



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL – PROFQUI

DOUGLAS LOPES DE LIRA

**Percepções dos estudantes do ensino médio sobre a
experimentação digital de Química: possibilidades de
utilização do aplicativo PhET**

RECIFE

2022

DOUGLAS LOPES DE LIRA

Percepções dos estudantes do ensino médio sobre a experimentação digital de Química: possibilidades de utilização do aplicativo PhET

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Silva Leite.

RECIFE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L768p Lira, Douglas Lopes de

Percepções dos estudantes do ensino médio sobre a experimentação digital de Química: possibilidades de utilização do aplicativo PhET / Douglas Lopes de Lira. - 2022.

115 f. : il.

Orientador: Bruno Silva Leite.

Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Recife, 2022.

1. Experimentação Digital de Química. 2. Tecnologias digitais na educação de Química. 3. Aprendizagem Tecnológica Ativa. I. Leite, Bruno Silva, orient. II. Título

CDD 540

Resumo

Na educação básica, a experimentação do componente curricular Química pode configurar-se como um recurso facilitador de aprendizagem desta Ciência. Refletir como e se estão sendo realizadas aulas práticas, em especial no ensino médio, se mostra importante. Por outro lado, é cada vez mais notório a presença das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) na vida contemporânea, sobretudo no meio educacional onde evidencia-se melhorias na qualidade da educação por meio da introdução dessas tecnologias. As dificuldades existentes na realização de uma aula prática pelo professor do ensino médio, particularmente os docentes de escolas públicas, podem ser atenuadas com o advento das TDIC destinando-as a essas atividades. Destarte, pensar em uma Experimentação Digital de Química (EDQ), pode representar uma alternativa aos problemas observados no contexto escolar, quer seja pela ausência de laboratório e/ou pela falta de material para realização das atividades experimentais. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as percepções de estudantes do ensino médio referente à EDQ em uma escola estadual pernambucana por meio da plataforma PhET Colorado *online* ou de seu aplicativo *offline*. Para isso, a proposta metodológica de pesquisa consistiu em 4 etapas: na primeira foi realizado um levantamento bibliográfico o qual serviu para nortear a pesquisa em termos de estudos já realizados com temas similares; a segunda consistiu em pesquisar aplicativos viáveis à realização de uma Experimentação Digital de Química (EDQ); na terceira foi realizada uma sondagem prévia em sala de aula para verificar as percepções dos discentes ao que abrange a EDQ; na quarta foi elaborado um E-book. Os resultados mostraram que há poucos estudos nacionais sobre a EDQ, conforme observado no levantamento bibliográfico. Referente aos aplicativos, os resultados revelaram que apenas um aplicativo apresentou as características necessárias para a realização de uma EDQ. Já quanto às impressões dos discentes referentes à EDQ, o levantamento prévio feito em sala de aula associado à idealização da EDQ mostrou que os estudantes nunca haviam vivenciado uma atividade prática digital de Ciências. Por fim, o E-book elaborado trata-se de um manual digital de como planejar, realizar e avaliar o contexto didático promovido pela proposta das aulas experimentais digitais de Química. A realização da EDQ pode contribuir com uma maior adesão discente a esta área de conhecimento, pois conforme os relatos dos estudantes participantes desta pesquisa, a ludicidade foi a principal característica desta proposta didática. Conclui-se também, com este estudo, que a EDQ promoveu melhorias na aprendizagem discente, contudo a prática real, quando possível de ser realizada, ainda sim pode ter a EDQ como aliada, uma vez que essa intervenção didática serve de complemento às práticas reais quando elas existirem na escola. Como apontamento futuro sugere-se que outras pesquisas possam ser desenvolvidas com o intuito de investigar a construção de conhecimento dos discentes quando eles vivenciam uma experimentação de Química embasada nas TDIC, ou seja, dentro de uma proposta baseada na EDQ.

Palavras-chaves: Tecnologias digitais. Experimentação. Experimentação Digital de Química. Ensino de Química.

Abstract

In basic education, the experimentation of the Chemistry curricular component can be configured as a resource that facilitates the learning of this Science. Reflecting on how and whether practical classes are being carried out, especially in high school, is important. On the other hand, the presence of Digital Information and Communication Technologies (DICT) in contemporary life is increasingly evident, especially in the educational environment where improvements in the quality of education are evident through the introduction of these technologies. The existing difficulties in the realization of a practical class by the high school teacher, particularly the teachers of public schools, can be mitigated with the advent of TDICs, allocating them to these activities. Thus, thinking about a Digital Experimentation of Chemistry (EDQ) can represent an alternative to the problems observed in the school context, whether due to the absence of a laboratory and/or the lack of material to carry out the experimental activities. In this sense, the present research aimed to analyze the perceptions of high school students regarding the EDQ in a state school in Pernambuco through the online PhET Colorado platform or its offline application. For this, the research methodological proposal consisted of 4 stages: in the first, a bibliographic survey was carried out, which served to guide the research in terms of studies already carried out with similar themes; the second consisted of researching viable applications for carrying out a Digital Experimentation in Chemistry (EDQ); in the third, a previous survey was carried out in the classroom to verify the students' perceptions of what the EDQ covers; on the fourth, an E-book was prepared. The results showed that there are few national studies on EDQ, as observed in the bibliographic survey. Regarding the applications, the results revealed that only one application presented the necessary characteristics to perform an EDQ. As for the students' impressions regarding the EDQ, the previous survey carried out in the classroom associated with the idealization of the EDQ showed that students had never experienced a practical digital science activity. Finally, the E-book prepared is a digital manual on how to plan, carry out and evaluate the didactic context promoted by the proposal of digital experimental classes of Chemistry. The realization of the EDQ can contribute to a greater student adherence to this area of knowledge, because according to the reports of the students participating in this research, playfulness was the main characteristic of this didactic proposal. It is also concluded, with this study, that the EDQ promoted improvements in student learning, however the real practice, when possible to be carried out, can still have the EDQ as an ally, since this didactic intervention serves as a complement to the real practices when they exist at school. As a future note, it is suggested that other researches can be developed with the aim of investigating the students' construction of knowledge when they experience Chemistry experimentation based on the TDIC, that is, within a proposal based on the EDQ.

Keywords: Digital technologies. Experimentation. Digital Experimentation of Chemistry. Chemistry teaching.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Diagrama de Venn.....	38
FIGURA 2 - Pilares da ATA	40
FIGURA 3 - Possibilidades de rotas para a aplicação da EDQ em aula	51
FIGURA 4 - Logo do aplicativo Simulações PhET na Google Play.....	61
FIGURA 5 - Experimentos do aplicativo Simulações PhET	63
FIGURA 6 - Explícita contextualização na Simulação PhET Colorado	67
FIGURA 7 - Diagrama de Venn para os parâmetros de dificuldades de aprendizagem	69

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Sugestões de conteúdos por unidade PCPE.....	22
QUADRO 2 - Categorização da experimentação	29
QUADRO 3 - Conteúdos para a aplicação da EDQ.....	49
QUADRO 4 - Artigos identificados na busca	58
QUADRO 5 - Quantitativo e distribuição participantes	68
QUADRO 6 - Comparativo propriedades organolépticas	75
QUADRO 7 - Condições adversas da aplicação da EDQ e característica do E-book	83

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1. Ensino de Química	17
1.2. Experimentação.....	24
1.3. Tecnologias digitais	32
1.4. Tecnologias na educação.....	35
1.5. Aplicativos.....	42
1.6. Aplicativos digitais para o ensino de química.....	44
2. METODOLOGIA	48
2.1. Etapas da pesquisa	48
2.2. Participantes da pesquisa.....	53
2.3. Instrumentos de coleta de dados	54
2.4. Análise de dados	55
3. RESULTADOS	58
3.1. Trabalhos sobre experimentação digital da Química	58
3.2. Aplicativos para uma EDQ.....	61
3.3. Aplicação da EDQ na Unidade de Ensino.....	67
3.4. Produto educacional (<i>E-Book</i>) para uma EDQ	83
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	92
APENDICE A - TALE.....	97
APENDICE B - TCLE.....	100
APENDICE C – Relação das atividades em classe	103
APENDICE D – Perguntas referentes às percepções discentes da aula	115

INTRODUÇÃO

A aprendizagem dos componentes curriculares que envolvem as Ciências da Natureza por parte dos estudantes brasileiros da educação básica, corriqueiramente configura-se entre uma das piores na lista de 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, por tratar-se de uma avaliação internacional, o PISA fornece uma visão mais ampla da aprendizagem de Ciências dos estudantes brasileiros quando comparada aos outros países, este exame relevou que 55% dos estudantes não atingiram o nível básico de aprendizagem em Ciências da Natureza para o exercício da cidadania plena, sendo um dos fatores os quais fizeram o Brasil ocupar a posição 57^a entre 79 nações pesquisadas (OLIVEIRA, 2019).

Alguns fatores que estão afetando estes índices internacionais do Brasil podem ser caracterizados como: pouco tempo do estudante na escola e conseqüentemente poucas aulas de Ciências no currículo; supressão das Ciências da Natureza no ensino fundamental e tardio conhecimento de todos estes componentes apenas no ensino médio; educação não contextualizada e com baixa conexão com os outros componentes (pouca interdisciplinaridade); e baixo quantitativo de aulas experimentais. Estes fatores, possivelmente, estão fazendo com que o Brasil ocupe as últimas colocações da tabela até mesmo quando comparado a países similares a ele em termos de desenvolvimento econômico, como as nações da América Latina e as Sul-Americanas (OLIVEIRA, 2019). Entre estes componentes curriculares das Ciências da Natureza pesquisados através do PISA, configura-se a Química, na qual é provável que o processo de ensino e aprendizagem deste componente curricular na educação básica brasileira esteja falhando, sobretudo no ensino público; tendo em vista que em muitas vezes as escolas de rede pública brasileira apresentam-se em condições precárias de infraestrutura, tendo basicamente a sala de aula, e os outros espaços de aprendizagem como: quadra de esportes, auditório, laboratório de informática e laboratório de Ciências não oferecem condições de uso.

Referente ao PISA, as escolas participantes desta avaliação são de diferentes redes, tanto particulares quanto públicas. O fato é que a aprendizagem dos estudantes “medida” no programa reflete (normalmente) a realidade acadêmica vivenciada por eles. Nesse sentido, um participante oriundo de escola pública com condições precárias dificilmente terá seu desempenho igualado ou próximo a de um estudante oriundo da rede privada ou da rede

pública federal, ou seja, estes resultados dessa avaliação externa podem representar um retrato real de um Brasil que muitos ainda preferem ignorar, um país de desigualdades sociais as quais se apresentam até mesmo na educação.

Olhando especificamente para o componente curricular Química, um dos constituintes das Ciências da Natureza que teve o nível de aprendizagem dos estudantes mensurado no PISA, tem-se observado *déficits* de aprendizagem por parte dos estudantes brasileiros por diversos motivos. Por exemplo, para muitos desses estudantes, este componente é de difícil aprendizagem. Além disso,

[...] 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, geram um grande desinteresse pela matéria por parte dos alunos. (ARAÚJO; FELIX; SILVA, 2019, p. 01).

Além destes fatores, há um deles que também pode estar dificultando a aprendizagem destes estudantes – A ausência da experimentação. É possível que essa falta de experimentação não seja somente uma característica do componente curricular Química, mas como também dos demais componentes de Ciências do PISA (Física e Biologia). O desdobramento desse contexto dessas aulas tradicionais, ensino vertical, memorização, ensino não contextualizado e ausência de atividades práticas provavelmente está refletindo não apenas no PISA, mas como também em qualquer outro exame de avaliação de aprendizagem que houver sendo ele internacional ou nacional. Como já vistas, são várias vertentes que podem estar interferindo na qualidade da aprendizagem de Ciências nacional; uma delas, pode ser afetada pela falta de aulas experimentais, pois a experimentação é um dos recursos auxiliares na construção do conhecimento do estudante. Conforme Novais (2018, p. 27) “no ensino de Química, a abordagem de atividades experimentais apresenta um grande potencial para despertar o interesse dos estudantes e configura uma importante estratégia para promover o processo de ensino-aprendizagem.” assim, sua ausência nas aulas de Química, pode contribuir para o baixo nível de aprendizagem dos estudantes, conforme observado nos resultados do PISA.

Aulas que apresentam experimentos de Química podem remeter a algo cuja realização ocorre unicamente em um laboratório de Ciências no interior de uma unidade escolar, neste caso haverá uma exclusão involuntária, porque nem todas as escolas brasileiras possuem esta infraestrutura. Contudo, quando há experimentos que podem ser realizados em

sala de aula (LIMA; PERDIGÃO, 2010 *apud* MONTEIRO *et al.* 2013), sua utilização poderá auxiliar o processo de ensino e aprendizagem das Ciências de diversas escolas nacionais que não têm condições mínimas laboratoriais para sua realização.

Mesmo que a unidade escolar possua um laboratório de Ciências em condições de uso, frequentemente na educação básica, a quantidade de estudantes por classe é muito elevada, isso faz com que as aulas práticas de Ciências, eventualmente, nem ocorram em algumas escolas brasileiras devido à realidade educacional vivenciada por professores e discentes. Em uma turma com um quantitativo em torno de 50 (cinquenta) estudantes, torna-se mais comum que os professores optem por estar com estes estudantes em sala de aula do que levá-los a um laboratório que apresenta diversos riscos a quem está nele pela primeira vez. De acordo com Neto e Lima:

Os professores passam por algumas dificuldades para conseguirem realizar suas atividades práticas no seu dia a dia, por diversos motivos [...]. Outra dificuldade encontrada pelos professores é a colaboração do grande número de alunos, a dificuldade de acompanhá-los de forma individual e pequenos grupos com dificuldades de aprendizagem, além de comportamentos inadequados com os outros alunos. (NETO; LIMA, 2014, p: 09-10).

Com um quantitativo alto de estudantes, é provável que a maioria dos estudantes percam o interesse no que o professor está ensinando. De modo similar, o professor dificilmente conseguirá acompanhar o aprendizado de todos os estudantes nesta aula laboratorial, dado o contexto formado.

Para estas escolas com quantidade de discentes elevada por turma, a possibilidade da experimentação em classe (LIMA; PERDIGÃO, 2010 *apud* MONTEIRO *et al.* 2013) pode ser uma alternativa pois neste contexto o protagonismo juvenil é alcançado, os estudantes podem realizar estes experimentos simples de forma individual em grupos na sala de aula o que se torna mais propício garantir o interesse destes estudantes. Na experimentação em classe se utiliza insumos do cotidiano, por exemplo: misturar bicarbonato de sódio e vinagre (materiais que estão presentes na cozinha), colocar água sanitária em lã de aço (materiais de casa), montar uma pilha de limão (materiais de casa). Na experimentação de classe, estratégias de melhorias de aprendizado são propostas, porém com suas limitações; porque nem todos os conteúdos de Química no ensino médio proporcionam experimentos possíveis de serem realizados em sala de aula com recursos encontrados no cotidiano dos estudantes ou de baixo custo.

É possível que uma boa infraestrutura escolar contribua para a melhoria da educação. Escolas que oferecem melhores condições estruturais tendem a proporcionar um aprendizado mais acentuado, sendo essas condições físicas na própria classe, desde uma lousa em bom estado de uso, até as condições extraclasse como auditórios e laboratórios de aprendizagem. Dessa maneira, o aprendizado da Química em escolas com uma infraestrutura laboratorial adequada, com uma quantidade de discentes moderada por classe, que possibilite que o professor consiga fazer o acompanhamento de cada estudante em uma prática (NETO; LIMA, 2014), terá provavelmente seus estudantes apresentando bons resultados em avaliações, como a prova externa do PISA de Ciências, do que aqueles estudantes em escolas com condições precárias de infraestrutura. O modelo de escola padrão em termos estruturais para o ensino de Química o qual facilita a cognição deste componente, infelizmente não abrange a todos os cidadãos brasileiros.

Diante das dificuldades enfrentadas pelos professores nas escolas que não apresentam laboratórios com infraestrutura adequada, assim como as que têm, mas seus professores não utilizam este espaço pela quantidade excessiva de estudantes por classe, possivelmente esses profissionais estão lecionando aulas experimentais somente em sala de aula com materiais do cotidiano provenientes de supermercados, farmácias e armazéns de construção (CASTELEINS, 2011). Todavia, em termos legislativos há uma inconsistência, pois muitas dessas escolas têm em seu Projeto Político Pedagógico (PPP) o laboratório de ciências como espaço de aprendizagem empírica deste componente curricular, conforme Neto e Lima (2014, p. 05) “a função de um laboratório em teoria é realizar aulas práticas, porém algumas escolas não seguem essa regra, dando outro uso para ele, ou seja, ele é adaptado de acordo com a necessidade da escola”. Este espaço eventualmente pode cair em desuso devido à baixa praticidade que o mesmo oferece em eventuais condições escolar. Segundo os autores:

Nem sempre o espaço destinado ao laboratório é utilizado, pois em alguns casos eles são desativados ou destinados à fins diversos. Silva, Arnaud e Freire (2013), confirmam que o uso dos laboratórios de ciências físicas e biológicas é destinado para outros fins como almoxarifado, para guardar materiais de Educação Física, sala de apoio para alunos que necessitam de um reforço escolar; é usado também como biblioteca ou uma sala auxiliar para a biblioteca, pois o espaço utilizado para a mesma é muito pequeno (NETO; LIMA, 2014, p. 06);

Desfecho construído involuntariamente e justificadamente por uma parte dos docentes de Ciências na educação básica. A experimentação pode ser feita em sala de aula através de alguns materiais alternativos (CASTELEINS, 2011), porém no caso específico do

componente curricular Química, nem todos os conteúdos de seu currículo no ensino médio proporcionam experimentações as quais são viáveis de serem realizadas em sala de aula. Alguns conteúdos presentes na Química do ensino médio têm experimentações que requerem equipamentos e reagentes mais sofisticados; e diante de tais circunstâncias, o professor pode ficar impossibilitado de apresentar essas experimentações destes conteúdos, uma vez que possivelmente a ausência da experimentação nos conteúdos de Química pode estar prejudicando a qualidade da aprendizagem desta área de conhecimento.

Conforme o resultado do PISA, a aprendizagem brasileira de Ciências da natureza está entre uma das piores na lista de países pesquisados, isto pode estar ligado à falta de experimentação desta área de conhecimento e em caso de haver experimentos em sala de aula (LIMA; PERDIGÃO, 2010 *apud* MONTEIRO *et al.* 2013), eles dificilmente contemplarão todos os conteúdos de Ciências na educação básica, eles podem conter limitações. Como em tempos atuais buscar essa experimentação integral de todos estes conteúdos de modo prático, rápido e dinâmico?

Em tempos contemporâneos, são perceptíveis os avanços tecnológicos nas ações humanas, estes avanços estão embasados nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Como consequência da chegada da internet aqui no Brasil em 1995, essas TDIC estão cada vez mais ganhando espaço na vida dos brasileiros de modo que há 28 anos a internet era para poucos e de qualidade precária, hoje é possível tê-la até mesmo de forma móvel através de um *Smartphone*, cenário alcançado devido aos avanços tecnológicos que ocorreram nestas quase três décadas e que ainda estão por vim, a tecnologia 5G já está presente em muitas cidades brasileiras tornando o acesso à rede cada vez melhor.

A escola, por estar inserida na sociedade, não está à margem de toda e qualquer características social externa. Assim, a introdução das TDIC pode se configurar como um processo espontâneo e inevitável o qual já ocorre no âmbito escolar, em que muitos estudantes utilizam estas ferramentas. Então, como torná-las aliadas da educação em tempos atuais?

Estas TDIC as quais já se fazem presentes no meio acadêmico podem ser aproveitadas para diversos componentes curriculares (KENSKI, 2015). Dentre estes componentes está a Química. As TDIC podem ser aproveitadas, em especial, em atividades que envolvem a experimentação, pois elas podem gerar comodidade e ganho de tempo, possibilitando ser mais cômodo ao professor manter estes estudantes com seus *Hardware*s

na sala de aula do que levá-los a um laboratório, o ganho de tempo fará com que essa aula prática digital oferte uma possível melhoria na qualidade no ensino, se um laboratório pode ser trazido para sala de aula através de alguns experimentos (LIMA; PERDIGÃO, 2010 *apud* MONTEIRO *et al.* 2013); deste modo, alguns outros experimentos os quais envolvam insumos (reagentes e vidrarias) mais sofisticados, são possíveis de serem realizados em sala de aula embasados nas TDIC. Como a quantidade de aulas de Química no currículo do ensino médio é baixa, um outro possível fator que está afetando o resultado nacional do PISA, o tempo ganho nessas aulas com as TDIC pode se apresentar como um atenuador de um dos problemas citados anteriormente associados à pouca quantidade de aulas deste componente curricular – A falta de tempo.

Inerente ao problema da falta de experimentação em Química na educação básica, forte candidata cerceadora da nota brasileira de desempenho de aprendizagem em Ciências na educação básica e evidenciando esses avanços tecnológicos sociais, inclusive dentro da unidade escolar, esse fenômeno social pode ser direcionado não apenas à parte experimental de Química, porém como também nos outros componentes das Ciências da Natureza (Biologia e Física), assim como em outros aspectos não experimentais destes componentes curriculares e de outros, abrangendo toda a educação.

