades práticas digitais de maneira rápida e dinâmica, mas também desperta o interesse pela experimentação naqueles envolvidos com a Química na educação básica. Cabe salientar que a realidade de muitas escolas públicas é oposta a essas atividades, onde a ação docente se resume apenas a quadro e giz para explicar essa área de

conhecimento. Como destaca E3C₁: “*As aulas que tive de Ciências/Química, o professor só usava o giz e quadro, ele não fazia atividade práticas nas aulas*”. É necessário repensar os métodos de ensino das diversas áreas de conhecimentos, em especial a Química, no contexto da formação docente em suas licenciaturas (Queiroz; Alves, 2022; Souza; Leite; Leite, 2015). Ademais, para que haja melhorias na qualidade do ensino, é preciso um olhar mais atento às Licenciaturas, o que poderia gerar bons resultados a médio e longo prazo.

Quando questionados sobre o que mais chamou a atenção deles na atividade que realizaram (Pergunta 9), de forma unânime, os estudantes destacaram a característica lúdica da EDQ, sendo uma novidade para todos eles que não conheciam o recurso digital, demonstrando uma postura favorável à metodologia utilizada. Os estudantes consideraram também que, na impossibilidade de ter a aula experimental presencial na escola, seja por falta de material ou ausência de laboratório, seria interessante que esse tipo de aula fosse proposto. Além da ludicidade, os estudantes apontaram que a praticidade das atividades também chamou a atenção deles, pois afirmaram que era muito rápido fazer as práticas digitais. Para os estudantes, basta “*um clique para a experimentação digital ocorrer de modo prático e rápido*” (E2C₁), sem precisar “*esperar para obter resultados de uma análise*” (E1A₁). Ainda em relação à praticidade, E2A₂ relata que: “*Se a gente tivesse que preparar cada solução dessa fisicamente, daria mais trabalho. Ter que medir cada quantidade dessas, preparar os materiais para jogar na água e calcular a concentração. Aqui é mais prático*”, revelando que as TDIC podem promover mais agilidade na atividade experimental.

Ao serem solicitados a dar sugestões de melhorias para a atividade, “*Que sugestão você pode dar para melhorar atividades que envolvam a EDQ?*”, obteve-se uma diversidade de respostas dos estudantes. Alguns apontaram questões técnicas da UE, como computadores que apresentaram defeitos durante a aula, internet que oscilava na aplicação da EDQ e outros problemas, bem como a aplicação da EDQ em outros componentes curriculares, como a Física e Biologia. Conforme sugerido por E4A₁: “*deveria ter atividades experimentais na Física e na Biologia, ajudaria muito a compreender*”. Já E2A₂ sugeriu a utilização de plataformas que representassem mais fidedignamente a

experiência do estudante no laboratório, através de uma perspectiva tridimensional, questionando: “*se a proposta é mesmo simular a gente no laboratório, então poderia ter uma plataforma que representasse melhor uma pessoa no laboratório. Tipo, com uma bancada, reagentes e materiais*”.

A perspectiva tridimensional mencionada por E2A₂ pode ser contemplada com a realidade virtual e/ou aumentada, que está na ideia do metaverso, além de instrumentos que viabilizam a experimentação virtual. Os laboratórios digitais com realidade virtual e/ou aumentada ainda estão sendo desenvolvidos no campo da Química; todavia, pesquisas têm apontado um aumento significativo de estudos para essa área (Leite, 2021; Guaita; Gonçalves, 2022). Lira e Leite (2022) destacam que ainda existem poucos trabalhos que envolvem aplicativos com características tridimensionais (3D) e que a maioria destes apresentavam os experimentos com roteiros pré-programados, onde o único possível erro do discente é não apertar o botão de prosseguir com o roteiro digital.

No que concerne à pergunta “O roteiro para a atividade da EDQ foi fácil de ser seguido?”, todos os estudantes responderam de forma unânime que sim. Conforme os relatos dos estudantes, o roteiro que foi impresso e entregue a eles, junto com as interações digitais da EDQ, estava fácil de entender, ressaltando a explicação concomitante à entrega dos roteiros sobre cada assunto da aula em que a aplicação da EDQ ocorreu. O roteiro que os estudantes utilizaram consistia em um guia prático para a realização da EDQ de cada experimento proposto, descrevendo as ações a serem realizadas por eles, tal como nos roteiros utilizados em aulas experimentais presenciais. Segundo E4B₁: “*Fica fácil, pois bastar ler os passos e executar cada ação descrita no roteiro. É como um caminho a ser seguido com as placas indicando para onde ir*”.