Vale salientar que um outro contexto observado nos últimos anos devido ao surgimento do novo Corona vírus, o vírus SARS-CoV-2¹ na cidade de Wuhan na China no final de 2019, foi a intensa utilização das tecnologias digitais nas atividades de comunicação das pessoas por causa do distanciamento social (consequência direta da Pandemia de Covid-19²). A escola é um lugar de relações sociais, do ser humano se desenvolver a partir das vivências com outras pessoas, mas o distanciamento social provocado pela pandemia ocasionou uma ruptura deste laço humano na comunidade escolar. Com a pandemia foi preciso se reajustar para que as ações educativas pudessem continuar ocorrendo. Nesse contexto é que as TDIC tiveram seu uso mais acentuado, pois sua utilização visava mitigar os impactos negativos na aprendizagem dos estudantes. Para a educação básica as aulas passaram a ser de modo virtual durante todo o ano de 2020 e de forma híbrida (presencial e virtual) no ano de 2021. Professores que antes eram resistentes à manipulação das tecnologias tiveram que adaptar-se às condições de ensino à distância e com as TDIC.

¹ Sigla do inglês que significa coronavírus 2 da síndrome respiratória aguda grave. Nomenclatura utilizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

² De acordo com a OMS doença causada pela infecção do SARS-CoV-2 nos seres humanos.

Todavia, mesmo com o fim do período pandêmico, os preceitos deste período, referentes às TDIC atuando na educação, permanecerão, desde uma aula virtual respaldada pelas TDIC até algo mais complexo como uma atividade experimental embasada em aplicativos conforme a EDQ.

Acreditamos que a inserção das TDIC no contexto escolar, quer seja motivada pela pandemia da Covid-19 ou por um processo natural, trata-se de uma questão evolutiva, pois a humanidade tem em sua essência a evolução, como a educação é uma das ações associadas à humanidade, ela não pode deixar de evoluir. Nesta perspectiva, a área das Ciências da Natureza é sempre muito desafiadora, e isto se aplica ao nível educacional, tanto para quem leciona quanto para quem está aprendendo. Para assim aprimorar estes conhecimentos, faz-se necessária a prática que complementa a teoria. Neste sentido, a pesquisa a seguir aborda estratégias de desenvolvimento de aulas práticas de Ciências da Natureza com destaque ao componente curricular de Química através de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) na educação básica com ênfase no ensino médio.

Uma vez analisadas todas as questões referentes à educação de Ciências brasileira, levantou-se o questionamento de como agir minimamente de modo a diminuir possíveis situações adversas ao processo de ensino e aprendizagem do componente curricular Química com a introdução das TDIC. De modo mais pragmático, como serão realizadas as aulas práticas de Química, quando não há laboratórios ou espaço suficiente para sua abordagem? Será possível aos professores de Química ministrarem suas aulas experimentais utilizando recursos digitais? De que forma pode ser esse uso? Assim, em um contexto adverso, que leva muitos professores a não abordarem a experimentação em sala de aula, nos questionamos como promover uma prática experimental ágil e que não agregue ônus constantes em sua realização?

De modo a responder essas questões e a vislumbrar alternativas para o ensino da Experimentação Digital na Química (EDQ), esta pesquisa tem como objetivo geral analisar as percepções de estudantes do ensino médio na utilização de atividades envolvendo a Experimentação Digital de Química. Para chegar ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão realizados:

- ✓ Identificar trabalhos que apresentem temas relacionados a EDQ;
- ✓ Selecionar aplicativos para dispositivos móveis que permitam a realização de uma aula experimental no ensino de Química;

- ✓ Investigar as concepções de estudantes do ensino médio sobre uma aula experimental de Química associada às TDIC;
- ✓ Elaborar um E-book com roteiros de aulas práticas digitais de Química voltado a docentes da educação básica.

A falta de formação inicial e continuada dos professores, por vezes dificulta o uso das TDIC na prática docente. De modo igual, a falta de recursos e infraestrutura nos laboratórios físicos das escolas indica para a necessidade de ser trabalhado novas maneiras de realizar atividades experimentais nas escolas. Assim, apontar caminhos que fomentem a introdução da EDQ no ensino médio se mostra pertinente, podendo contribuir para uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem e, conseqüentemente, poderá reverberar minimamente na melhoria das notas no PISA.

Desse modo, a pesquisa se justifica como uma alternativa para aulas de Química em que será possível analisar as percepções dos estudantes em um processo envolvendo a EDQ. Além disso, a elaboração de um E-book sobre práticas para uma EDQ, tendo como público alvo os professores da educação básica, torna-se pertinente devido a este ser um dos principais agentes em sala de aula fornecendo assim subsídios para sua prática docente relacionados com a experimentação, área que engaja os estudantes durante as aulas, poderá favorecer o processo de ensino e aprendizagem.

Esta dissertação será composta por quatro capítulos, seu primeiro capítulo consiste na Fundamentação teórica a qual é constituída por seis seções: **Ensino de Química**, em que serão apresentadas suas principais características e o que torna sua aprendizagem dificultosa na percepção dos estudantes da educação básica; **Experimentação**, quais as dificuldades enfrentadas por docentes da educação básica na realização de experimentações de Ciências em muitas escolas serão abordadas nesta parte da pesquisa; **Tecnologias**, discutindo como as tecnologias afetam nosso modo de viver promovendo bem-estar na maioria das vezes; **Tecnologias na educação**, uma vez promovendo melhor qualidade de vida em quase sua totalidade. As tecnologias podem ser verdadeiros recursos de melhoria na educação; **Aplicativos**, os principais softwares já utilizados na educação dos mais variados componentes curriculares serão apresentados nesta parte; **Aplicativos no ensino de Química**, quais as características peculiares dessa área de conhecimento que pode ser propícia à utilização de aplicativos digitais também será discutida.

No segundo capítulo cuja Metodologia o constitui, apresentará os procedimentos metodológicos da pesquisa, descrevendo as etapas da pesquisa, desde o levantamento

bibliográfico, passando pela busca de aplicativos, finalizando na aplicação da pesquisa na escola e na elaboração do produto educacional (um E-book), tendo em vista que há um baixo quantitativo de E-books disponíveis na WEB voltados para a experimentação de Ciências na educação básica. Este E-book dará ênfase ao componente Química levando em consideração as possíveis questões de infraestrutura escolar as quais podem comprometer a realização da EDQ no ensino. Será descrito os participantes da pesquisa, os instrumentos que serão utilizados na coleta dos dados e por último consta a seção da análise dos dados a qual apresenta como serão analisados os dados obtidos durante a pesquisa.

No capítulo Resultados serão apresentados os achados na pesquisa referentes a: estudos análogos à pesquisa, aplicativos propícios à realização da EDQ, impressões discentes da EDQ e produção do E-Book (guia prático da EDQ).

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, apresentamos algumas discussões inerentes ao tema da pesquisa. Inicialmente abordaremos as discussões referentes ao ensino de Química e os problemas que afetam o ensino, dentre eles a baixa ou nenhuma contextualização por parte dos docentes. No segundo tópico será abordado a experimentação, apresentando diversos aspectos em como ela pode auxiliar a prática pedagógica, sua categorização e sugestões de utilização das TDIC como suporte à experimentação. O terceiro tópico aborda os avanços sociais das tecnologias digitais na evolução humana, além de destacar a possibilidade de realização de experimentos digitais de Química. O quarto tópico contempla as TDIC, as quais já podem ser constatadas atualmente na educação, essas TDIC dão embasamento à aplicação da EDQ, pois como as tecnologias digitais já estão presentes no dia a dia dos estudantes, elas podem possibilitar a realização da EDQ de forma mais espontânea. No quinto tópico, são contemplados os aplicativos presentes na vida cotidiana, assim como aplicativos utilizados nos mais diversos componentes curriculares, uma vez que a pesquisa aborda possibilidades de utilizar aplicativos para atividades experimentais na Química. Por fim, no sexto tópico são apresentados os aplicativos que são utilizados na Química para os seus mais diversos temas, dentre estes aplicativos alguns voltados para a experimentação.

1.1 Ensino de Química

A educação abrange não somente o ambiente escolar, ela transcorre também na vida social e na família do indivíduo, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases de 1996 (LDB/96): “A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na vida social, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais” (BRASIL, 1996, p. 01). A educação escolar, que ocorre exclusivamente no ambiente escolar, é composta pela educação superior e pela educação básica (LDB/96), esta última é obrigatória e tem como sua finalização a etapa do ensino médio que é composto por diversos componentes curriculares que buscam tornar o indivíduo apto para o exercício da cidadania plena, conforme a LDB/96.

Um destes componentes é a Química, que tem como uma de suas maiores relevâncias preparar o indivíduo para o exercício da cidadania assim como remete a LDB/96

e como está nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN⁺). Conforme essas orientações a “Química pode ser um instrumento de formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade [...]” (BRASIL, 2002, p. 87). Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), tem como definição que a “Química participa do desenvolvimento científico-tecnológico com importantes contribuições específicas, cujas decorrências têm alcance econômico, social e político. A sociedade e seus cidadãos interagem com o conhecimento químico por diferentes meios.” (BRASIL, 1997, p. 30).

Com toda a importância dessa área de conhecimento para o exercício da cidadania plena na educação básica brasileira, a Química é considerada pelos estudantes como uma matéria causadora de dificuldades de cognição assim como outras das Ciências Exatas e da Natureza, conforme Araújo, Felix e Silva (2019). É uma questão bastante discutida nas pesquisas voltadas para a educação, essa dificuldade muito acentuada dos estudantes do ensino médio em aprender os conteúdos do componente curricular Química (BIZZO, 2009).

Contudo, o estudante precisa cursar Química tendo em vista que este componente se integra como obrigatório na educação básica brasileira desde 1931 (LIMA, 2012), é um caminho cujo estudante precisa percorrê-lo mesmo que sua vontade não seja seguir por esta área de conhecimento em sua vida profissional após o término do ensino médio. Devido a isto, pesquisas que tornem este caminho menos dificultoso têm eminência na referida área de conhecimento (MACENO; GUIMARÃES, 2011; SCHNETZLER, 2002).

Se a aprendizagem de Química no ensino médio está falhando, alguns aspectos precisam ser avaliados, um destes aspectos é o ensino. Para Berton (2015), esta falha na aprendizagem é uma consequência do método de ensino de alguns professores:

Observa-se que os docentes são muito técnicos ou ainda cobram que o aluno decore conceitos nesta disciplina, esquecendo-se de contextualizar e trazer o cotidiano até os discentes, além de mostrar como podem adquirir o conhecimento exigido, entendendo os conceitos sem a necessidade de decorá-los (BERTON, 2015, p. 02).

Um ensino tradicional, seria aquele que o estudante apenas recebe informações de modo vertical o que pode provocar resistência por parte deste em qualquer disciplina que esteja cursando. Nos componentes das Ciências da Natureza, como a Química, essa aversão torna-se ainda mais acentuada devido à abstração de alguns conteúdos e uso de Matemática no componente (ARAÚJO; FELIX; SILVA, 2019), sendo assim:

O Ensino de Química, na grande maioria das vezes vem sendo desenvolvido tradicionalmente, o conhecimento científico é apresentado aos alunos sempre priorizando os conteúdos, muitas vezes sem ligação ao cotidiano do aluno tornando a abordagem da matéria abstrata, maçante e irrelevante para os alunos. Quando os conteúdos não são contextualizados adequadamente, estes se tornam distantes assépticos e difíceis, não despertando o interesse dos alunos (ZANON; PALHARINI, 2005, *apud* VOIGT, 2019, p. 72).

A contextualização pode ser uma das alternativas para melhorar a qualidade do ensino de Química na educação básica brasileira. Apresentar aulas voltadas para questões atuais as quais integram o cotidiano discente podem configurar-se como promissoras de atenuação aos problemas relativos à qualidade de aprendizagem deste componente. Além disso, a contextualização pode ocorrer desde o uso do livro didático pelo professor em sala de aula, uma vez que esses materiais trazem questões atuais em seus conteúdos, até situações mais complexas como uma visita técnica a determinados locais com aulas extraclasse. Conforme Araújo et al. (2019):

O processo de ensino de química onde está presente a contextualização, a inserção do cotidiano do aluno e atividades experimentais tornaria o ensino bem mais prazeroso. Trevisan e Martins (2006) ressalta que é importante priorizar o processo de ensino e aprendizagem de forma contextualizada, inserindo o cotidiano do aluno em sala de aula, para que eles possam perceber a importância do estudo da química. (ARAÚJO; FELIX; SILVA, 2019, p. 05).

Um ensino contextualizado de Química faz com que o estudante perceba o que lhe cerca com um outro olhar dando um significado diferente ao seu social. O aspecto da contextualização inerente ao ensino, conforme Santos *apud* Honorato (2018), está atrelada a alguns dos sete passos que compõem a aprendizagem significativa de Ausubel:

1. Dar sentido ao conteúdo: toda aprendizagem parte de um significado contextual e emocional.
2. Especificar: após contextualizar o educando precisa ser levado a perceber as características específicas do que está sendo estudado.
3. Compreender: é quando se dá a construção do conceito, que garante a possibilidade de utilização do conhecimento em diversos contextos.
4. Definir: significa esclarecer um conceito. O aluno deve definir com suas palavras, de forma que o conceito lhe seja claro.
5. Argumentar: após definir, o aluno precisa relacionar logicamente vários conceitos e isso ocorre por meio do texto falado, escrito, verbal e não verbal.
6. Discutir: nesse passo, o aluno deve formular uma cadeia de raciocínio pela argumentação.
7. Levar para a vida: o sétimo e último passo da (re) construção do conhecimento é a transformação. O fim da aprendizagem significativa é a intervenção na realidade. Sem esse propósito, qualquer aprendizagem é inócua. (SANTOS, 2010 *apud* HONORATO, 2018. p. 30).

O primeiro passo está respaldado na contextualização, pois a aprendizagem requer como ponto de partida uma situação a qual esteja inserida na realidade discente. O sétimo passo está também embasado na contextualização, quando o discente é estimulado a abordar situações que o cercam no seu dia a dia, fica mais espontâneo para o mesmo agir como cidadão na sociedade. As práticas pedagógicas são cruciais para mostrar o sentido do que está sendo abordado em sala de aula, sobretudo no componente curricular Química, pois o mesmo está em tudo que nos rodeia. Para Valente e Almeida (2011):

“[...] potencializar as práticas pedagógicas que propiciem um currículo voltado ao desenvolvimento da autonomia do aluno, na busca e geração de informações significativas para compreender o mundo e atuar em sua reconstrução, no desenvolvimento do pensamento crítico e autorreflexivo do aluno, de modo que ele tenha capacidade de julgamento, autorrealização e atuação na defesa dos ideais de liberdade responsável, emancipação social e democracia [...]” (VALENTE; ALMEIDA, 2011, p. 31).

A aprendizagem de Química no Brasil está entre uma das piores no globo de acordo com o último levantamento do PISA (*Programme for International Student Assessment*). Berton (2015) ressalta que a forma como os professores lecionam a matéria está associada à dificuldade de aprendizagem. Já Araújo et. al (2019) indicam que a contextualização pode melhorar o ensino deste componente. Contextualizar é aproximar a Ciência do social, pois a contextualização é uma das características de alguns passos da aprendizagem significativa. Uma aprendizagem significativa pode formar cidadão críticos e responsáveis que busquem a emancipação social e democrática.

Lima (2012) sugere que os déficits apresentados no ensino de Química podem ser consequências da formação dos cursos de licenciatura deste componente curricular, os quais não preparam o graduando para a realidade educacional escolar. Proporcionar um ensino prazeroso deste campo de conhecimento tão importante e tido como difícil pela maioria dos estudantes é um grande desafio para o professor nos dias atuais, são necessários novos conhecimentos e formações para inserir métodos atuais de ensino em sala de aula. (ARAÚJO; FELIX; SILVA, 2019). É espontâneo interrogar todos os diversos aspectos que envolvem o processo de ensino e aprendizagem da Química na educação básica, tendo em vista o resultado do PISA brasileiro e outras avaliações. Um desses aspectos que vai além da figura do professor é o currículo conforme aponta Justi e Ruas (1997), para estes autores diante dos números baixos na avaliação do PISA “torna-se natural indagar se os conteúdos escolares, em particular os das Ciências da Natureza, não estão se tornando anacrônico” (JUSTI; RUAS, 1997 *apud* GUIMARÃES, 2006, p. 07).

A tímida atualização de conteúdos de Química nas últimas décadas, conforme Guimarães (2006), pode não estar somente atrelada aos conteúdos em si, mas também aos métodos de ensino de Química, se o currículo está obsoleto (GUIMARÃES, 2006), provavelmente a forma também assim está. Embora o currículo possa estar antiquado, tendo um ensino atual que abrange os avanços científicos e tecnológicos, provavelmente algumas lacunas na educação de Química nacional podem ser atenuadas.

A questão curricular assim como a metodologia de ensino de Química podem ser também moldadas pelo professor, cuja finalidade dessas temáticas, assim como a abordagem, estão direcionadas à integração do contexto do estudante (EICHLER, 2007 *apud* LIMA, 2012):

Para Eichler (2007), algumas ações têm buscado, e devem continuar buscando, reestruturar as bases metodológicas e curriculares do nosso sistema educacional, de modo a auxiliar a realização de uma melhoria do ensino de Química nas escolas. Talvez os conteúdos fundamentais tratados na disciplina possam ser desenvolvidos a partir de materiais elaborados pelos próprios professores. (LIMA, 2012, p. 03-04).

Diversas redes escolares estão resguardadas por parâmetros de conteúdos sugestivos a professores, como exemplo tem-se os Parâmetros Curriculares de Pernambuco (PCPE) o qual está associado às temáticas abordadas nos livros, temáticas estas que conforme Guimarães (2006) estão estagnadas em uma percepção evolutiva educacional. Os PCPE é um documento disponibilizado no site da SEE/PE e objetiva orientar o processo de ensino no estado, bem como as práticas pedagógicas nas salas de aula, uma vez que:

A elaboração dos novos parâmetros curriculares faz parte do esforço da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco (SEE) em estabelecer um currículo escolar que esteja em consonância com as transformações sociais que acontecem na sociedade. É preciso que a escola seja capaz de atender às expectativas dos estudantes desse novo mundo (PCPE, 2013, p. 13).

Nota-se os cuidados através do PCPE em associar tantos os conteúdos os quais serão abordados em sala de aula, assim como também as estratégias de ensino com a realidade vivida por toda a sociedade pernambucana, promovendo mais sentido à educação escolar do estado através de um ensino cada vez mais contextualizado.

De acordo com os PCPE, em sua especificidade de Química no ensino médio, este componente curricular tem como objeto de análise 3 pilares: transformação da matéria, propriedades e constituição da matéria (PCPE, 2013, p. 35). Ademais, a forma de abordagem didática a qual o professor deve utilizar em sala de aula respalda-se em três vertentes: Fenômenos, Teorias Modelos e Representações (PCPE, 2013, p. 36). Aspectos estes que

estão intrinsicamente relacionados com a área de conhecimento. A orientação dos PCPE está embasada no ensino da Química para o exercício da cidadania, ao invés de um ensino centrado unicamente no ingresso do estudante no ensino superior, conforme aponta o documento:

Pensar em uma proposta para o ensino de Química pressupõe refletir sobre o que tem sido desenvolvido em nosso país. Para muitas escolas, ensinar química é preparar os estudantes para o vestibular. Essa pressão do vestibular limita o trabalho do professor para quem preparar para o vestibular implica desenvolver extensos programas, privilegiando a memorização de regras e a resolução de exercícios numéricos, em detrimento do desenvolvimento de conceitos (PCPE, 2013, p. 33).

Diversas sugestões de conteúdos curriculares existem neste documento cuja finalidade seja de nortear o professor para um ensino cada vez mais significativo, alguns desses conteúdos seguem a ordem do livro didático, outros não seguem essa ordem. São conteúdos por unidades em que um ano letivo é composto por 4 (quatro) unidades conforme o Quadro 1 é possível consultar as sugestões de conteúdo(s) do primeiro ano do ensino médio. Há também as sugestões para o segundo e terceiro ano.

Quadro 1: Sugestões de conteúdos por unidade PCPE.

Unidade	Temas	Expectativa de aprendizagem
I	Conhecimento químico: importância e contribuições	EA1 – Reconhecer as rochas, minerais, areia, água e ar como materiais abundantes no planeta e alguns dos seus ciclos.
	Substâncias: propriedades físicas	EA2 – Relacionar a constituição dos seres vivos com os materiais constituintes do ambiente.
	Propriedades dos materiais	EA3 – Relacionar as propriedades dos materiais à sua disponibilidade, aos seus usos, à sua degradação, reaproveitamento e reciclagem, na perspectiva da sustentabilidade.
	Ciclo dos materiais no ambiente, seu uso pelos humanos e as consequências para o planeta	EA4 – Reconhecer as propriedades dos materiais recicláveis, tais como plásticos, metais, papel e vidro.
	Transformações químicas	EA5 – Diferenciar as substâncias e misturas, por meio da constância ou não das temperaturas de fusão e ebulição.
	Processos de separação - filtração, decantação e destilação	EA6 -- Reconhecer as mudanças de fase das substâncias e misturas, por meio de representações em gráficos.
	Processos de separação de misturas presentes no cotidiano	EA7 – Aplicar o conceito de densidade para explicar a flutuação de materiais e objetos em líquidos ou no ar.