Em relação à pergunta 12, “Antes do início da EDQ, você gostava de Química?”, a qual possuía duas alternativas para resposta (Sim. A aplicação dessas aulas reforçou ainda mais esse seu gostar de Química? Por quê?; Não. A aplicação dessas aulas digitais mudou a sua opinião sobre a matéria de Química? Por quê?), observou-se que 33,3% dos estudantes responderam não a essa pergunta, enquanto 66,7% responderam sim.

Os estudantes que realizaram a EDQ e afirmaram que não gostavam desse componente curricular destacaram que a Química é difícil de compreender, mas que a EDQ ajudou a compreender melhor o componente curricular, conforme explicitou E3C₁:

A primeira impressão no início do ano que tive dessa matéria é que ela é muito difícil, eu não gostava dela. Mas vejo que isso pode melhorar dependendo da maneira como ela é ensinada, seja através de coisas que estão na minha casa e eu não sabia que elas tinham Química, assim como também o uso de experimentos, como as aulas com EDQ que despertaram o meu interesse por Química (E3C₁).

Observa-se, na fala de E3C₁, além da importância da EDQ, a relevância da contextualização dos conteúdos, em que ambas (EDQ e a contextualização) auxiliaram esse estudante a mudar sua percepção sobre a Química. Já para E2B₁, ele associou o seu gosto por videogames com a EDQ, mudando sua forma de ver a Química. Se, nos jogos que ele joga, há poucos ou nenhum objetivo didático, na EDQ o objetivo principal foi a construção do conhecimento. Segundo E2B₁: “*eu não gostava dela, mas alguns recursos podem ajudar a descomplicar como exemplo as aulas com a experimentação digital da Química, pois ficam parecidas com os games. Como eu gosto de games, logo passei a gostar de Química*”. Outra estudante comentou: “*eu não gostava dela, achava complicada. Mas com aulas experimentais e com essas aulas de simulações experimentais pelo computador eu passei a gostar de Química*” (E3B₁).

Os estudantes que responderam que já gostavam de Química afirmaram que, após a aplicação da EDQ, eles passaram a gostar ainda mais do componente curricular. Entre os comentários dos discentes, observa-se a convergência de que a EDQ é um recurso que pode, pelo menos, chamar a atenção do estudante para o conteúdo da aula. Essa observação é identificada nos relatos: “*É sem dúvida uma aula diferente, mesmo para quem tem dificuldades em aprender, uma atividade como esta desperta a atenção de quem faz*” (E2A₂) e “*Os conteúdos não são fáceis de aprender, pelo menos comigo me despertou o interesse de ao menos compreender o porquê daquelas simulações virtuais que fiz terem aqueles resultados*” (E3A₂).

Na fala dos estudantes, também foram observados dois aspectos relevantes. O primeiro refere-se à ausência da Química nas disciplinas de Ciências no Ensino

Fundamental, e o segundo à importância da experimentação (seja presencial ou digital) para a formação do estudante. Sobre o primeiro aspecto, alguns estudantes relataram que não tiveram a disciplina de Química durante o ensino fundamental, tendo o primeiro contato apenas no ensino médio. No ensino fundamental, geralmente, os conteúdos da Química são apresentados na disciplina de Ciências, dividindo a carga horária com os conteúdos de Biologia e Física. Já no ensino médio, o pouco tempo destinado para o ensino da Química está sendo agravado com a implementação do novo ensino médio, conforme destacam Branco e colaboradores (2018, p. 62):

haverá uma redução de 2.400 horas, considerando a carga horária total do Ensino Médio antes da Reforma, para 1.800 horas, referente à BNCC, isso implica uma redução considerável dos conteúdos a serem abordados, o que promove ainda mais esvaziamento e precarização do ensino. É válido lembrar que, pelas alterações promovidas pela Lei Nº 13.415/2017, somente Matemática e Língua Portuguesa serão disciplinas obrigatórias nos três anos do Ensino Médio.

Em relação ao segundo aspecto (a importância da experimentação na formação), destaca-se que escolas sem infraestrutura adequada em seus laboratórios, para que os experimentos sejam realizados, podem contribuir para uma formação deficitária de seus estudantes, uma vez que diferentes competências e habilidades acabam sendo cerceadas.

Por fim, acredita-se que a proposta da EDQ, atuando como recurso facilitador na compreensão e aprendizagem dos estudantes, possibilitou que eles apresentassem uma postura favorável à sua inserção no contexto de sala de aula. Ademais, sendo um recurso didático digital, a EDQ mostrou-se capaz de proporcionar aos estudantes acesso a atividades práticas de Química, as quais, normalmente, não são realizadas pelos docentes por demandarem muito esforço e tempo de sua parte, gerando lacunas na formação dos estudantes.

4 Considerações finais

Nesta pesquisa, foram apresentadas as percepções de estudantes do ensino médio de uma escola estadual em Pernambuco sobre a aplicação da experimentação

digital de Química. Compreende-se que a EDQ pode ser considerada uma alternativa viável para contribuir no processo de ensino e aprendizagem da Química, especialmente quando envolve atividades experimentais.

Com o advento das TDIC, a realização de aulas práticas digitais de Química por estudantes do ensino médio pode ser viabilizada em escolas que não dispõem de infraestrutura adequada para a execução de uma atividade prática comum no laboratório. Para isso, foram elaboradas rotas que permitissem a realização de experimentos por meio das tecnologias digitais. Assim, considerando o *lócus* de aplicação da proposta, nesta pesquisa foi selecionada a Rota 1, que leva em consideração o espaço escolar com computadores adequados para a aplicação da EDQ.

É importante destacar que, na proposta da EDQ, os estudantes tiveram controle sobre as atividades práticas a serem realizadas, podendo inclusive refazer os experimentos em caso de erro na manipulação (digital) do experimento. Ademais, ao dar autonomia para que o estudante se sentisse à vontade para decidir como iria realizar o experimento, garantiu-se que eles não se sentissem “presos” a uma única forma de realizar a atividade experimental. Isso evitou a execução de experimentos tipo “receita de bolos”, comuns em algumas práticas de laboratório, nas quais o estudante apenas segue um roteiro pré-programado, em que quase nenhuma importância é dada à organização, planejamento, pesquisa, análise ou interpretação dos resultados pelos envolvidos (Leite, 2018).

Com isso, aponta-se que as tecnologias digitais podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, e o professor, ao fazer uso delas, por meio do uso de recursos didáticos digitais (Leite, 2022), consegue transformar não apenas o ambiente de sala de aula (ou laboratório), mas também a forma como os estudantes enxergam e constroem sua própria aprendizagem. As simulações embasadas nas TDIC podem atuar como agentes provedores de vivências no laboratório de Química. Mesmo quando há a possibilidade de uso do laboratório de Química, as simulações ainda podem ser úteis como atividades introdutórias, preparativas e/ou complementares para a experimentação no laboratório de Química.

Para situações em que a infraestrutura escolar se mostra inadequada para a realização de atividades práticas, a pesquisa demonstrou que é possível realizar atividades experimentais (mesmo que virtuais) e que o envolvimento dos estudantes na EDQ foi considerado positivo. Destarte, foi perceptível o envolvimento e o interesse dos alunos no desenvolvimento das aulas experimentais digitais, inclusive com solicitações para que outras atividades práticas digitais fossem realizadas em conteúdos de Química no ano letivo. Além disso, as percepções discentes foram quase integralmente positivas para a EDQ, de acordo com os relatos obtidos na pesquisa. A pesquisa revela que a proposta de EDQ pode ser aplicada em diferentes conteúdos da Química, ampliando as possibilidades de sua utilização na prática docente.

Por fim, a EDQ é uma alternativa para os docentes, principalmente por mostrar que sua aplicação não é complexa, mas precisa, acima de tudo, do planejamento do professor para que ocorra de forma favorável. Considera-se que esta pesquisa apresenta uma experiência que pode ser replicada por outros docentes, para que façam uso da EDQ em suas práticas pedagógicas, de modo a contribuírem para a construção do conhecimento de seus estudantes. Isso se aplica tanto a ambientes que dispõem de infraestrutura e materiais para a realização de uma atividade experimental quanto àqueles ambientes que não possuem infraestrutura apropriada para a execução da experimentação no laboratório de Química.

Referências

ALBANO, Wladimir Mattos; DELOU, Cristina Maria Carvalho. Principais dificuldades descritas no aprendizagem de química para o Ensino Médio: revisão sistemática.

Debates em Educação, v. 16, n. 38, p. e16890, 2024. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2024v16n38pe16890>

APOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de metodologia científica**: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Atlas, 2011.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRANCO, Emerson Pereira; BRANCO, Alessandra Batista de Godoi; IWASSE, Lilian Fávoro Alegriano; ZANATTA, Shalimar Calegari. Uma visão crítica sobre a implantação da Base Nacional Comum Curricular em consonância com a reforma do Ensino Médio.

Debates em Educação, v. 10, n. 21, p. 47–70, 2018. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2018v10n21p47-70>

CIBOTTO, Rosefran Adriano Gonçalves; OLIVEIRA, Rosa Maria Moraes Anunciato. TPACK–Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica.