	Separação e substâncias utilizados nos sistemas produtivos	EA8 – Resolver problemas, envolvendo a relação entre massa e volume das substâncias.
	Códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias e transformações químicas	EA9 – Relacionar as propriedades específicas dos materiais com os métodos físicos de separação de misturas.
II	Tabela periódica	EA10 – Identificar os elementos químicos na Tabela Periódica por seus símbolos e nomes.
	Modelos atômicos	EA26 - Reconhecer que a proporção entre os átomos nas fórmulas das substâncias depende do número de seus elétrons de valência.
	Funções Químicas	EA31 – Reconhecer substâncias inorgânicas, tais como ácidos, bases, sais e óxidos, a partir de suas fórmulas e características
	Características dos materiais	EA35 – Relacionar os métodos de separação das substâncias de uma mistura com as propriedades dos materiais.
III	Transformações químicas	EA46 – Relacionar as transformações físicas e químicas às mudanças, que ocorrem no ambiente, inclusive nos organismos.
	Energia envolvida nas transformações físicas dos materiais	EA50 – Diferenciar calor de temperatura, por meio de interpretação dos fenômenos no cotidiano.
	As características das transformações dos diversos tipos de substâncias	EA60 – Identificar as reações de formação e de decomposição das substâncias.
IV	Modelo cinético molecular	EA102 – Reconhecer que todos os materiais são constituídos por partículas que estão em constante movimento.
	Modelos atômicos	EA108 – Reconhecer a relação entre os modelos atômicos e as explicações para as propriedades dos materiais.
	Modelo de Ligações Químicas e de Forças Intermoleculares	EA114 – Usar a teoria das forças intermoleculares para explicar as baixas temperaturas de fusão e ebulição das substâncias moleculares.
	Leis de Conservação da matéria	EA125 – Utilizar o modelo de Dalton, para explicar a conservação do número de átomos em uma transformação química e realizar o balanceamento das equações.
	Quantidades em química: massa, volume e quantidade de matéria	EA16 – Efetuar cálculos de quantidades de reagentes e produtos em transformação química, observando as leis de conservação e proporção.

Fonte: Adaptado de SEE-PE (2021).

Os conteúdos são apresentados com suas respectivas expectativas de aprendizagem que consistem nos objetivos das aulas, competências necessárias cujo estudante necessita ter ao terminar a aula. Os temas do PCPE estão em consonância com as propostas apresentadas nos livros didáticos, materiais estes que atualmente estão passando por algumas mudanças

devido à implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a qual apresenta caminhos a serem seguidos na área de conhecimento Ciências da Natureza. Assim como os PCPE, a BNCC traz propostas de aplicabilidade social dos conteúdos de Química bem como de outros componentes desta área de conhecimento, essas mudanças do livro didático com a BNCC buscam uma melhor contextualização dos temas, algo que já pode estar sendo buscado nos PCPE. No Quadro 1, observa-se algumas das Expectativas de Aprendizagem (EA) presentes no documento as quais buscam integrar os conceitos abordados com o dia a dia discente, dentre as quais, percebe-se as tendências em EA1, EA3, EA4, EA7, EA46 e EA50. Um forte indício deste documento estar almejando a contextualização assim como denota a BNCC no que se refere a aplicabilidade social da Ciência. Para a base “aprender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania.” (BRASIL, 2018, p. 321). Aprender Ciências para o estudante agir no meio que o cerca, tornando-se cidadão ativo da sociedade.

1.2 Experimentação

Na sociedade, é corriqueiro ouvir de algumas pessoas frases que remetem à experimentação, por exemplo: “Chega de tanta explicação, praticando eu aprendo melhor” ou “Quando eu começar a fazer, eu consigo entender essa explicação toda”. Um estudo mais aprofundado sobre a epistemologia dessas frases populares pode ser fundamentado. Na educação a importância da prática deve ser deferida no contexto escolar ou extraescolar, para Williams (2017) respaldado na teoria *Learnig by doing* de John Dewey (1938), a experimentação promove a capacidade das crianças resolverem problemas diversos além de abranger vários crescimentos cognitivos:

As crianças serão vistas aprendendo na prática nessas salas de aula e resolverão problemas por meio de abordagens práticas [...] A experiência educacional abrange o crescimento intelectual, social, emocional, físico e espiritual de toda a criança, não apenas acadêmico crescimento (WILLIAMS, 2017, p. 92.).

Dada a importância da prática nas atividades escolares, o ensino de Química deve conter atividades experimentais as quais contemplem este crescimento citados por Williams (2017). No entanto, na realidade da educação básica brasileira, há falta de atividades práticas do componente curricular Química, conforme a pesquisa realizada por Araújo, Felix e Silva (2019) em que 80% dos estudantes têm dificuldade de aprender este componente devido à

ausência de atividades práticas. Essa pesquisa corrobora com os estudos de campo de Baratieri *et al.* (2008) a qual analisam as percepções reais de estudantes. No trabalho de Baratieri *et al.* (2008) alguns depoimentos de estudantes foram coletados, em que a maioria menciona a atividade prática como um recurso facilitador de aprendizagem, pois o estudante sai do livro e interage na própria construção de seu conhecimento ou que este tipo de aula tira o estudante da rotina de sala de aula.

Sabe-se que o ensino de Química na educação básica brasileira apresenta lacunas, uma dessas lacunas pode ser a falta de experimentação (dentre outras). Segundo Mazalla Júnior (2015), o componente curricular Química é considerado de difícil compreensão, pelo distanciamento entre a teoria e a prática (MAZALLA JUNIOR, 2006; SOUZA *et al.*, 2015) e a experimentação exerce grande influência na aprendizagem das Ciências da Natureza, conforme Baratieri *et al.* (2008, p. 20) “no meio educacional, as ciências da natureza são também conhecidas como ciências experimentais”. Essa importância demasiada da experimentação na Química faz com que este componente curricular tenha um espaço dentro da Unidade Escolar (UE) exclusivo para ensaios práticos – O laboratório de Ciências. Para Casteleins (2011, p. 01), “geralmente, as pessoas consideram a Química como umas das matérias mais difíceis de aprender argumentando que o seu entendimento seria mais fácil se fossem realizadas aulas práticas em laboratório.”

Por sua vez, as práticas experimentais, embora despertem o interesse dos estudantes, não são tão simples de serem realizadas, principalmente quando o ambiente escolar é desprovido dos recursos básicos necessários para a sua realização como a falta de laboratórios físicos, reagentes, vidraria e outros. Alguns experimentos podem ser realizados pelo professor e estudantes em sala de aula (LIMA; PERDIGÃO, 2010 *apud* MONTEIRO *et al.* 2013), isso faz com que estas escolas, desfavorecidas em termos de infraestruturas e materiais diversos, não tenham sua qualidade de ensino cerceada no componente curricular Química.

A quantidade de escolas a qual apresenta laboratórios sem condições de uso é considerável, conforme Simões Neto e Lima (2014), muitas delas têm o laboratório destinado a outros fins alheios à atividades experimentais: “Nem sempre o espaço destinado ao laboratório é utilizado, pois em alguns casos eles são desativados ou destinados à fins diversos.” (SIMÕES NETO; LIMA, 2014, p: 05). Estes fins diversos podem ser os mais variados possíveis como almoxarifado, depósito de materiais de educação física, sala de reforço escolar e outros, Silva, Arnaud e Freire (2013).

A experimentação, assim como qualquer recurso didático, pode também conter falhas as quais comprometem sua eficiência educacional. Se abordada de maneira unicamente roteirista e mecânica, pode resultar em apenas uma característica inócua à aprendizagem discente, para Baratieri (2008):

A experimentação aplicada ao ensino de química, segundo uma linha epistemológica empirista e indutivista, geralmente é orientada por meio de roteiros nos quais as atividades são seqüenciadas linearmente. Ao criticar experimentos do tipo roteiro, De Jong (1998) destaca que os alunos procedem cegamente ao fazer anotações e manipular instrumentos, sem saber o objetivo e, como consequência, aprendem pouco e não fazem ligações entre a teoria e a prática. (BARATIERI; BASSO; BORGES; ROCHA FILHO, 2008, p. 21).

Como as atividades experimentais passam por roteiros, o estudante tem que realizar procedimentos com o intuito de elaborar os ensaios, trata-se de uma característica dos experimentos que se abordado de modo unicamente tecnicista assemelha-se aos métodos tradicionais de ensino, o estudante apenas faz sem um olhar mais aprofundado dos fenômenos ali gerados – receita de bolo. Além disso, Baratieri *et. al* (2008) apontam mais controvérsias nas pesquisas sobre a experimentação e algumas limitações da mesma quando ela é utilizada rotineiramente no âmbito escolar:

Ainda assim, há controvérsias em relação à eficácia do uso do trabalho experimental, com críticas que remontam ao final do século XIX. Barberá e Valdés (1996) mencionam um artigo de 1892 no qual já se percebe essa polêmica. Hodson (1994) também destaca que há poucas investigações convincentes em relação aos ganhos obtidos pelo uso de atividades experimentais para justificar seu uso de forma rotineira, pois envolvem tempo e recursos financeiros. (BARATIERI; BASSO; BORGES; ROCHA FILHO, 2008, p. 22).

Em uma escola pública de ensino médio onde os recursos são escassos, algumas não possuem laboratórios e as que têm laboratórios, os mesmos são destinados a outros fins Simões Neto e Lima (2014); toda e qualquer atividade que demande aspectos financeiros enfrentará dificuldade em sua realização. Para as escolas que possuem laboratórios e os mesmos se transformam em almoxarifados e em outros, possivelmente a causa seja o aspecto financeiro de manter um laboratório na unidade escolar porque muitos dos equipamentos, materiais, reagente e vidrarias têm preços elevados no mercado, logo espontaneamente este espaço cai em desuso dando outras finalidades a ele. Até mesmo nos experimentos realizados em sala de aula, os mesmos requerem investimentos financeiros, Casteleins (2011) sugere que os experimentos de sala de aula podem ser feitos com materiais de supermercado, armazéns de construção e outros, porém observa-se que deve haver aplicações monetárias

para esta finalidade, dependendo da situação escolar o experimento enfrentará dificuldades de ser realizado em sala de aula pelos estudantes e professores.

Quanto à questão do tempo (BARATIERI, 2008), em muitas escolas de ensino médio pública, a quantidade de aulas de Química é muito baixa; dependendo da rede de ensino pode chegar a apenas 2(duas) aulas de Química de 50 minutos semanais, para atividades experimentais no laboratório, este aspecto pode apresentar-se como uma barreira de eficiência de uma aula prática neste ambiente. Nas aulas experimentais em sala de aula (CASTELEINS, 2011) há mais tempo para a realização da atividade, valendo salientar que nesse tipo de experimento, a quantidade excessiva de estudantes por classe provavelmente trará menos dificuldade ao professor e aos próprios discentes de realizarem atividades experimentais na própria sala de aula do que se esta mesma classe fosse conduzida ao laboratório de Ciências da UE, esta é a vantagem dos ensaios práticos em sala. Já os ensaios feitos em laboratórios têm a vantagem de estarem sendo realizados no local exatamente destinado para eles, com a infraestrutura e segurança necessárias à sua realização.

É perceptível que os dois tipos de experimentos (aqueles realizados em sala de aula e aqueles realizados no laboratório) têm suas limitações, o laboratorial é ainda mais limitado pois nem todas as escolas públicas brasileiras tem este espaço, as que têm transformam este espaço em outros fins (SIMÕES NETO; LIMA, 2014) devido a diversos fatores. Apesar de serem excelentes recursos de ensino, as experimentações possuem ainda a limitação financeira (BARATIERI; BASSO; BORGES; ROCHA FILHO, 2008), dependendo do que esteja manipulando, uma vez usados os insumos (reagentes e outros) não será possível mais reutilizá-los; tendo a escola, professores e estudantes que efetuar uma nova compra de materiais, gerando assim um ônus constante nesse tipo de atividade.

Uma UE vulnerável em termos de aquisição tenderá a não disponibilizar essas aulas práticas devidos a essa limitação financeira citada por Baratieri *et. al* (2008), possivelmente um contexto que gerasse apenas um gasto inicial através de algum recurso, sem gastos constantes com insumos, poderia mitigar esses empecilhos financeiros e os experimentos pudessem ser reiniciados a qualquer momento sem haver perdas de materiais.

Diante de todo esse contexto adverso que leva muitos professores a não abordarem a prática, necessita-se discutir ações que promovam o lado empírico da Química. Possivelmente, algumas metodologias de ensino podem contemplar os escassos experimentos de Química em sala de aula, além de se tornarem experimentos ágeis sem altos custos e que despertem o interesse do estudante.

Uma possibilidade a qual atenda praticamente a todos os critérios anteriormente elencados seria a atividade prática digital respaldada nas TDIC – experimentos ágeis, com apenas um custo inicial e que chamam a atenção do estudante. Se o laboratório de Ciências da Unidade escolar é em muitas vezes destinado a outros fins alheios à experimentação (SIMÕES NETO; LIMA, 2014) ou em muitas vezes a escola simplesmente não tem, a prática digital pode atuar em paralelo aos experimentos simples de sala de aula oferecendo ao estudante o conhecimento empírico desta Ciência da Natureza, e até mesmo para as escolas que possuem e oferecem toda a infraestrutura necessária para a realização de atividades práticas com equipamentos e materiais adequados. Neste último caso, além das questões referentes ao Ensino a Distância (EAD)³ configurar-se cada vez mais presente na educação, as práticas digitais poderiam ser simuladores de atividades presenciais posteriores, servindo como complemento e minimizando eventuais erros comuns na forma presencial, análogas às aulas de simulação de condução de carros necessárias à aprovação da Carteira Nacional de Habilitação (CNH). São simulações que podem atuar potencializando os efeitos de uma atividade prática. Hodson (1988) define que o trabalho prático nem sempre constitui-se de atividades no laboratório, há diversas alternativas de atividades práticas, dentre elas a *Computer Assisted Learning* (CAL) que é a aprendizagem auxiliada pelo computador através de simulações de experimentos reais, as quais seu uso configura-se “simulações em computador é outra técnica muito eficiente em capacitar os alunos a se envolverem nos aspectos mais criativos da ciência, e que leva à compreensão da natureza da ciência.” (HODSON, 1988, p. 11).

Nesse contexto, a Experimentação Digital de Química (EDQ), a qual consiste em realizar atividades práticas de modo digital, não aponta para uma substituição de aulas práticas laboratoriais em UE detentoras de laboratórios com infraestrutura adequadas, porém a EDQ oferta possibilidades de contribuir com essas práticas. Segundo Hodson (1988), a CAL oferta essa condição de melhoria de atividades práticas em que:

Com uma simulação em computador, projetos mal feitos podem ser postos em prática e quaisquer problemas podem ser descobertos pelos alunos e modificados, ou eliminados, com rapidez e segurança. Deste modo, os alunos aprendem com seus próprios erros e são levados a investigar de maneira mais completa e mais refletidamente (HODSON, 1988, p.11).

³ Considerando os cursos de modalidade subsequentes e os de nível de graduação não presenciais, assim como os de pós-graduação *lato sensu*.

Caracterizando como ensaios através de ferramentas tecnológicas, a CAL adapta-se aos objetivos da aprendizagem, sem modificá-los; ou seja, uma aula experimental pode ter seus objetivos de aprendizagem comprometidos em decorrência de possíveis situações triviais as quais podem ocorrer durante a aula, imprevistos estes reais que são candidatos ao desvio de aprendizagem em um contexto ideal, por exemplo: uma aula experimental de neutralização ácido/base que falta um desses insumos durante a aula no laboratório e a falha discente no experimento devido ao pouco contato dos estudantes com os materiais laboratoriais (quebra de uma vidraria, quantidade inadequada de insumo no experimento, seleção errada de materiais na análise e outros). O uso de simulações pode cercar alguns destes desvios de aprendizagem que podem ocorrer em uma atividade experimental real. Para Hodson (1988), os objetivos da aprendizagem devem permanecer intactos durante a aula, com as simulações tecnológicas atuando como recursos otimizadores da aprendizagem.

Segundo o autor:

O uso das simulações em computador, ao contrário dos experimentos reais, permite que o professor adapte a experiência didática precisamente aos objetivos de ensino/aprendizagem, em vez de ter que ajustar os objetivos da aprendizagem às complexidades da realidade – uma situação muito comum. Pode-se diminuir ou aumentar o nível de complexidade, incluir ou excluir certas características, adotar “condições idealizadas”, e geralmente criar uma situação experimental que permita que os aprendizes se concentrem nos conceitos centrais, sem as distrações, irregularidades dos materiais e “ruídos pedagógicos” tão característicos dos experimentos com objetos reais. (HODSON, 1988, p.11, grifos do autor).

E a tecnologia atuando para melhorar cada vez mais a educação, potencializando a aprendizagem experimental do estudante através das TDIC como a EDQ remonta através da experimentação digital. Nesse contexto, a EDQ se baseia na experimentação a qual, de acordo com o Quadro 2, em sala de aula pode ser categorizado em seis tipos.

Quadro 2 – Categorização da experimentação.

Categoria	Descrição
Empírico-indutivista	Trata-se da experimentação comprovando alguma teoria ou fato, através da observação e descoberta (SUART, 2014).
Demonstrativa	Apenas o professor realiza o experimento, os estudantes são meros expectadores que observam as ações na busca de comprovar algo já estabelecido (ARAÚJO; ADIB, 2003).
Investigativa	Parte de uma situação problema onde o experimento visa buscar a solução, realizando previsões e analisando resultados (SUART, 2014).
Ilustrativa	Ilustra a relação entre variáveis ou melhoram a compreensão de alguns conceitos, ilustram princípios e leis, (CAAMAÑO, 2014).

Conceitual	Fomentam a reelaboração de conceitos, buscando o progresso intelectual. (LISBOA, 2015).
Técnica	Voltada para a realidade laboratorial, técnicas de descarte de resíduos, manipulação de equipamentos, aspectos procedimentais. (CAAMAÑO, 2004).

Fonte: Leite (2018).

Os experimentos empírico-indutivistas iniciam-se a partir da observação neutra de algum fenômeno cuja comprovação dar-se-á através da indução (CACHAPUZ, 2011), o que em muitas vezes recai em uma receita de bolo conforme Costa *et. al* (2017) reiteram, podendo recair em um simples ato de fazer por fazer desprovido de fundamentação teórica, servindo apenas para confirmar algo já conhecido. Para Costa *et. al* (2017):

As atividades experimentais no ensino de Ciências têm se dado por montagens práticas já elaboradas, que visam somente o manuseio e aplicação de técnicas direcionadas por roteiros tidos como “receitas de bolo”. Em relação à visão rígida, algorítmica e infalível confere uma visão simplista que concede ao método científico uma forma infalível de fazer Ciência, em que as observações e experiências rigorosas contribuem para exatidão dos resultados. (COSTA *et. al*, 2017, p. 08).

Sabe-se que a experimentação isolada pode não contribuir de maneira significativa para a construção do conhecimento, faz-se necessário envolver a teoria. E nesse sentido, o método empírico-indutivista é ainda considerado como ateórico de acordo com Costa *et. al* (2017).

Nos experimentos demonstrativos as ações são tomadas pelo docente sem a participação dos discentes nas atividades experimentais, eles somente observam a dinâmica prática (LEITE, 2018). Apesar de algumas limitações nestes tipos de experimentos, eles podem atuar atenuando algumas dificuldades de aprendizagem do estudante, uma vez que “nos experimentos demonstrativos o professor é o experimentador e os alunos têm como função principal de construir o conhecimento junto com o docente” (SILVA; FARIAS; LIRA, 2017, p. 01). Este tipo de experimento pode ser um modelo precursor cujo estudante após ver por diversas vezes a prática, pode compreender sua ação e passará a realizar aquilo que lhe foi apresentado em um outro experimento ou até mesmo reproduzi-lo conforme a demonstração.

Os experimentos conceituais são voltados para a reestruturação de conceitos teóricos vistos antes como absolutamente verdadeiros, mas que na prática têm esse conceito redefinido (LISBOA, 2015). Ainda assim, pode-se definir experimentos conceituais como “[...] aquele que permite reelaborar conceitos, muitas vezes errôneos, frequentemente presentes nas aulas de química” (LISBOA, 2015, p. 199). Os experimentos conceituais têm

uma importância fundamental no ensino das Ciências, muitas teorias cotidianas podem estar equivocadas e com o advento da experimentação é possível constatar alguns erros no modo de perceber o método científico. Por exemplo, é possível que muitos estudantes acreditem que formação da ferrugem é sempre um processo demorado, todavia se for jogado água sanitária (solução de NaClO) em um pedaço de lã de aço (filamentos de ferro) em sala de aula, a ferrugem aparecerá em alguns instantes devido à maior superfície de contato. Outro exemplo factível em sala de aula, alguns estudantes podem acreditar que a única maneira de fazer a água vaporizar é somente aquecendo-a, mas através de um experimento em que a água esteja presa em uma seringa sem agulha cujo êmbolo da seringa seja puxado com a extremidade da seringa obstruída, a água entrará em ebulição à temperatura ambiente devido ao vácuo formado sobre essa amostra. Estes casos podem ser caracterizados como experimentos conceituais em que uma teoria sobre algo pode ser melhor configurada através da experimentação.

Os experimentos ilustrativos servem para melhorar a compreensão de algum fenômeno já conhecido; no entanto, diferentemente do experimento demonstrativo, a participação do estudante nas ações é necessária. O experimento ilustrativo dependerá de estímulo do professor (BASSOLI, 2014) através de uma dinâmica de aula a qual respalde-se no estudante como protagonista na construção do seu próprio conhecimento. Lisboa (2015, p. 199), define experimentos ilustrativos como aqueles “[...] que têm como finalidade ilustrar propriedades de materiais ou processos relacionados com a química [...]”. São ilustrações que corroboram conceitos já existentes nas Ciências, em que o estudante deve agir nesses experimentos.

Já os experimentos investigativos partem de uma situação problema (SUART, 2014). Esses experimentos buscam uma resposta para os mais diversos problemas que podem haver em um determinado contexto (LISBOA, 2015), situações que podem ser as mais diversas possíveis estando as mesmas dentro da sala de aula. Por exemplo, a destinação correta do lixo até as mais complexas que envolvem problemas e ensaios analíticos laboratorial, como a análise da qualidade da água de um rio.

Os experimentos técnicos são voltados para a realidade laboratorial (CAAMAÑO, 2014). Dentro de um contexto laboratorial, as análises são feitas exclusivamente nestes ambientes, com seus equipamentos, vidrarias e materiais específicos. Eles podem estar em uma UE, porém em muitos casos eles simplesmente não existem por questões de condições físicas do laboratório de Ciências dessas instituições.

Diante das categorizações descritas por Leite (2018) referentes aos tipos de experimentos no quadro 2, a nossa proposta de EDQ pode estar mais associada à **experimentação ilustrativa**, uma vez que a mesma se utiliza de recursos tecnológicos para simular situações reais ou conceitos os quais não podem ser vistos e que são verdadeiros. Para Bassoli (2014), as experimentações ilustrativas:

[...] são atividades que os alunos podem realizar por si mesmos e que cumprem as mesmas finalidades das demonstrações práticas, possibilitando um maior contato com fenômenos já conhecidos. Portanto, estas atividades envolvem, necessariamente, a interatividade física, propiciando, também, a interatividade social quando os alunos realizam os experimentos em grupos. (BASSOLI, 2014, p. 582).

Apesar de cumprirem as mesmas finalidades das demonstrações práticas, a EDQ não emerge como substituição às atividades laboratoriais presenciais, porém como um recurso adicional às UE que possuem laboratórios em plenas condições de uso. Dentre os tipos de experimentos citados por Leite (2018), a EDQ também pode englobar outros tipos, todavia as EDQ têm um percentual maior de caráter ilustrativo, alguns traços do investigativos e dos técnicos (embora neste caso seja somente um experimento técnico virtual).

1.3 Tecnologias Digitais

A humanidade tem em sua essência a evolução, muito do que fazíamos no passado hoje já não fazemos mais porque estamos sempre evoluindo, buscando melhorar cada vez mais nossa qualidade de vida. Procedimento médicos do passado eram dolorosos para os pacientes, na atual medicina tem-se as anestésias as quais oferecem comodidade ao paciente e ganho de tempo para o médico. O acondicionamento de alimentos frescos no passado se dava através da salga, hoje com a geladeira estes alimentos têm mais tempo de vida útil oferecendo mais comodidade às pessoas. Os carros do passado têm um formato mais quadrático, já os de hoje são mais arredondados para diminuir o atrito deles com o ar fazendo-os perder menos combustível onde o condutor ganha mais tempo no trajeto e sua viagem torna-se mais cômoda. Na democracia nacional o voto era impresso, o que tornava o processo eleitoral demorado e passível de fraudes; hoje existe a urna eletrônica, uma invenção brasileira exemplo para muitos países democráticos. Podem ser constatados nestas situações: o ganho de tempo na vida das pessoas com essas invenções e a comodidade oferecida, promovendo-lhes conforto e bem-estar através dessas técnicas desenvolvidas.

Estas técnicas são ações voltadas para garantir qualidade de vida em comum. Lahm Junior e Santos (2007) menciona que as técnicas são desenvolvidas através de recursos mais aprofundados os quais têm denominação de Tecnologias:

A técnica é o uso que se faz de instrumentos, de ferramentas o que implica a habilidade e a inteligência humanas. Já tecnologia vai além da técnica, implicando o uso de conhecimento científico, da ciência moderna que nasceu – ou se consolidou – nos séculos XVII e XVIII e prossegue até nossos dias (LAHM; SANTOS JUNIOR, 2007, p. 02).

As tecnologias são mais amplas, elas consistem no uso das técnicas com respaldo no conhecimento científico, na Ciência. Dentro do conceito de tecnologias, há alguns tipos as quais estão cada vez mais frequentes no meio social – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Com a popularização da internet, algumas atividades que fazíamos antes estão sendo deixadas de lado aos poucos até desaparecerem, uma vez que o “acesso à informação e as aptidões necessárias para transformar a informação em conhecimento se tornaram os impulsionadores do desenvolvimento social, pessoal e econômico” (LEITE, 2020, p. 2). Ações triviais feitas antes, estão sendo reconfiguradas dentre elas: pagamentos de boletos de contas diversas, hoje temos a opção de pagá-los através do *Internet Banking* ao invés de enfrentarmos filas em lotéricas ou até mesmo no próprio banco; menos tempo de espera e mais comodidade, o PIX já se tornou algo tão trivial que o dinheiro em espécie está se tornando peça de museu para muitos. Ao condutor de um veículo, caso não saiba a localização de seu destino, ele pode consultar um aplicativo de localização por *Global Positioning System* (GPS) que o mesmo informará dentro do veículo como chegar lá; menos tempo gasto e mais comodidade. O alistamento militar para o jovem brasileiro, que antes ocorria de modo presencial na junta militar, hoje está sendo feito através do site das forças armadas, mais comodidade e agilidade para todos. Até mesmo muitas documentações os quais seu transporte físico em papel era comum, hoje estão embarcando no mundo digital como exemplo a Carteira Nacional de Habilitação (CNH), a carteira de trabalho e o Registro Geral (RG). No segmento comercial, o *e-commerce* e o *marketplace* estão cada vez mais se expandindo no comércio digital brasileiro, oferecendo maior comodidade e maior rapidez no serviço prestado.

Os avanços tecnológicos na sociedade brasileira são perceptíveis em tempos atuais e estes avanços estão embasados tanto nas TDIC como também nas Tecnologias Digitais da Comunicação (TIC). Para as TDIC, a consequência da chegada da internet aqui no Brasil em 1995 fez com que elas ganhassem cada vez mais espaço na vida dos brasileiros de modo que

há 28 anos a internet era para poucos e de qualidade precária, hoje é possível tê-la até mesmo de forma móvel através de um *Smartphone*, cenário alcançado devido aos avanços tecnológicos que ocorreram nestas mais de duas décadas e que ainda estão por vim, a tecnologia 5G já está presente em muitas cidades brasileiras tornando o acesso à rede cada vez melhor.

Comodidade e ganho de tempo, todas as atividades citadas anteriormente promoveram estas características, independentemente de ser uma TDIC ou uma TIC. Na vida contemporânea a qual é muito corrida, recursos provedores de comodidade e rapidez, os quais garantem: facilidade, agilidade, leveza e praticidade tem uma grande possibilidade de adesão por parte da sociedade, por essas características conduzirem a uma melhor qualidade de vida. Destarte, as TDIC oferecem muitas dessas características chegando a ofertar quase integralmente somente benefícios, estamos vivendo a Era da informação, a qual é proveniente de recursos tecnológicos digitais, estando estes cada vez mais presentes na sociedade. Há quase três décadas, em 1995, quando a internet chegou em solo nacional, os únicos *hardwares* capazes de suportá-la eram os computadores de mesa, o indivíduo tinha que ir até à WEB, hoje ela está com o indivíduo considerando a possibilidade dele estar sempre portando um *Smartphone*, o que facilita o seu acesso à WEB, até as formas de interação social mudaram neste período através das redes sociais. Diante disto, o convívio social contemporâneo é inerente à atualização tecnológica, sendo esta última recomendável. Vivemos em um mundo:

[...] que exige que as pessoas se reconstruam constantemente por meio de diversas formas de atualização, seja de conhecimentos, de informações, de processos ou do uso de novos recursos e ferramentas que vão sendo lançados. Independentemente da área de atuação, as pessoas precisam acompanhar as constantes transformações que envolvem sua vida profissional, social ou acadêmica (MAIA; MATTAR, 2007, p. 5).

Conforme Maia e Mattar (2007) as atividades humanas são inerentes ao desenvolvimento tecnológico, trata-se de um processo espontâneo e natural. Na vida profissional a qual está embasada na atualização tecnológica, muitas dessas profissões estão extinguindo-se e outras surgindo devido a estas atualizações (MAIA; MATTAR, 2007). A forma de interagir a distância se dava através da carta escrita há três décadas, hoje tem o E-mail e vários aplicativos de comunicação (*Whatsapp*, *Telegram* e outros) que diminuem a distância entre as pessoas aproximando-as. Na vida acadêmica, observa-se em tempos atuais várias modificações associadas às TDIC.

Algumas modificações nas interações das pessoas as quais precisam atualizar-se em termos tecnológicos, pois pode haver uma exclusão involuntária em caso de não adesão a essas TDIC (MAIA; MATTAR, 2007), seja através de dificuldades em entrar no mercado de trabalho por não se atualizar em termos tecnológicos, dificuldade em interagir com outras pessoas por não possuir alguns aplicativos digitais e não conseguir ter um bom rendimento escolar por não ter afinidade com algumas TDIC. Conforme Oliveira (2016):

Cada vez mais, as tecnologias digitais permeiam as atividades humanas, mas isso também demanda que os indivíduos desenvolvam consistentes habilidades técnicas, cognitivas e sociais. Aqueles que detêm essas habilidades colocam-se em vantagem em termos não só de educação e emprego – os itens mais evidenciados nas políticas públicas –, mas também em todos os aspectos da vida que exigem comunicação e informação. Há também, no domínio dessas técnicas, um aspecto de emancipação e igualdade social, na medida em que a facilidade de comunicação propicia a milhões de indivíduos expandir – no sentido espacial, conceitual e temático, e no sentido de intensidade e aprofundamento – suas relações com o mundo” (BORGES in PASSARELLI; SILVA; RAMOS, 2014, p. 125-126 *apud* OLIVEIRA, 2016).

É possível que nos próximos anos a tendência seja de que cada vez mais ocorram incrementos tecnológicos digitais na sociedade, novas formas de convívio social irão surgir com o advento das TDIC e espontaneamente os indivíduos que compõem esta sociedade acompanharão estes avanços tecnológicos.

1.4 Tecnologias na educação

A comodidade e o ganho de tempo são características as quais a humanidade tem afinidade na realização de suas atribuições. Dentro de um contexto escolar, atualmente já é possível constatar tecnologias promovendo tais características: uma simples caderneta de chamada que antes se dava através de papel e caneta, e hoje já é digital (presente nas mãos de muitos professores da rede estadual pernambucana) através de aplicativos que funcionam *off-line*⁴ em seu *Smartphone*, até matrículas de estudantes que antes era necessário seus responsáveis se deslocarem até a unidade de ensino para efetuá-las, hoje a matrícula é feita na WEB de forma digital. Já é notório a introdução das TDIC ofertando melhorias na qualidade de vida profissional daqueles que atuam na escola.

⁴ Aplicativo SIEPE (Sistema da Informação da Educação de Pernambuco) *off-line* é uma caderneta digital a qual o docente realiza frequência, apontamentos, atribuição de notas e outros em seu próprio celular em sala de aula, garantindo assim mais comodidade e praticidade na dinâmica de suas aulas.

Quanto às atividades didáticas, pelo fato da escola está inserida na sociedade, os avanços extraescolares tendem a ser refletidos neste ambiente de aprendizagem. Especificamente na questão das TDIC, atualmente a grande maioria das escolas públicas da rede estadual de Pernambuco possui laboratórios de informática com computadores, afim de promover a inclusão digital de seus estudantes. Hoje muitas escolas têm acesso à internet, tendo em vista que a internet já se popularizou. Além de que muitos estudantes já vão à escola com seus aparelhos celulares em mãos, diante disto, as TDIC já estão inseridas no contexto escolar e o desafio atual é torná-las verdadeiras aliadas da educação, conforme Pereira e Freitas (2010).

Do quadro de giz aos computadores ligados à internet, passamos por tecnologias das mais diferenciadas que, utilizadas adequadamente, auxiliam no processo educacional. Professores e alunos já utilizam, há algum tempo, a TV, o vídeo, o DVD, o rádio e já estão fazendo uso dos computadores, internet e Pendrive (PEREIRA; FREITAS, 2010, p. 03).

Como a escola é um setor que não está à margem da sociedade, as mudanças no modo de pensar e agir das pessoas são reverberados neste ambiente, logo as tecnologias, as quais estão ligadas intrinsecamente à sociedade, são expostas tanto pelos estudantes que chegam com as mesmas para as aulas ou por ações governamentais externas as quais visam a inclusão digital deste setor social à era tecnológica. Em tempos de pandemia da Covid-19, a inclusão digital na educação deixou de ser uma ação coadjuvante para algo extremamente necessário nas escolas e universidades. Para Oliveira (2016), a inclusão digital de muitas escolas é algo já confirmado; no entanto, o que se precisa discutir são as ações docentes voltadas à inclusão digital no processo de ensino e aprendizagem.

Hoje, não se questiona mais a entrada do computador na escola, mas o uso pedagógico das tecnologias continua sendo uma questão pertinente. É evidente que os recursos tecnológicos são importantes, descortinam novos horizontes nos processos de ensino-aprendizagem, mas o que define o uso pedagógico do instrumento é a qualidade da interação entre professor e tecnologia [...] (ALMEIDA, 2000 *apud* OLIVEIRA, 2016, p. 36).

Em tempos atuais, é possível que o professor que tenha afinidade pelas TDIC consiga desenvolver melhor o seu trabalho, pois conforme Kenski (2015) muitos recursos midiáticos estão presentes em sala de aula sendo os quais TDIC⁵. Assim,

⁵ Nesta pesquisa utilizaremos TDIC (que se referem ao uso de tecnologias digitais como *smartphones*, *tablets* etc. por possibilitarem principalmente o acesso à internet), ao invés de TIC (que referem-se as tecnologias mais antigas, como o rádio, vídeo, TV etc.). Entretanto, mantêm-se as siglas TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação), NTIC (Novas Tecnologias de Informação e Comunicação) e TD (Tecnologias Digitais) nos casos de citações diretas e indiretas.

[...] desde que as tecnologias de comunicação e informação começaram a se expandir pela sociedade, aconteceram muitas mudanças nas maneiras de ensinar e aprender. Independentemente do uso mais ou menos intensivo de equipamentos midiáticos nas salas de aula, professores e alunos têm contato durante todo o dia com as mais diversas mídias. Guardam em suas memórias informações e vivências que foram incorporadas das interações com filmes, programas de rádio e televisão, atividades em computadores e na internet – informações que se tornam referências, ideias que são capturadas e servem de âncora para novas descobertas e aprendizagens, que vão acontecer de modo mais sistemático nas escolas, nas salas de aula. (KENSKI, 2015, p. 85).

Uma formação de professores voltada para um ensino tecnológico é uma proposta considerada a qual pode potencializar o ensino tecnológico (REIS; LEITE; LEÃO, 2019), componentes curriculares nos cursos de Licenciatura em Química configuram-se como alternativas de inclusão digital dos professores a essa tendência social refletida na sala de aula. Práticas pedagógicas unicamente tradicionais distanciam o processo de construção de conhecimento no estudante (LEITE, 2018). É preciso pensar na renovação destas práticas, pois:

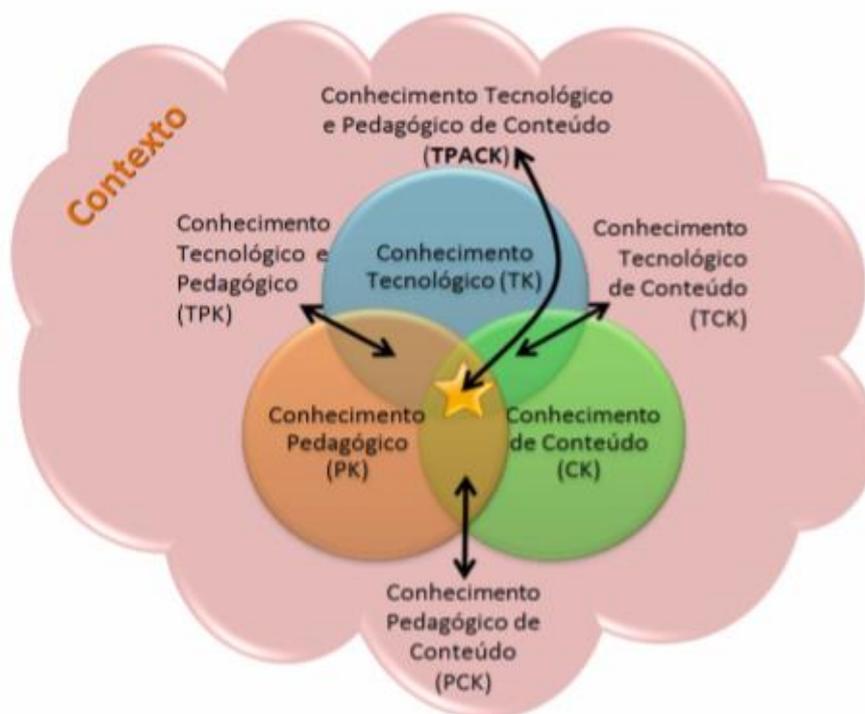
Se estas práticas pedagógicas não são renovadas, os métodos, processos e conteúdos educacionais que conhecemos (e admiramos) se tornarão irrelevantes porque deixarão de atender à demanda do seu contexto. Acredita-se que a manutenção de práticas consideradas obsoletas têm contribuído para o ensino centrado do professor, na qual tem distanciado os alunos do processo de construção de conhecimento (LEITE, 2018, p. 5).

O professor do século XXI é polivalente em sala de aula, ele pode utilizar todo e qualquer sistema de ensino: tradicional, progressista, tecnológico e outros. Para o modelo tecnológico de ensino é necessário que o professor além de ter o conhecimento específico e o conhecimento didático, ele deve ter também o conhecimento tecnológico, configurando assim no modelo *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), uma vez que busca integrar tecnologias à educação; todavia, o papel do professor é imprescindível na aplicação deste modelo. Conforme Cibotto e Oliveira (2013), “o TPACK refere-se à forma sintetizada de conhecimento com a finalidade de integrar as TIC e tecnologias educacionais para o ensino e aprendizagem em sala de aula” (CHAI; KOH; TSAI, 2013 *apud* CIBOTTO; OLIVEIRA, p: 01, 2013). Nesse sentido, o docente deve enxergar as TDIC como uma ferramenta de trabalho análoga ao giz, quadro e apagador, porque com o avanço da internet e a facilidade de acessá-la através de um aparelho celular faz com que o estudante consiga acessar àquela informação dada em sala de aula através de outras fontes, logo os professores devem conhecer os materiais que os estudantes podem acessar na internet, para assim dar-lhes um melhor direcionamento e não perder sua importância didática na escola.

Através do *framework* TPACK pode-se denotar que unicamente as TDIC não fomentam sozinhas a construção do conhecimento, o papel docente é imprescindível nessa etapa, conforme Cibotto e Oliveira (2013, p. 10), “mesmo a incorporação das TIC nas escolas, não garante a transformação ou inovação das práticas educacionais. É necessário que o professor saiba como utilizá-las em suas aulas segundo o contexto do TPACK”. Por se tratar de um dos atores fundamentais na educação, toda e qualquer modificação no contexto de sala de aula será necessária a adaptação e flexibilização docente.

Tendo em vista que o modelo TPACK é o conjunto intercessão dos três tipos de conhecimentos, conforme o diagrama de Venn (Figura 1), nele identifica-se o conhecimento pedagógico (PK), o conhecimento de conteúdo (CK), o conhecimento tecnológico (TK). A intercessão entre os conhecimentos TK e CK produz o conhecimento tecnológico pedagógico (TPK), já a intercessão entre o PK e CK produz o conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK) e a intercessão entre os conhecimentos PK e TK produz o conhecimento tecnológico pedagógico (TCK). O docente precisa dominar sua área de conhecimento específica, ter um bom lastro referente à transposição didática e ter afinidade com as TDIC em tempos atuais alcançando assim o *framework* TPACK.

Figura 1: Diagrama de Venn TPACK



Fonte: Koehler e Mishra (2008).