Imagens da Educação, v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017.

<https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v7i2.34615>

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GUAITA, Renata Isabelle; GONÇALVES, Fábio Peres. Experimentação articulada às tecnologias digitais de informação e comunicação: problematizações de conhecimentos na formação de professores de Química. **Química Nova**, v. 45, n. 4, p. 474–483, 2022.

<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170859>

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

LEITE, Bruno Silva. A experimentação no ensino de Química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. **Educación Química**, v. 29, p. 61–78, 2018.

<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63726>

LEITE, Bruno Silva. Pesquisas sobre as tecnologias digitais no ensino de química.

Debates em Educação, v. 13, n. Esp2, p. 244–269, 2021. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2021v13nEsp2p244-269>

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias digitais na educação**: da formação à aplicação. São Paulo, Livraria da Física, 2022.

LIRA, Douglas Lopes de; LEITE, B. S. Possibilidades do aplicativo Virtual Science Lab para o desenvolvimento de uma Experimentação Digital na Química. **Kiri-kerê:**

Pesquisa em Ensino, v. 1, n. 14, p. 182-201, 2022.

<https://doi.org/10.47456/krkr.v1i14.38465>

MALHEIROS, Bruno Taranto. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

OLIVEIRA, Darlei Gutierrez Dantas Bernardo; GABRIEL, Samila da Silva; MARTINS, Geovana do Socorro Vasconcelos. A experimentação investigativa: utilizando materiais

alternativos como ferramenta de ensino-aprendizagem de química. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, n. 2, p. 238-247, 2017. <https://doi.org/10.24219/rpi.v2i2.0.358>

OLIVEIRA, Shismênia. Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em Leitura, Matemática e Ciências no Brasil. **Ministério Educação**, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article/211-noticias/218175739/83191-pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil?Itemid=164>. Acesso em: 23 jul. 2023.

PERNAMBUCO. **PCPE – Parâmetros Curriculares de Pernambuco**. Parâmetros curriculares de Química no ensino médio. Recife: SEE – PE, 2013. Disponível em: http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/4171/quimica_parametros_em.pdf. Acessado em: 09 fev. de 2023.

QUEIROZ, Antônio de Andrade; ALVES, Leonardo Alcântara. Formação de professores de química na modalidade Educação à Distância: um estado da arte. **Revista Pemo**, Fortaleza, v. 4, p. e47308, 2022. <https://doi.org/10.47149/pemo.v4.7308>

SOUZA, Jéssica Itaiane Ramos de; LEITE, Quesia dos Santos Souza; LEITE, B. S. Avaliação das dificuldades dos ingressos no curso de licenciatura em Química no sertão pernambucano. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 5, n. 1, p. 135-159, 2015. <http://dx.doi.org/10.35699/2237-5864.2015.1976>.

ⁱDouglas Lopes de Lira, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8959-5957>

Escola Madre Iva Bezerra de Araújo

Licenciado em Química (IFPE). Especialista em Docência no Ensino Superior (SENAC). Mestre em Química pelo programa de mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE). Professor de Química na Escola Madre Iva Bezerra de Araújo (SEDUC/PE).

Contribuição de autoria: Planejamento da pesquisa, Metodologia, Reflexões sobre o material produzido, Coleta dos dados, Elaboração do *corpus* textual, Análise de resultados e validação, Redação – Rascunho original.

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1961780041699133>.

E-mail: lopeslira@yahoo.com.br

ⁱⁱBruno Silva Leite, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9402-936X>

Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco

Professor de Química e de Tecnologias no Ensino de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Doutor em Química Computacional (UFPE). Coordenador do Laboratório para Educação Ubíqua e Tecnológica no Ensino de Química (LEUTEQ).

Contribuição de autoria: Orientação da pesquisa, Conceitualização, Metodologia, Análise e revisão do instrumento de coletada de dados, Elaboração e processamento do *corpus* textual, Análise de resultados, Supervisão, Redação – Revisão e edição, Administração do projeto, Aquisição de financiamento.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4932752031807872>.

E-mail: brunoleite@ufrpe.br

Editora responsável: Genifer Andrade

Especialista *ad hoc*: Juliana Roberta Paes Fujihara e Fernando José de Almeida.

26

Como citar este artigo (ABNT):

LIRA, Douglas Lopes de.; LEITE, Bruno Silva. Percepções dos estudantes do ensino médio sobre a experimentação digital de Química. **Rev. Pemo**, Fortaleza, v. 6, e13662, 2024. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/revpemo/article/view/13662>

Recebido em 26 de julho de 2024.

Aceito em 20 de agosto de 2024.

Publicado em 10 de outubro de 2024.