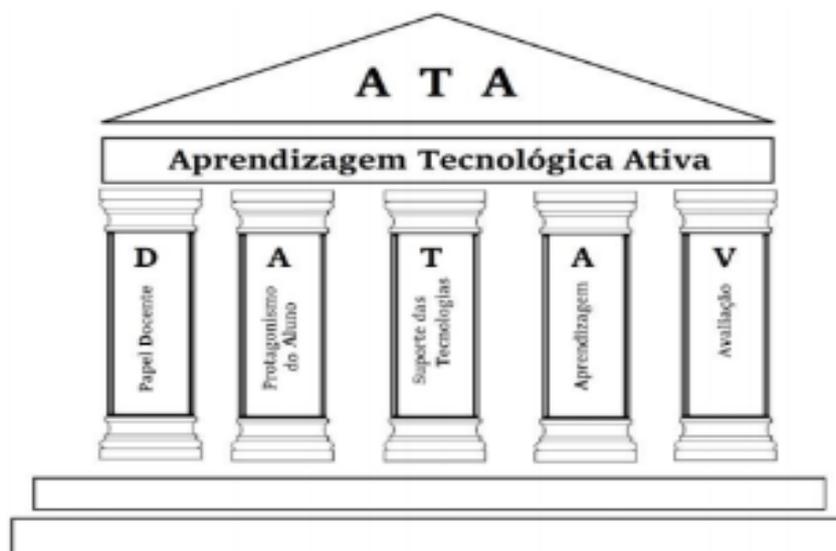
Todavia, provavelmente, ainda muitos docentes veem o CK como o único e mais importante conhecimento em sua didática, sem dar margem a qualquer inovação em suas aulas, o que dificulta ações respaldadas no *framework* TPACK e em outras inovações. Devido a essas barreiras, pesquisas que tenham como desdobramento produzir material voltado aos docentes apresentam bastante relevância, pois por mais significativa que seja a proposta de qualquer pesquisa, se o docente não for adepto a ela, a mesma não entrará na sala de aula, perdendo assim sua importância. Além disso, o ensino de Química ainda ocorre de forma verbalista e tradicional em muitas escolas (LIMA, 2012), uma proposta de mudança educacional a qual não passe pela concepção e avaliação docente dificilmente chegará à banca do estudante.

Apresentando resistência ou não pelo docente com relação à quebra de paradigmas no ensino, o fato é que as TDIC e TIC já estão presentes na educação, seja pela comunidade escolar, pelo setor administrativo da UE, pelos próprios discentes ou até mesmo pelo próprio professor; trata-se de uma marca indelével em toda ação humana atual, inclusive na educação. Diante desse contexto, a inevitável introdução das TDIC em sala de aula remete a um novo modelo educacional que dá suporte às tecnologias digitais, este modelo traz o estudante como protagonista de seu próprio conhecimento. O modelo da Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA) descreve como uma ação pedagógica pode ocorrer em um sistema educacional ubíquo (*anywhere/somewhere*), conforme Leite (2022):

O modelo de Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA) foi proposto por Leite (2018) no objetivo de descrever como a aprendizagem pode ocorrer por meio do uso das tecnologias digitais e de estratégias baseadas em metodologias ativas. Ao pensar neste modelo, Leite (2018) considera a estreita relação entre o uso de metodologias ativas com variados tipos de tecnologias digitais propondo que o indivíduo tenha controle de sua aprendizagem, acessando conteúdos digitais a qualquer momento, em qualquer lugar, em vez de depender exclusivamente do professor para seguir instruções (LEITE, 2022, p. 149).

A ATA consiste em um método de ensino e aprendizagem o qual objetiva alcançar a aprendizagem significativa dos estudantes através de uso das TDIC (LEITE, 2018). Esta aprendizagem tecnológica é formada por 5 (cinco) pilares sendo os quais: 1. Papel docente, 2. Protagonismo do aluno, 3. Suporte das Tecnologias, 4. Aprendizagem e 5. Avaliação. Conforme a Figura 2, evidencia-se as cinco colunas que sustentam a base da Aprendizagem Tecnológica Ativa.

Figura 2 – Pilares da ATA



Fonte: Leite (2018)

Dentro de uma proposta de EDQ, a ATA pode contribuir para sua aplicação. A ATA possibilita que o discente seja protagonista da construção de seu próprio conhecimento, conforme a coluna Protagonismo do Aluno (LEITE, 2018). Este protagonismo do estudante está respaldado em dois aspectos: Aprender de forma personalizada e Aprender por competências (HORN; STAKER, 2015). Na aprendizagem de forma personalizada, a aprendizagem é adaptada às necessidades do estudante, aprende onde, quando e como ele quiser (HORN; STAKER, 2015). Na aprendizagem por competências, o estudante só deve passar para o próximo assunto se demonstrar competência no atual (HORN; STAKER, 2015). O principal agente que perceberá essa competência de transição de conteúdo pelo estudante é o professor através da avaliação que configura como um dos pilares da ATA, na EDQ a avaliação pode ser realizada com a elaboração de perguntas sobre os experimentos. Em muitas vezes, a prática pode não ocorrer por vários motivos, no entanto as tecnologias podem ser verdadeiras aliadas em tempos atuais para minimizar esta ausência de práticas, em que a terceira coluna a qual sustenta a viga da ATA trata dessa questão.

Observa-se na figura a coluna Papel Docente sustentando a viga da ATA, embora alguns professores mantenham-se no seu modo clássico de ensino, conforme Leite (2018, p. 603) “é possível compreender a importância da ATA no contexto educacional atual, ainda que muitos docentes se manifestam dizendo preferirem não modificarem sua *praxis* de pedagógica”. Corroborando o fato de por mais que uma pesquisa seja relevante, se o docente não a aderir ela dificilmente trará resultados reais à educação. Reis, Leite e Leão (2019) reiteram a possibilidade de modelagem dos cursos de Licenciatura em termos de

componentes para atenuar esta repulsão por parte de alguns desses profissionais; no entanto, há uma limitação nessa percepção porque a mesma trará somente resultados a médio e longo prazo, pois os profissionais que estão atuando não serão contemplados com a relevante pesquisa uma vez que já concluíram suas licenciaturas. Tendo em vista a resistência de alguns desses profissionais que estão atuando no mercado às TDIC, o ideal seria apresentar pesquisas a estes professores através de formações continuadas que mostrem os benefícios das TDIC, enquanto as licenciaturas integram as TDIC em seus currículos.

A título de ilustração, há investimentos dos órgãos governamentais (no nosso caso, do Governo de Pernambuco) cuja finalidade é colocar o professor e/ou estudantes na Era da informação, investimentos estes que já não são de agora sendo os mesmos uma nítida tentativa de aprimorar uma educação cada mais contemporânea e eficiente, como os programas tecnológicos: Professor Conectado edições 2008, 2011 e 2021 da SEE-PE, alunos com os *tablets* 2021 da Prefeitura Municipal do Recife e do Instituto Federal de Pernambuco e outros programas. Estes investimentos são válidos, porém se o professor não for adepto às TDIC os programas podem ter um desfecho análogo ao que ocorre com Programa de Nacional do Livro Didático (PNLD) em muitas escolas brasileiras, um investimento elevado através de impostos pagos pelos cidadãos e na ponta da equação, muitos desses livros são sucateados por falta de um estímulo ao uso desses materiais por todos aqueles envolvidos na educação (professores, estudantes e outros).

É possível que a educação esteja passando por um momento de transformação em que as TDIC estão integrando-se cada vez mais neste setor social, professores qualificados que saibam lidar com o mundo digital podem lograr êxito nesse contexto digital, é necessário que as pessoas se reconstruam e se atualizem para integrar-se às novas demandas sendo elas profissionais, sociais e acadêmicas (MAIA; MATTAR, 2007). Na parte profissional muitas profissões extinguíram-se com o tempo e outras surgiram, assim como muitas ocupações passaram por atualizações, logo um professor que se atualiza diante das TDIC pode destacar-se no mercado de trabalho docente, porque as TDIC já se fazem presente neste meio, então ele tendo habilidade com o mundo digital pode ser grande a chance do mesmo lograr êxito em sua vida profissional.

Quanto à questão de acesso à WEB, nota-se que a mesma foi modificada nos últimos anos, antes para acessar a rede era preciso conectar-se através de uma linha telefônica, hoje a rede *WI-FI* está presente em quase todos os lugares, como shoppings, universidades e outros. Percebe-se que houve uma popularização do acesso e devido a isso,

conforme Leite (2020), surgiram novas possibilidades de utilização das TDIC na educação, por causa dessa maior facilidade de acesso à internet.

A BNCC já tem em uma de suas competências a Cultura Digital (competência 5) em uma perspectiva de trazer o contexto digital para a educação garantindo melhorias na qualidade do processo de aprendizagem dos estudantes. Conforme a referida base em sua quinta competência. A nova proposta curricular de Ensino Médio (EM) que está embasada na BNCC, conforme a MP nº 748/2016, onde o componente curricular Química passa a ser integrado a um único componente denominado Ciências da natureza, assim como Física e Biologia deverão ser integrados a este componente (Ciências da Natureza).

Análogo ao que já ocorre no Ensino Fundamental (EF) em que o discente tem o componente Ciências e dentro deste componente ele estuda: Química, Biologia e Física; ou somente dois desses componentes, ou apenas um deles em todo (EF). A grande diferença é que no EF o estudante é obrigado a cursar o componente curricular Ciências; já no EM, de acordo com a nova proposta, o componente curricular Ciências da Natureza, incluindo a Química, é eletiva. Portanto, diante deste atual cenário é imprescindível melhorar a forma de ensino destes componentes para o estudante, o desafio é ainda maior: demonstrar ao estudante a importância desta área de conhecimento simultaneamente com o estudante sabendo que a área de conhecimento pode ser descartada em suas escolhas.

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. 07).

Conforme os avanços tecnológicos ocorrem na sociedade, a educação procura acompanhar estas tendências, na BNCC é percebida esta inclusão digital nas atividades escolares, tendências contemporâneas.

1.5 Aplicativos

Aplicativos são softwares ligados às TDIC que promovem agilidade e praticidade a quem está utilizando-o, pois é um recurso tecnológico capaz de promover melhoria na qualidade de vida das pessoas. Um aplicativo, por exemplo, pode proporcionar que seja feita uma procura na WEB referente a qual supermercado está vendendo produtos com menores preços e boa qualidade, evitando deslocamentos desnecessário de uma pessoa (o que poderia

ser dispendioso caso a mesma procura fosse feita presencial). Estes *softwares* têm funções específicas nas mais variadas ações humanas em que as TDIC estão inerentes, conforme Barra *et al.* (2017). Neste contexto,

Destacam-se o fenômeno das tecnologias móveis (tablets, smartphones, etc.), especialmente da utilização de aplicativos móveis (também conhecidos como apps – do inglês application) entre a população mundial. Os apps são conceituados como um conjunto de ferramentas desenhado para realizar tarefas e trabalhos específicos (BARRA *et al.* 2017, p. 02).

Existem vários tipos de aplicativos disponíveis na internet destinados a promover agilidade e rapidez nas tarefas cotidianas, que vão desde aplicativos voltados para o lazer através de jogos digitais até aplicativos que melhoram a qualidade no atendimento de instituições governamentais a todos os cidadãos.

No segmento educacional, conforme Pereira e Freitas (2010) as tecnologias já se fazem presentes na educação. Uma destas tecnologias são os aplicativos digitais, estes correspondem a *softwares* capazes de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de diversos componentes curriculares (Português, Matemática, Geografia, Química e outros) em todos os níveis da educação. Segundo Santos; Rosa (2016), no ensino de geografia foram constatadas melhorias na qualidade da aprendizagem desta área de conhecimento com a utilização de aplicativos. Para as autoras:

Com a aplicação do aplicativo, as aulas de geografia tornaram-se mais inovadoras e dinâmicas. Pudemos notar também que houve um bom desenvolvimento nas turmas e observamos que as atividades foram de grande relevância para estes alunos, pois eles demonstraram um comportamento responsável no que diz respeito ao uso da tecnologia em sala de aula, de uma forma benéfica a todos. (SANTOS; ROSA, 2016, p. 06).

Possivelmente o interesse dos estudantes é ocasionado porque se rompe com o sistema tradicional linear de ensino em que o professor fala e o estudante apenas escuta. Vale salientar que os estudantes são de uma época a qual já nascem mergulhados em tecnologias, eles usam e utilizam essas ferramentas rotineiramente, logo uma aula ancorada por TDIC provavelmente não trará dificuldades para eles interagirem com o ensino (SANTOS; ROSA, 2016).

Há também aplicativos didáticos para outras áreas de conhecimento como a de Linguagens e para estes educadores, assim como ocorreu com Santos e Rosa (2016), os aplicativos são verdadeiros instrumentos facilitadores de aprendizagem. Segundo Gomes e Bourscheld (2017, p. 11), no ensino de Língua Portuguesa “ficou evidente, que o uso de recursos tecnológicos, no caso específico, aplicativos educacionais só têm a acrescentar no

processo de ensino aprendizagem e cabe aos educadores mudar o cenário atual da educação, buscando aprimorar sua prática.”

Para que haja viabilidade na utilização destes *softwares*, são necessários *hardwares* capazes de suportá-los e que ofereçam mais praticidade em seu uso do que um computador de mesa onde é preciso ir até ele para usá-lo, não possibilitando o deslocamento constante desse equipamento. Estes *Hardwares* ainda mais facilitadores de acesso à WEB do que um computador estático em uma mesa de sala, são classificados como Dispositivos Móveis (DM), eles são: *Smartphones*, *Tablets*, *Notebook* dentre outros equipamentos (LEITE, 2020). Por oferecerem mais agilidade em seu uso uma vez que alguns deles sempre estão em mãos, esses DM podem facilitar qualquer ação educacional. Os DM, conforme Pereira *et al.* (2020), constituem recursos didáticos capazes de promover diversas estratégias de ensino e aprendizagem em sala de aula ou até mesmo fora dela, conforme o estudo:

Através do uso de dispositivos móveis professores e estudantes tem o acesso facilitado contribuindo para a inserção de variadas formas de ensino e estratégias de aprendizagem, ampliando a interação entre professor e aluno se fazendo uso de processos de colaboração e cooperação (NICHELE, 2014 *apud* PEREIRA *et. al*, 2020, p. 04).

Cada vez mais emerge a educação ubíqua, a qual pode ocorrer em qualquer lugar e em qualquer momento, *anywhere e somewhere* (LEITE, 2018). Logo os DM podem potencializar esse tipo de prática pedagógica devido à facilidade a qual os mesmos promovem. Conforme Pereira *et al.* (2018, p. 6), é possível observar melhorias na qualidade do processo de ensino e aprendizagem através dos aplicativos, uma vez que “[...] o uso dos aplicativos móveis como metodologia de ensino é uma ferramenta de grande importância para ser utilizado nas aulas de química, onde por meio desta ferramenta.”

1.6 Aplicativos digitais no ensino de Química

A Química apresenta algumas peculiaridades que podem tornar a cognição discente ainda mais laboriosa do que os outros componentes da educação básica, dentre esses aspectos: exigir que o estudante trabalhe a sua imaginação quanto às questões abstratas (estudo do átomo), envolver modelos tridimensionais os quais na lousa e piloto podem comprometer até mesmo a qualidade do ensino do professor (geometria molecular), requer experimentações assim como outros componentes das Ciências da Natureza (BARATIERI; BASSO; BORGES; ROCHA FILHO, 2008) e envolver cálculos matemáticos.

Diante dessas peculiaridades da Química, nota-se que muitos aplicativos digitais com fins educacionais são ofertados na plataforma *Google Play*® com vistas a atender essas questões pertinentes à Química, alguns são Quizzes, outros estão voltados a reproduzir ensaios experimentais (aplicativos: Laboratório de Ciências, Experimentos Científicos etc.), há também aqueles que reproduzem a visualização do átomo (aplicativo: Átomos, Elementos e Moléculas), outros que fornecem a percepção tridimensional das estruturas (aplicativo: PhET Colorado) e por fim alguns trabalham com a questão de cálculos (Aplicativo: equação balanceada – Balanço Químico Equação). Fortes indícios do esforço tecnológico, através de aplicativos digitais, para contemplar algumas características da Química que a torna difícil de aprender no contexto escolar.

A ênfase na plataforma *Google Play*® diante da análise desses aplicativos se deu devido ao *Google* ser a maior ferramenta de busca no mundo, em torno de 90% das pessoas usam esta plataforma (BARROS, 2013). Logo, estatisticamente é mais provável um professor de Química que esteja planejando uma aula experimental digital ir na *Google Play*® e se deparar com os aplicativos os quais estão sendo aqui comentados do que utilizar outras plataformas.

Para os aplicativos digitais de Química simuladores de experimentação encontrados na plataforma *Google Play*®, observa-se que muitos deles têm roteiros pré-programados; ou seja, as etapas já são definidas bastando apertar um botão do *Hardware* para o experimento continuar, o único erro disponível ao jogador (estudante) é não apertar o botão. Como Baratieri *et. al* (2008) alertam para o desvio da experimentação física a qual o analista faz a prática somente por fazer, seguindo etapas pré-determinadas, nestes *softwares* o erro com roteiros pré-programados pode configurar a mecanização digital da experimentação, análogo, basta apenas uma ação e o experimento físico ocorre, basta apenas um *play* e o experimento digital ocorre; é preciso aplicativos que simulem a prática real dando margem as mais variadas possibilidades de comandos digitais, possivelmente aplicativos que têm maiores extensões em megabytes (MB).

Em tempos atuais muitos docentes avaliam alguns aplicativos com baixa qualidade educacional, em que “muitos professores reclamam da falta de acesso a recursos didáticos de qualidade em meio digital” (GUERRA 2010 *apud* ESTEVAM; PEREIRA; SANTOS; COSTA, 2021 p. 24). Um desses critérios o qual está comprometendo a qualidade desses *softwares* pode ser, no caso dos voltados para a experimentação, a mecanização digital, o estudante segue uma linha uniforme de comandos sem possibilidades de erros.

Uma vez evidenciado que os aplicativos digitais disponíveis na WEB e os que ainda estão por vir tendem a atenuar empecilhos de compreensão da Química, eles podem ser utilizados na Química, porém para isso é necessário ter um DM facilitador desta introdução, aparelhos os quais já estejam nas mãos dos estudantes ou que promovem praticidade em seu transporte e podem auxiliar o desenvolvimento da Aprendizagem Móvel (AM). A AM é um fenômeno ubíquo que não ocorre apenas na sala de aula, vai além de uma Tarefa de Casa em um caderno cujo professor passa para o estudante construir seu conhecimento fora da sala de aula, a AM está embasada na utilização das TDIC de maneira Síncrona e Assíncrona com uso dos DM. Para Leite (2020), uma das formas de se trabalhar com aplicativos voltados para a Química em sala de aula é através da aprendizagem móvel a qual ocorre nos DM que são *smartphones* e similares, pois “[...] uma das estratégias que podem potencializar o uso dos recursos da WEB 2.0 no ensino é a *Mobile Learnig* (aprendizagem móvel), que seria a incorporação de dispositivos móveis no processo de ensino e aprendizagem.” (LEITE, 2020, p. 03). A AM ainda pode servir como suporte ao atual contexto pandêmico vivenciado na educação, isto porque o ensino virtual tornou-se corriqueiro, e praticamente todas as pessoas têm um DM em mãos objetivando acompanhar a educação, em casos excepcionais de algumas pessoas não possuírem condições de ter um DM para a acompanhamento de aulas, é comum nos dias de hoje presenciarmos ações das Universidades e Escolas que busquem promover o acesso ao mundo digital para todos.

Para que os aplicativos sejam verdadeiras ferramentas aliadas da educação, além das questões referentes ao desenvolvimento desses *softwares*, a comunidade escolar deve estar envolvida, uma UE que ofereça internet *WI-FI* aos estudantes ou possua um laboratório de informática com computadores em condições de uso e com acesso à internet tem vantagem na prática de aulas dessa natureza, possivelmente devido a isso Estevam *et al.* (2021) informam que alguns professores alegaram o fato de sua UE não disponibilizar infraestrutura condizente com a proposta de aula associada a aplicativos. Todavia, esses *downloads* podem ser efetivados em outros locais extraescolares.

No caso da Química, os aplicativos podem fomentar um caráter mais lúdico às aulas, é antagônico sair de uma aula repleta de cálculos e fórmulas no quadro para outra a qual esteja embasada por aplicativos dessa área de conhecimento. Conforme Klein (2019), no caso da educação ambiental o qual pode ser aplicada à Química, a “utilização desta ferramenta associada aos conhecimentos científicos, pode vir a contribuir para um processo

de aprendizagem prazeroso, trazendo momentos de felicidade para os educandos, em diferentes etapas da vida” (KLEIN, 2019 *apud* ESTEVAM *et. al*, 2021, p. 23).

A questão da ludicidade também está presente nos aplicativos de Química que alguns deles se apresentam através de desenhos animados cujo um de seus objetivos seja o de chamar a atenção dos estudantes para a área de conhecimento. Assim como outros, voltados à experimentação, buscam mais um cenário laboratorial com vidrarias, bancadas e reagentes objetivando despertar o interesse do estudante para aquilo que ele enxerga no virtual e posteriormente vivenciar no presencial.

Há aplicativos didáticos de várias áreas de conhecimento presentes na plataforma Google: Matemática, Biologia, Língua portuguesa, Química, dentre outras. Todos com o objetivo comum de facilitar o aprendizado do estudante referente às especificidades de cada componente curricular, alguns desses componentes têm mais tempo de contato com o estudante em sala de aula, outros menos. Como os aplicativos são “conceituados como um conjunto de ferramentas desenhadas para realizar tarefas e trabalhos específicos.” (BARRA, *et al.* 2017, p. 02), provavelmente naqueles componentes curriculares com menos tempo de contato com o estudante os *apps* podem emergir como facilitadores de ações as quais demandam muito tempo de aula; e no sentido inverso, poucas aulas dessa área de conhecimento na educação básica.

É provável que muitos aplicativos sejam desenvolvidos com o passar dos anos, sendo os mesmos voltados para os mais diversos objetivos possíveis. No segmento educacional, sobretudo no processo de ensino e aprendizagem da Química, várias ações discentes e docentes demandam muito tempo em pouco tempo de aula, uma dessas ações é a experimentação, logo há aplicativos disponíveis na WEB facilitadores de ensaios analíticos laboratoriais bem como outros ainda estão por vir os quais simulem virtualmente os mais variados experimentos de forma ágil em sala de aula ou no laboratório de informática da UE.

2. METODOLOGIA

Como trata-se de uma pesquisa qualitativa, este trabalho buscou evidenciar os detalhes do contexto analisado (GIL, 2010). As pesquisas podem ser classificadas quanto: à área de conhecimento, à sua finalidade, aos objetivos mais gerais e aos métodos empregados. Quanto à área de conhecimento, esta pesquisa é da área Ciências Sociais e Aplicadas. Quanto à finalidade, esta pesquisa é do tipo Desenvolvimento experimental, o qual “utiliza conhecimentos derivados da pesquisa ou da experiência prática com vistas à produção de novos materiais, equipamentos, políticas e comportamentos, ou à instalação ou melhoria de novos serviços” (GIL, 2010, p. 27). Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como descritiva. Como trata-se de uma pesquisa descritiva, ela busca relacionar variáveis referentes à experimentação do componente curricular Química. Para Gil:

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. São em grande número as pesquisas que podem ser classificadas como descritivas e a maioria das que são realizadas com objetivos profissionais provavelmente se enquadra nesta categoria. (GIL, 2010, p. 26).

Quanto aos métodos empregados a pesquisa pode ser classificada em Pesquisa Participante. Conforme 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 os quais 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 da aplicação da EDQ, os problemas referentes às aulas de Química já foram discutidos em classe com os estudantes, em que a participação dos pesquisados é imprescindível na elaboração da aula digital de Química.

2.1. Etapas da Pesquisa

Esta pesquisa ocorreu através de quatro etapas, na primeira delas foi realizado um levantamento bibliográfico cuja função é investigar se há trabalhos que fazem uso da Experimentação Digital de Química (EDQ). Segundo Lakatos e Marconi (2010, p. 166), uma pesquisa bibliográfica “abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo. [...] Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi

escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto”. Trata-se de uma busca por artigos de revistas que tenham discussões sobre as TDIC no ensino de Química, envolvendo a experimentação, entre os anos de 2011 até 2020, tendo em vista que foi neste período o qual ocorreu maior popularização de acesso à internet na sociedade brasileira.

A segunda etapa consistiu em encontrar aplicativos digitais os quais possam ser utilizados em uma EDQ. Levando em consideração na escolha desses aplicativos o fato de que os mesmos não tenham roteiros pré-programados (o que pode inibir o desenvolvimento da autonomia discente na experimentação), não ser limitado a um Quiz só de perguntas (uma vez que a essência da pesquisa é a experimentação), não possuir desenhos animados (apesar dos desenhos animados chamarem bastante a atenção do estudante/jogador, a EDQ busca trazer ao estudante a realidade analítica laboratorial), serem aplicativos gratuitos (a educação básica pública é deficitária de recursos financeiros) e que funcionem *off-line*, necessitando de apenas um único acesso à internet para realização de seu *download* (pelo fato de que nem todas as escolas públicas têm acesso à WEB). Cabe salientar que estes aplicativos que serão escolhidos devem proporcionar uma EDQ com temas frequentes no ensino médio de Pernambuco e que ofereçam possibilidades do professor e/ou estudantes realizarem estas práticas em sala de aula ou no laboratório de informática.

Na terceira etapa, a EDQ foi realizada com estudantes do ensino médio. Em um ano letivo há quatro unidades, cada unidade aborda um conteúdo de Química no ensino médio, há diversas sugestões de conteúdos por unidade nos PCPE onde em algumas dessas sugestões, a EDQ pode atuar como agente facilitador de aprendizado. Os conteúdos foram escolhidos visando a aplicação dessas EDQ no ano de 2022, conforme a Quadro 3, seguem algumas possibilidades de acordo com o PCPE.

Quadro 3: Conteúdos para aplicação da EDQ.

Série	Conteúdo	Expectativa de aprendizagem (EA)	Unidade
1 ^a 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 ₃ O ⁺) e OH ⁻	II
1 ^a 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
1 ^a 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
2 ^a 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: Adaptado da SEE-PE (2021).

A viabilidade da EDQ por meio destes conteúdos possibilita que estes (conteúdos) tenham sua ordem de unidade alternada, podendo um tema da 1ª unidade ser visto em outras unidades, cabendo ao professor avaliar o melhor para o aprendizado de seus estudantes, como o PCPE define.

Na Unidade I do ano de 2022, foi aplicada uma EDQ em uma turma do 2º ano a qual teve 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”. Uma EDQ com um tema de 1º ano e outra EDQ com um tema de 2º ano. Cada EDQ dessas ocorreu apenas em uma única turma de cada série, por exemplo: a EDQ cujo tema é de 1º ano dessa Unidade I foi aplicada somente na turma do 1º ano A, e a EDQ cujo tema é de 2º ano foi aplicada somente no 2º ano A.

Já na Unidade II, foram aplicadas outras duas EDQ remanescentes em duas turmas distintas de 1º ano em que estas turmas estavam vendo “modelo cinético molecular”. As duas EDQ podem ser aplicadas neste mesmo conteúdo uma vez que o mesmo aborda duas expectativas de aprendizagens distintas (Quadro 3). Apesar deste conteúdo ser longo, possivelmente o mesmo pode ser apresentado aos estudantes em sua totalidade. Quanto às EDQ, uma turma de 1º ano teve a aplicação dessa intervenção digital no início da Unidade II e outra turma de 1º ano teve a aplicação da quarta e última EDQ já no final de unidade. Essas turmas foram distintas (por exemplo, a turma do 1º ano B recebeu a terceira EDQ no início da unidade e a turma do 1º ano C recebeu a EDQ no final da II unidade).

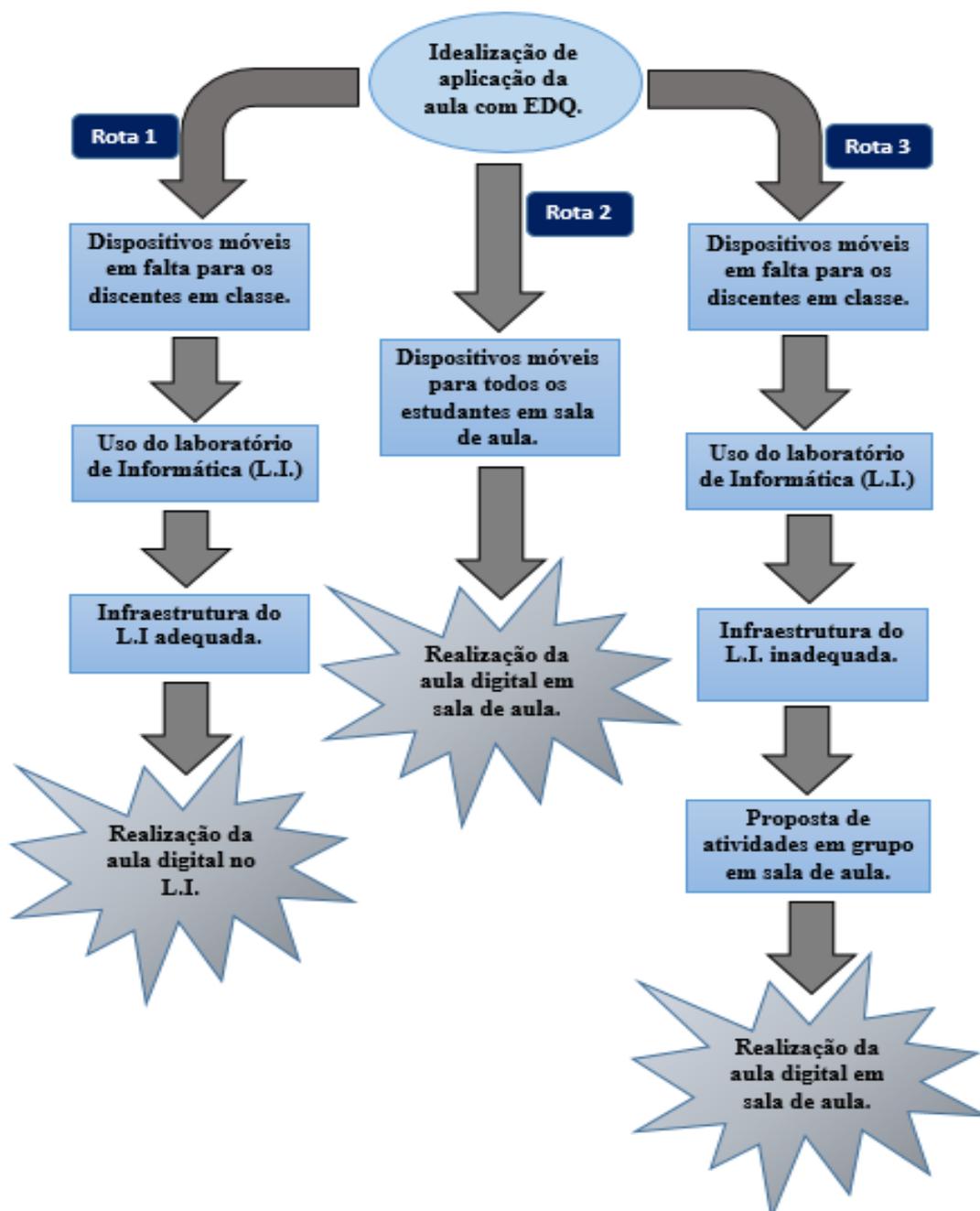
A diversidade de turmas é uma tentativa de obter maior riqueza nos detalhes das respostas. Como a Unidade de Ensino (UE) campo de pesquisa, possui um acesso de qualidade à internet, não se fez necessária realização de *download* de aplicativos, o acesso ocorreu no site simulador de experimentos de Química que foi escolhido para a realização das EDQ. Os estudantes já encontraram os computadores da rede estadual pernambucana de ensino com a página das simulações em aberto no laboratório de informática da UE.

O roteiro das aulas quanto às especificidades da área de conhecimento está disponível no apêndice C (Relação das atividades em classe), os conteúdos abordados nessas EDQ estiveram em consonância com o assunto em estudo na sala de aula por aqueles estudantes não optantes à pesquisa. Como um dos pilares da ATA corresponde à avaliação, estes estudantes participantes da pesquisa terão sua aprendizagem avaliada no decorrer das atividades propostas no apêndice C. Já as perguntas do apêndice D regem apenas a pesquisa e não têm caráter avaliativo para o componente. Vale salientar que os discentes selecionados

passaram por algumas atividades práticas comuns com materiais alternativos no laboratório de informática, pois algumas perguntas da entrevista fazem comparações entre a prática comum e a EDQ logo fez-se necessário ampliar o campo de percepção discente referente à experimentação.

Para realização da pesquisa, três rotas de ações referentes à aplicação da aula com a EDQ no que confere a infraestrutura desta intervenção didática podem ser percorridas (Figura 3).

Figura 3 – Possibilidades de rotas para aplicação da EDQ em aula.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A rota 1 é recomendada ao professor aplicador da proposta que esteja em uma escola a qual possua acesso à internet *wi-fi*, ou qualquer outro tipo de acesso à WEB com agilidade em suas dependências, além de possuir um laboratório de informática em plenas condições de uso. Porém seus estudantes, em sua integralidade, não dispõem de dispositivos móveis (*smartphones, tablets* etc.) compatíveis para a realização de um *download* de aplicativos simuladores de experimentos, sendo a opção deslocá-los da sala de aula para o laboratório de informática e realizar a EDQ nos computadores da UE.

A rota 2 é recomendada para o professor aplicador que ao propor EDQ em sala de aula perceba que todos os seus estudantes possuem celulares ou dispositivos digitais compatíveis à realização do *download* de um aplicativo simulador. Neste caso a EDQ será realizada em sala de aula, sem necessidade de deslocamento a 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.*) passíveis de um *download* de aplicativo; antecipadamente à realização da aula, o professor deve informar aos estudantes o nome do aplicativo em sala de aula e solicitá-los que realizem o *download* em locais extraescolares (residência, shopping, praças, redes *wi-fi* públicas, etc.), como pré-requisito para a efetivação da atividade de EDQ.

A rota 3 parte do mesmo princípio da rota 1 – Dispositivos Móveis (DM) em falta para todos os estudantes. Ela é voltada para escolas em condições mais precárias, pois nela a UE não oferece laboratório de informática propício ao uso, logo o professor aplicador da EDQ deve solicitar aos poucos estudantes que tenham DM compatíveis à realização do *download* de aplicativos simuladores de práticas de Química que assim o faça, ou na escola ou extraclasse antecipadamente; com alguns estudantes tendo o aplicativo instalado em seus DM, serão feitas atividades em grupo na própria sala de aula.

Para esta pesquisa a rota utilizada foi a de número 1, isto porque muitos estudantes da UE, onde a aplicação da EDQ ocorreu, não têm aparelhos celulares os quais suportem o *download* de um aplicativo simulador de atividades práticas de Química. Vale salientar que alguns estudantes não possuem aparelhos celulares, logo a rota 2 ficou mais difícil de ser executada nesta UE.

A rota 3 que propõe a realização da EDQ em sala de aula, poderia ser utilizada também nessa pesquisa. No entanto a UE, campo de pesquisa, tem um laboratório de informática com computadores aptos ao uso, logo o critério de seleção pela rota 1 ao invés da rota 3 foi a presença deste espaço de aprendizagem com seus respectivos materiais

didáticos (computadores do governo do estado de Pernambuco com internet exequível de aplicação da EDQ).

Ocorre que em algumas instituições públicas, os investimentos governamentais podem perder-se devido à ausência de uso referente à aquisição de alguns materiais: cadeiras de estudantes reclináveis que apesar do conforto oferecido, o suporte o qual coloca-se o caderno para escrever não é fixo provocando uma escrita ilegível e repulsa pelos estudantes (troca de cadeiras – gasto de verba pública); *tablets* presos em uma biblioteca devido ao seu sistema de software ser incompatível com os utilizados pela comunidade escolar (troca de aparelhos – gasto de verba pública), não uso de *tablets* por diversas razões conforme Francklin e Lourencetti (2016); livros didáticos que se perdem devido à falta de uso pelos professores e alunos (gasto de verba pública sem o devido alcance da proposta) e tantos outros casos. Nesta opção pela rota 1 ao invés da rota 3, foi levada em consideração o uso dos recursos públicos (computadores) garantindo assim a destinação correta destes materiais fornecidos através dos impostos pagos pelos cidadãos pernambucanos e brasileiros. Se a escola tiver computadores à disposição, a rota 3 deve ser uma opção secundária.

2.2. Participantes da pesquisa

Os participantes foram os estudantes do ensino médio da Escola estadual Madre Iva Bezerra de Araújo que fica localizada no município do Cabo de Santo Agostinho, região metropolitana do Recife, Pernambuco. Com um total de 1353 estudantes matriculados em 2021 e 63 educadores conforme dados SEE-PE, essa UE é de ensino regular onde o estudante permanece em apenas um turno na escola. Os discentes participantes de cada turma assinaram um TALE (Apêndice A) e seus responsáveis assinaram um TCLE (Apêndice B), que foi previamente lido e discutido. Todos os discentes foram convidados a participar, o convite ocorreu durante as aulas de Química nas quatro classes do ensino médio (1 ano A, 1 ano B, 1 ano C e 2 ano A) as quais tinham os temas teóricos de cada EDQ, objetivando assim obter um maior envolvimento dos estudantes nas atividades propostas na intervenção didática experimental tecnológica, de modo que o número de estudantes envolvidos foi de quinze (15). A desenvoltura e competências específicas da área de conhecimento dos estudantes percebidas pelo professor aplicador foram associadas a elementos de avaliação do componente curricular Química. No entanto, as respostas ao questionário referente à

avaliação da dinâmica da aula feita pelos estudantes ficou apenas restrita à pesquisa sem caráter avaliativo.

Cabe também salientar que na UE a qual foi aplicada a EDQ, o contexto de aulas estava embasado no modo presencial no período de aplicação da pesquisa, salvo algumas exceções de possíveis estudantes com comorbidades e que apresentaram laudo médico, estes discentes tiveram que permanecer em isolamento social. Para estes estudantes, que estão em seus lares acompanhando as aulas on-line, a EDQ pode servir-lhes de atividades experimentais virtuais, uma vez que não precisa o estudante estar na escola para executá-las porque são digitais.

A quarta etapa consistiu na elaboração de um produto educacional (E-book) de fácil acesso a professores e professoras de Química que desejem realizar atividades experimentais digitais com seus estudantes. Este produto consiste em ser um roteiro de como elaborar uma EDQ em sala de aula com temas específicos do componente curricular Química. Vale salientar que este material foi elaborado para facilitar a coleta das percepções dos estudantes sobre a EDQ.

2.3. Instrumentos de coletas de dados

Para a primeira etapa, a plataforma Sucupira foi utilizada para orientar o levantamento. A escolha desta plataforma ocorreu devido à praticidade que a mesma ofereceu na pesquisa, pois a Sucupira disponibiliza as revistas que são classificadas pela CAPES. O levantamento investigou as revistas que tenham em seu título a palavra “Química” e que sejam da área de avaliação em “Educação” e “Ensino”, considerando os Qualis entre A1 e B5 da classificação do quadriênio 2013-2016. A escolha destes critérios de busca se deu por considerarmos que a probabilidade de trabalhos envolvendo a experimentação no ensino de Química seria maior, por se tratarem de revistas voltadas para a Química.

Para a segunda etapa, o instrumento a ser utilizado foi a loja da *Google Play*®. Nesta loja da *Google Play*® foi realizada uma busca através de algumas palavras-chave que eram digitadas, entre as quais: experimentos digitais, laboratórios virtuais e simuladores de experimentos de Química/Ciências, além de outras correlatas. Vale ressaltar que estas palavras-chave poderiam mudar a depender da dinâmica da pesquisa que ocorreu na plataforma. A escolha dos aplicativos da *Google Play*® levou em conta o sistema

operacional *Android* (.apk), considerado um dos mais comuns entre os dispositivos móveis (*smartphones*, *tablets* etc.) utilizados por professores e por estudantes, além de ser considerado o mais popular até o atual momento (SANTOS; LEITE, 2019).

Para a terceira etapa os instrumentos de coleta de dados foram a observação direta intensiva a qual é composta pela observação e entrevista. Segundo Markoni 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” (MARKONI; LAKATOS, 2010, p. 173). Foi uma observação sistemática que “realiza-se em condições controladas, para responder a propósitos preestabelecidos [...] Deve ser planejada com cuidado e sistematizada” (MARKONI; LAKATOS, 2010, p. 173), como foram aulas constituída por planos de aulas, logo haverá uma estruturação a ser seguida.

A entrevista tem como finalidade “a obtenção de informações do entrevistado, sobre determinado assunto ou problema” (MARKONI; LAKATOS, 2010, p. 179). A entrevista semiestruturada tinha inicialmente 11 (onze) perguntas (Apêndice C), sendo que estas perguntas poderiam dar margem a perguntas adicionais que dependiam do contexto da pesquisa em curso. Para Manzini (1990/91), esse tipo de entrevista está embasada por perguntas principais sobre um determinado assunto e que podem necessitar de perguntas complementares inerentes às circunstâncias momentânea da entrevista. Manzini (1990/91, p. 154) ainda reitera que as respostas a essas perguntas complementares podem resultar em informações mais livres e com maior riqueza em detalhes do que as perguntas principais as quais seguem uma padronização. O principal instrumento de coletas de dados na entrevista será um gravador, onde as respostas serão redigidas em um documento *Word* para posterior análise de dados.

2.4. Análise dos dados

Para a primeira etapa (análise dos artigos) foi realizada uma análise bibliográfica, buscando identificar as revistas que contiverem artigos com títulos que remetem à experimentação digital, foi feita uma leitura dos resumos e através desta leitura o artigo foi

lido por completo. Para Gil (2010, p. 29), uma pesquisa bibliográfica “[...] é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, essa modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos.”

Para a segunda etapa, os aplicativos que atenderem, inicialmente, aos critérios pré-estabelecidos envolvendo a EDQ tiveram seus *downloads* efetuados e suas funções foram exploradas buscando associá-las com os conteúdos de Química que estão presentes no PCPE.

Para a terceira etapa, a análise dos dados consistiu da “seleção, categorização e tabulação” (ANDRADE, 2010, p. 138). Como a seleção é um exame minucioso dos dados, caso alguma informação das perguntas da entrevista aplicadas aos estudantes apresente discrepância nas respostas ou estejam incompletas em suas respostas, haverá perguntas adicionais que busquem tornar as respostas mais concretas. Para categorizar os dados provenientes da pesquisa qualitativa utilizou-se códigos, onde eles indicavam quais respostas dos estudantes se inter-relacionam, por exemplo; se algum deles responderem que tem as mesmas dificuldades em aprender Química só na sala de aula de forma teórica, se as EDQ tornam a aprendizagem melhor. Os detalhes de cada resposta estudantil foram analisados minuciosamente na pesquisa, categorizando-os através de divergências e convergências de critérios. A categorização foi realizada de modo que buscasse combinações e classificações entre o que é semelhante assim como reúna o que é comum; para isto, será utilizada a Análise de Conteúdo categorial de Bardin (2008). Já na tabulação, foram criadas tabelas com as perguntas da entrevista para relacionar variáveis, é a organização dos detalhes obtidos nas respostas dos estudantes na categorização.

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 [...]” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 151). A pesquisa buscou compreender as percepções dos estudantes do ensino regular referente à facilidade de aplicação e aprendizado de uma EDQ, com os dados obtidos e organizados foram feitas comparações dos mesmos com as suposições observadas na pesquisa. Dependendo da quantidade de informações que chegaram à pesquisa, *softwares* de análise de dados poderiam ser utilizados, dentre eles o Atlas TI. Para Andrade (2010, p. 139) “nunca é demais lembrar que os dados não apresentam importância em si mesmo; a relevância está no fato de, através dos dados,

chegar às conclusões, procedendo-se a avaliações; inferências de relações causais que conduzem à interpretação.”

As respostas dos estudantes foram comparadas com os relatos de dificuldade já apontados na literatura, nesta comparação a ênfase foi dada às literaturas já apresentadas na pesquisa, porém pode haver introdução de literatura adicionais. Foi criada uma tabela com a resposta do estudante, a análise da resposta do estudante, a citação de possíveis autores e como atenuar ou erradicar a dificuldade (não necessariamente em todas as respostas, mas sim naquelas que se inter-relacionam, aparecendo com muita frequência o tipo de resposta analisado).

Participaram no total quinze (15) estudantes da pesquisa. De modo que seja mantido o sigilo de suas identidades foi criado um código com quatro (4) símbolos alfanuméricos, sendo os três (3) primeiros símbolos com 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 o termo $E1$ remonta à identidade dele, diferenciando-o dos demais estudantes que participaram desta aula na referida turma, em que significa que se trata do estudante um (1) cuja escolha da numeração ocorreu de forma aleatória, tendo os demais estudantes as outras numerações, ou seja, de 2 até 15. Já no termo A_1 presente também no código de identificação do estudante tomado como exemplo, o A remete à turma do estudante, e o $_1$ (subscrito) é a série dele, o estudante pertence à série e turma respectivamente do 1º ano A. Outros exemplos possíveis: $E3C_1$ (estudante três da turma 1º ano C), $E2A_2$ (estudante dois do 2º ano A) etc.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos nesta seção os resultados obtidos na pesquisa, primeiro sobre os trabalhos envolvendo a experimentação digital publicada em artigos de revistas científicas registradas na plataforma Sucupira. Logo em seguida, os resultados da busca pelos aplicativos de experimentos de Ciências/Química presentes na Plataforma *Google Play*®. Após isso, as percepções discentes inerentes à EDQ aplicadas na Unidade de Ensino serão apresentadas. E por último, discutiremos sobre a produção do E-Book que foi elaborado com objetivo de nortear os docentes que desejam aplicar a EDQ em suas práticas pedagógicas.

3.1 Trabalhos sobre experimentação digital na Química

Em relação aos resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa (artigos em revistas que possuem discussões sobre a EDQ entre os anos de 2011 a 2020), os dados revelam que das 16 revistas quem têm em seu título o termo Química, apenas quatro artigos apresentavam discussões relacionadas a possibilidade de uma EDQ (Quadro 4). Os artigos remetem a aulas práticas fazendo uso de aplicativos *on-line* (sites), com um deles utilizando um determinado aplicativo e outro realiza uma análise criteriosa do uso destes aplicativos em práticas de aulas de Química na educação básica.

Através destes dados, pode-se inferir o quanto a pesquisa é inovadora no meio educacional, poucos estudos feitos sobre a temática, ao menos nesta plataforma pesquisada. A evolução da educação em termos digitais provavelmente não está sendo contemplada. A utilização destas TDIC deve ter lastro experimental cerceando assim situações triviais que remetem à baixa cognição discente. A seguir, serão apresentadas as revistas as quais possuem artigos com temas similares.

Quadro 4 – Artigos identificados na busca.

Qualis	Artigo	Revista	Ano
A1	<i>Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de química en escolares chilenos</i>	<i>Educación Química</i>	2018
A2	Tabela Periódica Interativa	Química nova na escola	2014
A3	Desenvolvimento de um software educativo para o ensino experimental de química	Revista brasileira em ensino de química	2017

A4	Análise crítica dos objetos educacionais digitais de base experimental no ensino de química	Revista debates em ensino de química	2017
----	---	--------------------------------------	------

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação aos artigos encontrados, realizamos a análise considerando suas características gerais e suas contribuições. A seguir descrevemos, brevemente, as particularidades e contribuições observadas nos artigos encontrados.

No que diz respeito ao artigo A1 (*Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de química en escolares chilenos*) publicado na *Educación Química*, observa-se que a pesquisa identifica a vulnerabilidade no ensino de Ciências da Natureza em escolas da educação básica chilenas, com aulas metódicas, descontextualizadas que não contemplam a prática. O trabalho destaca as tecnologias digitais a partir do uso de um aplicativo *on-line* denominado Laboratório Virtual de Química. Na pesquisa, realizada com estudantes do terceiro ano chileno, são propostas aulas práticas virtuais com o uso do laboratório virtual em algumas escolas chilenas daquela nação seguindo os planos e programas do Ministério da Educação do país. Os resultados mostram que a estratégia promoveu melhorias na qualidade do ensino e na motivação dos estudantes, porém apenas em uma das escolas houve melhora no desempenho acadêmico. O artigo conclui que o uso do laboratório virtual de química influenciou positivamente na motivação e desempenho acadêmico dos estudantes.

Em relação ao artigo A2, seu objetivo é apresentar uma tabela periódica interativa de 3,2 metros de comprimento e 2,2 metros de altura, na qual possui um *software off-line* anexado à tela *Touch Screen* em que o estudante clica em um elemento químico e o sistema mostra as informações sobre esse elemento. O desenvolvimento da tabela interativa foi resultado da inquietação de pesquisadores da Universidade Federal de Juiz de Fora em Minas Gerais sobre os baixos índices de proficiência na aprendizagem de Química no ensino médio. O artigo apresenta discussões envolvendo a associação de recursos digitais e experimentais, de modo a permitir que os estudantes conheçam as propriedades dos elementos químicos. Os experimentos interativos apresentados no aplicativo são do tipo pré-programados, isto é, o estudante apenas acompanha sua simulação. Acreditamos que mesmo sendo um método passivo de aula digital, análogo a um vídeo ou filme que o estudante assiste, ele desempenha um papel importante na aprendizagem do discente pois há o princípio da multimídia (MAYER, 2001) em que o estudante aprende melhor com uso de imagens e palavras do que apenas palavras.

O artigo A3 destaca o uso de um *software* que simula um laboratório real, podendo ser utilizado *off-line*. A pesquisa relata uma proposta de uso do *software* – *Netbeans* no primeiro ano do ensino médio, considerando que nesse ano o uso do laboratório Químico é mais comum durante a disciplina. O *software* apresenta os equipamentos, vidrarias e riscos inerentes em um laboratório. Ademais, o estudo destaca que o *software* pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em escolas públicas que não tenham um laboratório em sua infraestrutura. Contudo, este *software* não tem uma versão disponível na *Google Play*®, não sendo analisado na segunda etapa desta pesquisa a qual consiste na procura por aplicativos. A ênfase da pesquisa consiste na plataforma *Google Play*® tendo em vista seu maior acesso por diversos usuários pelo mundo, além de sua agilidade em encontrar aplicativos, bastando digitar apenas algumas palavras-chaves. Qualquer busca hoje feita na WEB só necessita escrever o que quer no *Google* ou até mesmo falar no microfone virtual, maior comodidade na pesquisa, devido a isto o aplicativo *netbeans* não foi analisado como candidato à EDQ por não fazer parte desta rede.

Já o artigo A4 faz uma análise dos objetos de aprendizagem presentes em alguns repositórios brasileiros, concluindo que a maioria deles são antigos e com falhas conceituais. Entretanto, o artigo relata que os aplicativos disponíveis no Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem apresentam menos erros e limitações para o ensino de Química. Além disso, os resultados alertam sobre os entraves que podem ocorrer no decurso de uma aula digital e como proceder para atenuá-los. A pesquisa também mostra as possíveis dificuldades no uso de aplicativos digitais em sala de aula, apontando para a importância da mediação do professor durante o uso com os estudantes.

Ressalta-se que a EDQ além de ser uma estratégia para motivar o estudante, ela busca também melhorar sua aprendizagem no componente curricular Química. A partir da busca feita sobre os artigos encontrados nas revistas, pode-se conjecturar que há poucas pesquisas com temas análogos ou semelhantes à EDQ em caráter nacional, o estudo que mais assemelhou-se à EDQ não é brasileiro, porém estrangeiro (*Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de química en escolares chilenos*). Entendemos que uma educação tecnológica que coloque o estudante como protagonista na construção de seu próprio conhecimento pode ser um caminho para otimizar a aprendizagem de qualquer componente curricular. No Brasil, as pesquisas com caráter de introdução de TDIC na educação ainda estão se desenvolvendo, todavia com o passar dos anos, novos estudos irão surgir por meio das inovações tecnológicas.

3.2 Aplicativos para uma EDQ

Considerando a possibilidade de uma UE não ter acesso à internet, recorre-se à utilização de aplicativos. Durante o levantamento (segunda etapa) diversos aplicativos eram disponibilizados na plataforma da *Google Play*®, contudo boa parte deles se limitavam à execução de roteiros pré-programados, não possibilitando ao professor planejar o experimento ou que o estudante fosse livre para escolher as soluções que seriam utilizadas, além de outros se apresentarem através de desenhos animados. Em relação aos aplicativos/*softwares* observados nos artigos descritos na primeira etapa, estes não foram encontrados como disponíveis na *Google Play*®.

Ao considerar os critérios elencados, apenas um aplicativo atendia aos requisitos pré-estabelecidos: o aplicativo Simulações *Physics Educational Technology* (PhET) desenvolvido pela Universidade do Colorado (Figura 1). O aplicativo fornece aos estudantes, além da interatividade, caminhos para que eles possam compreender determinado fenômeno proposto na simulação.

Figura 4 – Logo do aplicativo Simulações *PhET* na *Google Play*®



Fonte: dados da pesquisa.

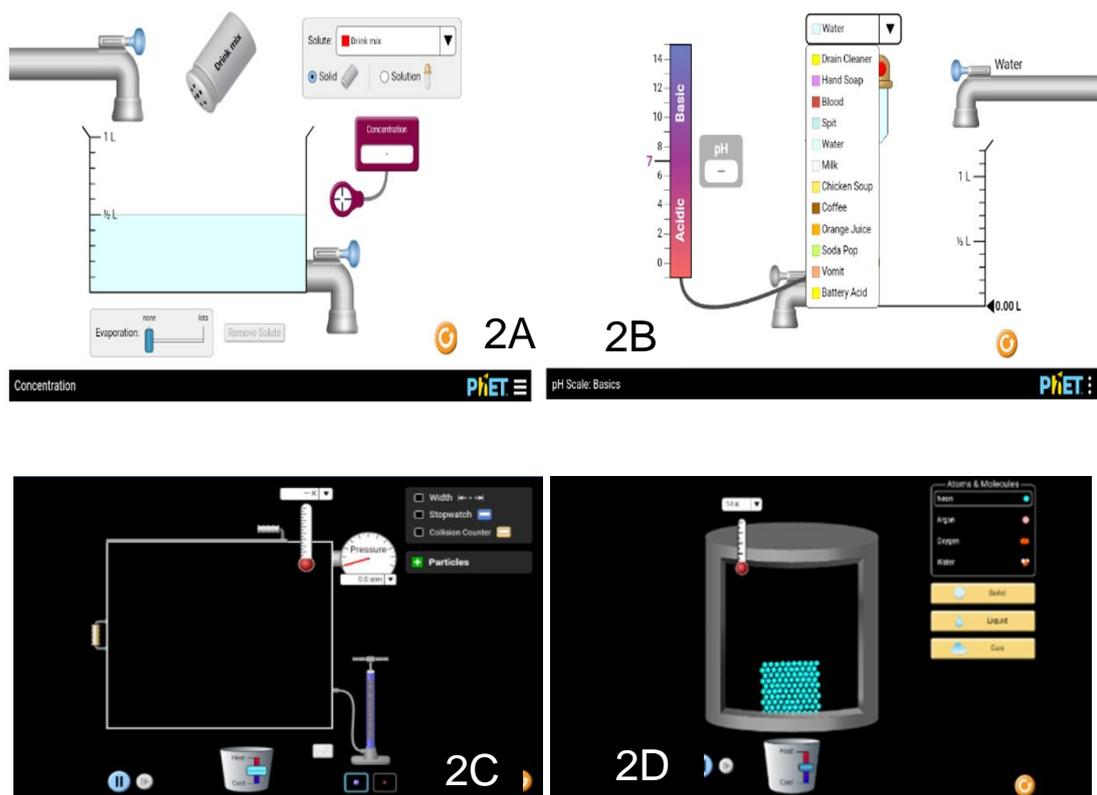
O aplicativo está disponível no idioma inglês e português, tendo 61 MB de tamanho, apresentando imagens que remetem ao ambiente de um laboratório Químico, o que possibilita seu uso em aulas práticas digitais do componente curricular Química. Além disso, o aplicativo tem mais de 30 experimentos virtuais que abrangem os conteúdos presentes no currículo da Química, Biologia, Física (Ciências da Natureza), Matemática e Ciências da Terra, contribuindo para que os professores possam fazer uso em suas práticas pedagógicas. Na Química são disponibilizadas 27 simulações, porém envolvendo os critérios estabelecidos para a realização de uma atividade experimental por meio do aplicativo, foram encontrados quatro experimentos digitais de Química.

De Química, observamos diversos experimentos os quais abordam temas frequentes lecionados por professores do ensino médio da rede pública de Pernambuco. Todavia, os outros experimentos podem ser instrumentos de análises para pesquisas similares futuras.

É importante destacar que o uso do Simulações *PhET* pode ser ancorado pelo modelo da ATA (LEITE, 2018). Esse modelo discute sobre o uso das tecnologias digitais com as metodologias ativas (metodologias que tem o estudante no centro do processo de ensino). Na perspectiva da ATA, o uso do Simulações *PhET* pode ser justificado por algumas ações, são elas: indicação do professor para uso do aplicativo pelos estudantes, orientando-os durante a atividade ou o próprio uso pelo professor (atendendo ao pilar papel docente); incentivo do professor ao uso livre do aplicativo pelos estudantes, de modo que eles conheçam os experimentos possíveis no aplicativo, promovendo o seu protagonismo (segundo pilar da ATA); direcionamento do professor para as atividades que serão realizadas usando o aplicativo (conforme o pilar suporte das tecnologias), culminando na avaliação dos estudantes (pilar da Avaliação).

Diante dos diversos experimentos digitais observados no Simulações *PhET* passamos a apresentar os quatro experimentos digitais que foram selecionados tendo como critério a associação dos mesmos com os assuntos mais abordados por professores no ensino médio da rede estadual pernambucana, temas estes que constam nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco (PCPE). Todavia, existem mais simulações no aplicativo com os temas mais diversos possíveis, tais como: cinética química, lei de Lambert-Beer, modelos atômicos e outros. Entretanto, para nossa pesquisa foi dado ênfase somente a quatro experimentos digitais. Para apresentar algumas funcionalidades do aplicativo, foram selecionados quatro experimentos (Figura 2) que estão em acordo com as propostas de ensino do currículo da Química. Os conteúdos abordados são: Concentração; Escala básica de pH; Introdução aos Gases; Estados e mudanças de fases.

Figura 5 – Experimentos do aplicativo Simulações *PhET*



Fonte: Dados da pesquisa.

O experimento Concentração (*Concentration*) (Figura 2A) envolve os conteúdos de concentração molar. Por exemplo, o professor pode solicitar o valor da quantidade de massa de soluto a ser adicionada à solução conforme o planejamento de sua aula. Os estudantes serão capazes, não apenas de realizar medidas, mas também de analisar e descrever qualitativamente o experimento. Além disso, nele é possível que o discente adicione soluto e meça a concentração molar da solução. Tal ação implica em maior liberdade e autonomia dos estudantes durante a atividade, possibilitando o erro e a análise crítica sobre suas ações, ou seja, permite que os estudantes estejam no centro do processo de aprendizagem, conforme os pressupostos da Aprendizagem Tecnológica Ativa (LEITE, 2018). Ademais, é possível que ocorra uma aprendizagem multimídia (MAYER, 2001), em que o estudante consegue fazer relações entre as palavras e imagens apresentadas, criando uma representação mental.

O experimento também apresenta solutos em fase líquida, em que o discente pode mudar, criando uma solução de soluto líquido. Questões do tipo “quanto de massa foi adicionada nesta solução?” podem orientar as ações dos estudantes para uma atividade investigativa (SUART; MARCONDES, 2009). Segundo Suart e Marcondes (2009), os experimentos investigativos são uma das estratégias sugeridas para permitir a participação

mais ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, além de ser considerada uma alternativa para melhorar a aprendizagem e intensificar o papel do estudante na atividade. É possível no experimento vaporizar a água variando a concentração molar, assim como abrir uma torneira para diminuir o volume da solução sem variar sua concentração e abrir outra torneira para jogar mais solvente à solução. Nestas ações também podem ser realizadas perguntas investigativas, por exemplo: “Por que quando abriu uma das torneiras não mudou a concentração, mas quando abriu uma outra ou vaporizou água houve variação?”, possibilitando as discussões sobre diluição.

A Figura 2B mostra o experimento Escala básica de pH (*pH Scale Basic*) em que é possível discutir os conteúdos sobre o pH das soluções e concentração hidrogeniônica. Esses conteúdos são abordados no 1º ano do ensino médio. Uma atividade possível para este experimento é o professor solicitar a concentração hidrogeniônica $[H^+]$ da mistura preparada, em que o estudante irá adicionar um reagente e medir o pH. Da mesma forma, o estudante escolhe uma das substâncias que estão no aplicativo (protagonismo do estudante), mede o pH, adiciona água nela e mede novamente o pH.

Para uma atividade investigativa, perguntas podem ser feitas, como: “houve alteração no valor de pH?” e “caso tenha ocorrido variação, explique o que houve?”, estimulando a curiosidade e motivando os estudantes para o conhecimento científico. Ademais, o professor pode aprofundar as discussões utilizando o aplicativo, por exemplo, ele pode solicitar ao estudante que escolha uma substância de caráter alcalino, meça o pH, vá adicionando água ao sistema e observe se a substância sai de uma faixa de pH alcalina e passa para uma faixa ácida. O processo inverso também pode ser realizado (o que promoveria indagações nos estudantes). Após essa ação, o professor pode questionar os estudantes: “Por que a substância foi até a faixa neutra e não passou a ser o inverso?”.

O experimento Introdução aos Gases (*Gases intro*), Figura 2C, possibilita ao professor trabalhar os conteúdos de comportamento físico dos gases (lei de Boyle, lei de Charles e Gay Lussac, equação geral dos gases e lei do gás ideal) que são abordados no 1º ano do ensino médio. Dentro de uma perspectiva da ATA, no primeiro pilar (papel docente), o professor pode solicitar aos estudantes que olhem o manômetro e analisem a equação das leis dos gases. Os estudantes poderão introduzir gás ao recipiente e aumentar a temperatura, de forma a compreenderem o conteúdo proposto, assim, observa-se dois pilares da ATA, o Protagonismo do estudante e o Suporte das tecnologias. Conforme descrito por Paula (2017, p. 81), os “laboratórios virtuais constituem recursos mediacionais capazes de aumentar o

protagonismo dos estudantes nas atividades de ensino e aprendizagem”. Também é possível “perturbar” o sistema, introduzindo ou retirando gás do recipiente e aumentar ou diminuir o volume do recipiente, sempre observando as alterações do manômetro. Ao modificar esses parâmetros (que estão na fórmula da equação geral dos gases), o estudante evidenciará experimentalmente como eles alteram o comportamento físico dos gases.

Uma outra possibilidade de uso do Simulações *PhET* pelo professor ocorre quando este solicita ao estudante mudar o tipo de gás que está no recipiente (o que é representado pelas bolinhas roxas lentas para o gás das bolinhas vermelhas mais rápidas). O aplicativo contém um detector de número de colisões com a parede interna do sistema, assim os estudantes podem comparar o número de colisões (a energia cinética) das bolinhas roxas com as vermelhas. A dinâmica consiste na realização destas ações seguidas de perguntas inerentes à prática, tais quais: “quando se aumentou a temperatura de 25K para 100K o que ocorreu com a pressão do gás?”, “Quais gases têm maior energia cinética?”, além de outras referentes à pressão, temperatura e volume.

Por último, o experimento Estados e mudanças de fase (*States and Phase Changes*), Figura 2D, apresenta os conteúdos de substâncias químicas e mudanças de fases que são abordados no 1º ano do ensino médio. Contendo uma simulação de um recipiente em que nele pode ser introduzido: água, gás oxigênio, gás neônio ou gás argônio. Pode-se solicitar ao estudante que introduza uma dessas espécies e altere a temperatura, aquecendo-a ou resfriando-a, para que seja observado, a nível submicroscópico, o que ocorre em termos de organização estrutural dos átomos e moléculas quando elas mudam de estado físico em decorrência da variação da temperatura. Nesse sentido o princípio da multimídia pode ser observado quando os estudantes fazem uso das imagens e palavras (MAYER, 2001), interagindo e compreendendo o que ocorre no nível submicroscópico por meio da simulação (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Questões investigadoras também podem ser feitas, por exemplo: “conhecendo o ponto de fusão e ebulição da água, qual estado tem maior/menor organização molecular?”.

Assim como observado nos experimentos, os pilares da ATA estão presentes e podem possibilitar uma aprendizagem mais centrada no estudante. Por exemplo, o professor solicita que os estudantes observem a agitação molecular de modo a inferirem teoricamente sobre a lei do zero absoluto. Os estudantes no aplicativo irão introduzir uma das espécies e diminuir a temperatura até $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. A critério do professor, estas observações podem ser discutidas durante o experimento ou posteriormente por meio de um relatório ou na

resolução de alguma atividade. Tais ações possibilitam a implementação dos cinco pilares da ATA dentro de uma proposta de ensino ativo. Além disso, como destaca Paula (2017, p. 81), quando os estudantes fazem uso de aplicativos de simulação de laboratórios, eles são “desafiados a interpretar os resultados desses experimentos”.

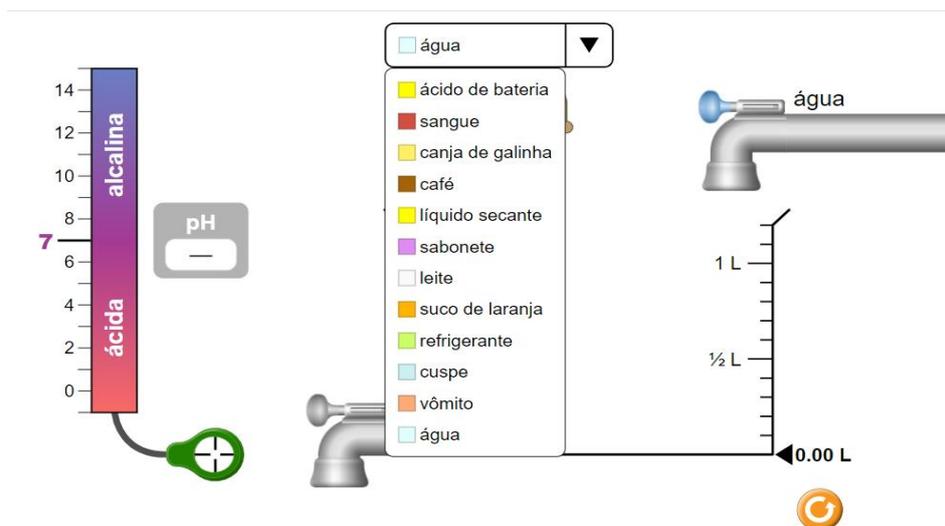
Para Bachelard (2006), barreiras epistemológicas são entraves que surgem na cognição discente. Alguns desses experimentos selecionados no aplicativo emergem como ferramentas de mitigação a essas barreiras citadas por Bachelard. A Química explora o imaginário, e por não podermos ver átomos, elétrons ou moléculas, essa abstração científica pode ocasionar um desvio de aprendizagem. Os experimentos Introdução aos Gases e Estados e mudanças de fase podem auxiliar o discente a romper essa barreira do imaginário, possibilitando que o estudante passe a “ver” na ilustração moléculas e átomos, consequentemente compreendendo o Modelo cinético molecular. Os experimentos envolvendo Concentração e Escala Básica de pH apesar de não explorarem esse fator de “ver”, eles trazem uma realidade analítica que dificilmente seria possível alcançá-la, até mesmo em um laboratório físico da escola. Por estes experimentos se tratarem de simulações ilustrativas sejam do abstrato da Química bem como uma simulação de análises laboratoriais, eles podem ser classificados como experimentos ilustrativos (BASSOLI, 2014).

Cabe destacar que o aplicativo Simulações *PhET* não explora os conteúdos experimentais em sua totalidade, é preciso que o professor estruture sua aula com os conteúdos que serão estudados e ampliem as discussões em sala de aula (presencial ou virtual) com outros recursos. A forma de ensino é consideravelmente relevante na aplicação de qualquer intervenção didática, a própria contextualização é uma estratégia de ensino (BERTON 2015) que pode estar nos mais simples fenômenos que cercam professores e estudantes, estando estes dentro ou fora de sala de aula, desde uma informação nutricional presente no rótulo de um produto alimentício até recursos midiáticos, como vídeos e filmes.

No campo de conhecimento da Química estes recursos midiáticos, provedores da contextualização, além de vídeos e filmes, podem também ser aplicativos ou simuladores de atividades práticas, como fica evidenciado na plataforma *PhET* em alguns de seus experimentos digitais. Podemos constatar, como exemplo, o fenômeno da contextualização ocorrendo de forma virtual na simulação escala básica de pH, em que materiais do dia-a-dia do estudante (sabonete, sangue, suco de limão, água e outros) têm seu pH medido através da simulação. Embora seja um experimento virtual, assim como os demais, é perceptível a contextualização de conteúdos exclusivamente neste experimento digital o que

eventualmente pode levar à conclusão de que as TDIC além de promoverem a experimentação a qual pode estar extinta em muitas escolas brasileiras, ela também promove a contextualização de forma dinâmica e prática do que se por exemplos estes materiais fossem levados à escola para posteriores análises de pH de forma física.

Figura 6 – Explícita contextualização na simulação PhET Colorado



Fonte: Dados da pesquisa.

É possível que mais aplicativos e plataformas de experimentação digitais sejam criadas com o passar dos anos. Possivelmente, com o surgimento de novos aplicativos/simuladores digitais, a contextualização tão cobrada em dias atuais no ensino, será também cobrada nas plataformas de acesso à WEB as quais já existem simulações dos mais variados tipos de aulas. É o mundo digital refletindo o mundo real.

3.3 A EDQ na Unidade de Ensino

No início do ano letivo de 2022 foram escolhidos intencionalmente os assuntos de Química das séries 1º ano e 2º ano para as unidades I e II visando a aplicação da EDQ proposta na pesquisa através de sua rota 1. A realização da intervenção didática ocorreu em momentos distintos em cada turma de acordo com o horário de aula da UE, por exemplo: na turma do 1º ano A cuja aula ocorre nas quintas-feiras, a experimentação comum e a EDQ deles ocorreram neste dia da semana e em duas (2) semanas diferentes (as duas aulas da primeira semana com atividades práticas físicas do assunto da unidade e duas aulas da segunda semana com a aplicação da EDQ). A entrevista foi realizada no contraturno da

escola e de forma individual em uma sala reservada, isto porque alguns estudantes mencionaram que se sentiriam melhores em serem entrevistados dessa forma. Em um único contraturno de um dia da semana, a sala do 1º ano A foi entrevistada. A mesma dinâmica ocorreu com as demais turmas, práticas comuns realizadas com materiais alternativos no laboratório de informática e EDQ paralelas à aula de Química teórica em sala de aula; salientando a realização da entrevista de forma individual onde cada discente participante foi entrevistado de modo prático e sem interferências alheias. A entrevista teve como diretriz as onze (11) perguntas presentes no apêndice B, onde através das respostas discentes foi possível realizar uma análise criteriosa de como a EDQ pode atuar promovendo melhorias na qualidade do ensino de Química.

A quantidade de estudantes voluntários à pesquisa, com suas turmas e os assuntos que eles estudaram em Química na I e II unidade do ano letivo de 2022 estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5 – Quantitativo e distribuição participantes.

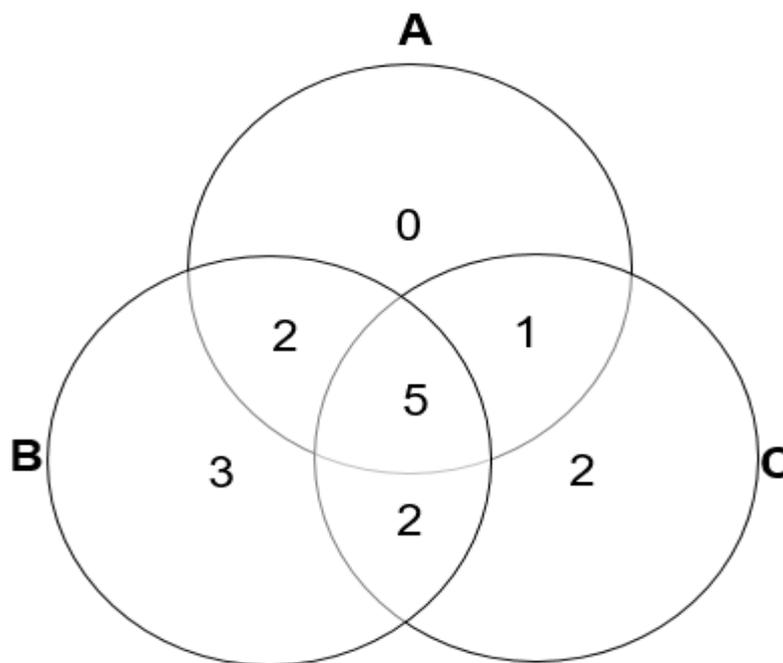
Turma	Assunto	Número de estudantes
1º A	Escala de pH	4
1º B	Estudos dos gases	4
1º C	Estados da matéria	3
2º A	Concentração molar	4

Fonte: Dados da pesquisa

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, em que há uma ideia de que a Química é considerada um dos componentes curriculares mais difíceis de compreender, conforme apontam Souza, Leite e Leite (2015) e Araújo, Felix e Silva (2019). Como todos responderam à pergunta afirmando que a Química é difícil, complementamos a pergunta com a seguinte indagação “O que torna essa matéria difícil para muitos estudantes incluindo você, caso tenha respondido sim à primeira pergunta?”. A este questionamento observamos diferentes respostas dos estudantes, em que eles alegavam que a Química se torna difícil por causa da: “presença da Matemática” (33,3%), “Falta de práticas” (80%) e “Abstração presente nos conteúdos da disciplina” (66%). Ressaltamos que alguns estudantes citaram mais de uma dessas características de modo que foi possível organizar essa classificação em um diagrama de Venn (Figura 7) em que o conjunto A corresponde à presença de Matemática na Química,

o conjunto B corresponde à ausência de experimentação nas aulas de Química e o conjunto C corresponde à abstração presente nas aulas de Química.

Figura 7 – Diagrama de Venn para os parâmetros de dificuldades de aprendizagem.



Fonte – Dados da pesquisa.

É possível observar que a intersecção dos três (3) conjuntos na Figura sete (7) foi citado com maior frequência pelos estudantes, isto porque de forma individual os estudantes sempre mencionavam essas três dificuldades como entraves à sua aprendizagem

Na pergunta 2 (“Ao longo de sua vida escolar, você já teve alguma aula que tivesse recursos tecnológicos? Caso sim, explique como foi.”) todos os estudantes afirmaram que nunca tiveram aulas com recursos tecnológicos digitais os quais eles pudessem interagir de modo virtual com estes recursos 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 à essas ferramentas:

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).

A formação do professor em cursos de Licenciatura e outros pode ser uma das alternativas para mitigar esse contexto. Todavia, os resultados poderão ser apenas observados à médio e longo prazo, conforme Leite (2022) explicita que “O perfil dos professores associados ao avanço tecnológico e à mudança requer novas qualificações, novos conhecimentos práticos e teóricos, e uma maior capacidade de abstração.” (LEITE, 2022, p.21). Logo a resposta dos estudantes tenderia a ser negativa diante da pergunta de vivência com TDIC em sua formação educacional. Ressaltamos que nesta segunda pergunta, uma parcela de 53,3% dos discentes pesquisados responderam a essa interrogativa com um comentário adicional onde eles associaram as aulas respaldadas na EDQ com as aulas *online* que eles tiveram no período de pandemia de Covid-19 (ano letivo de 2020 e 2021) que era necessário o uso de computadores e *Smartphone* por esses estudantes, 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”.

Para os casos de estudantes que, além de responderem a essa segunda pergunta, fizeram o comentário adicional de associação com as aulas *online* do período de Covid-19, como no caso da fala de E3C₁ “Ficou muito parecida com as aulas online que tive no ano passado e retrasado”, acrescentamos neste momento da entrevista duas perguntas adicionais que consistiram em: “Você considera que estava conseguindo aprender com as aulas remotas da pandemia Covid-19?”. Alguns estudantes (26%) disseram que sim e outros deram respostas negativas (74%). Nas respostas positivas, a segunda pergunta adicional foi dispensável, uma vez que para estes casos, os próprios discentes relataram que conseguiram aprender com o respaldo da EDQ como por exemplo na fala de E1A₂ “se eu conseguia aprender na Pandemia com as aulas remotas onde o professor estava distante, imagine com o professor na classe explicando? Claro que compreendi melhor Química com essas aulas.” (E1A₂). Como a parcela de estudante que declararam terem compreendido as aulas remotas decorrentes da Pandemia Covid foi pouca e a entrevista aconteceu de forma individual, ao perceber que a resposta da segunda pergunta adicional seria positiva, optou-se por não realizá-la evitando assim supérfluos na pesquisa. Já para as respostas negativas que alguns estudantes deram sobre a sua aprendizagem no período escolar de pandemia Covid-19 devido às aulas *online*, esta dificuldade pode residir na característica dessas aulas terem sido unicamente *online*, como pode-se perceber na fala de E1A₂. A EDQ está embasada na explicação presencial do docente em sala de aula onde apenas a experimentação é realizada de forma virtual. Para estes casos de respostas negativas à primeira pergunta adicional, foi

realizada a segunda pergunta que consistiu em “com estas aulas Experimentais Digitais de Química (EDQ), você considera que o seu aprendizado melhorou?”. As respostas de todos os onze (11) estudantes a essa pergunta foi positiva.

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 observamos que os estudantes não se mostraram adeptos à EDQ como uma substituta integral às atividades práticas reais de Química, para eles o ideal é que seja como um complemento. Tal observação é necessária de ser destacada 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 (quer seja por limitação técnica ou de infraestrutura). Já no contexto da experiência 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? Comente”), a maioria dos estudantes (73,3%) afirmaram que suas dificuldades estavam voltadas para as especificidades dos conteúdos de Química mesmo após as abordagens do tema em sala de aula pelo professor. Após a aplicação da EDQ os estudantes relataram melhorias em sua compreensão do conteúdo. Já em alguns casos, eles tiveram algumas dificuldades iniciais em compreender o funcionamento das simulações do PhET Colorado, no entanto com o decorrer da explicação sobre como a ferramenta é utilizada, a dificuldade foi sanada, conforme apontam E2A₂ e E3A₂ em suas falas “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 Sr. explicou naquele dia como usar o game, eu conseguir 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), ele precisa também possuir o terceiro conhecimento o qual consiste em ter o conhecimento das TDIC configurando assim no conhecimento TPACK (CIBOTTO; OLIVEIRA, 2008). No início, os discentes além de terem dúvidas das especificidades do assunto provavelmente devido às atividades práticas inexistentes, suas dúvidas também estavam na nova ferramenta utilizada naquele momento; caso o docente não soubesse como utilizá-la, a EDQ se tornaria inviável.

O grau de dificuldade desses estudantes referentes ao manuseio das TDIC foi rapidamente sanado através da explicação docente, corroborando a percepção desses estudantes serem uma geração nascida nas TDIC, geração Z. Uma definição para esta geração pode ser apontada por Toledo, Albuquerque e Magalhães (2012)

Formada por indivíduos constantemente conectados através de dispositivos portáteis e, preocupados com o meio ambiente, a Geração Z não tem uma data definida. Pode ser integrante ou parte da Geração Y, já que a maioria dos autores posiciona o nascimento das pessoas da Geração Z entre 1990 e 2010. O “Z” vem de “zapear”, ou seja, trocar os canais da TV de maneira rápida e constante com um controle remoto, em busca de algo que seja interessante de ver ou ouvir ou, ainda, por hábito. “Zap”, do inglês, significa “fazer algo muito rapidamente” e também “energia” ou “entusiasmo” (TOLEDO; ALBUQUERQUE; MAGALHÃES, 2012, p. 04, grifos dos autores).

Notoriamente a aprendizagem dos estudantes referente ao manuseio das TDIC transcorreu de maneira rápida durante as aulas. Já a aprendizagem deles referente aos conceitos específicos de Química foi um processo mais lento e gradual. Através das atividades avaliativas de Química feitas por esses discentes, foi percebido uma melhoria na exatidão das respostas dessas atividades em sala de aula, mas ainda contendo desvios de respostas, corroborando com Araújo *et al.* (2019) e Berton (2015) que destacam que a Química é classificada pelos estudantes como um dos componentes curriculares mais difíceis de entender. Diante do exposto, tem-se uma situação de aprendizado rápido (manuseio das

TDIC pelos estudantes) e aprendizado gradual (compreender Química) através do uso da EDQ, que possibilitou integrar uma à outra, e provavelmente o rendimento dos estudantes poderá melhorar como observado nas respostas às especificidades de Química.

Quando solicitados a apresentar 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 no tempo necessário para a realização das atividades. Segundo E2B₁ a EDQ é ágil, conforme sua fala “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 Bueno et al. (2020) onde é ressaltado que os estudantes voluntários de sua pesquisa perceberam um maior dinamismo e rapidez ao fazer uso das TDIC em atividades de estatísticas, sendo assim

Alguns sujeitos ressaltaram o dinamismo e a rapidez com que processos podem ser feitos mediante o uso das novas tecnologias. Nesse sentido, o estudante F afirmou que o uso de TDIC não apenas contribuiu para aprendermos Estatística, como tornou a aula mais dinâmica. De fato, diversas ferramentas aceleram etapas que levariam muito mais tempo se fossem feitas de outra forma, uma vez que, conforme resalta o aluno C, com o passar dos tempos, nada mais está sendo feito manualmente. (BUENO *et al.*, 2020, p.82).

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 em enxergarem aquilo que não é visto nem no microscópio, como as 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” (E2B₁) 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”.

O que se observa nessas falas dos estudantes é que nesse tipo de EDQ, há também como efeito colateral a representação de modelos sendo melhor configurada do que em livros ou lousa. Conforme Mayer (2001), os estudantes compreendem melhor determinados conteúdos se eles não forem apresentados unicamente com textos, mas sim com textos e

figuras. Nestas EDQ de “Estudos dos gases” e “Estados da matéria” caracteriza-se a melhoria das figuras citadas por Mayer (2001).

Além disso, é possível evidenciar nas falas de alguns estudantes a praticidade promovida pelas TDIC em suas ações, o erro pode ser melhor contornado nessas atividades experimentais o que levaria mais tempo em caso de erro nos experimentos reais, isso justifica a EDQ servindo como recurso de ensaio para as práticas reais, como acontece nos simuladores de condução de veículos em uma Escola de Formação de Condutores. Conforme a fala de 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”.

Já para os estudantes que realizaram as práticas “Estudo dos gases e Estados da matéria” EDQ pode ter atuado como recurso de cerceamento da abstração, conforme as falas de E1B₁ e E2C₁ citadas anteriormente, de determinados conteúdos de Química, uma vez que essa abstração foi citada por eles como uma forte característica candidata a oferecer dificuldades na compreensão de Química. Assim como a presença da Matemática e falta de atividades práticas, relatados 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 precisar 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 das aulas de Química realizadas com a experimentação digital”) uma parcela de 53,3% dos estudantes apontou uma desvantagem na EDQ a qual foi justamente formada pelos estudantes da experimentação “Análise de pH” e “Concentração”. Para eles, uma das desvantagens da aula com o recurso EDQ está no contato físico com os materiais e reagentes que na EDQ não tem, isto porque 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” uma outra desvantagem consistia na representação, pois são cores e formatos fantasiosos as quais não representam a situação real das moléculas. Para o primeiro caso de desvantagem

relatada pelos estudantes em suas respostas, algumas sensações do mundo real podem ficar comprometidas, são justamente as propriedades organolépticas da matéria as quais possibilitam a identificação de certas substâncias através dos cinco sentidos humanos. O Quadro 6 apresenta o que acontece com as propriedades organolépticas no ambiente digital em comparação ao mundo real.

Quadro 6 – 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: dados da pesquisa.

Quanto a essa desvantagem (das propriedades organolépticas), os propósitos da EDQ são os mais diversos à favor da otimização da compreensão estudantil a 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, na qual as moléculas e átomos são representadas com cores e formatos fantasiosos. Possivelmente esta situação pode ser caracterizada como barreiras epistemológicas de aprendizado, pois são analogias que se não bem empregadas no momento adequado do processo de ensino e aprendizagem, elas podem dificultar ainda mais a construção cognitiva de uma determinada área de conhecimento. Conforme Bachelard (2005) *apud* Machado, Matos e Pinheiro (2013), 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 biológicas para explicar fenômenos físicos ou químicos [...]” (MACHADO; MATOS; PINHEIRO, 2013, p. 46). Provavelmente a barreira epistemológica presente no uso de esferas para representar as moléculas de gás seja nos livros didáticos ou na própria simulação digital é do tipo animista. Para vencer tais obstáculos epistemológicos, Bachelard (2005) *apud* Machado; Matos; Pinheiro (2013) não orienta abdicar de modelos e analogias diversas no ensino de Ciências, mas sim utilizá-los no momento adequado, conforme isto:

Assim, como forma de vencer tais obstáculos, Bachelard (2005) defende que analogias e metáforas devem vir depois da teoria e não antes, sendo utilizadas apenas para ilustrar algumas características ou esclarecer ideias abstratas, e não fundamentar todo o conceito (MACHADO; MATOS; PINHEIRO, 2013, p. 46).

No caso das moléculas de gases que são representadas nos livros didáticos por esferas, é bastante comum ter a informação que aquela condição é fantasiosa (comunicados como: cores, tamanhos e formatos fantasiosos), isto pode estar relacionado com a barreira epistemológica animista de Bachelard (2005).

Da mesma forma, para a aplicação da EDQ as analogias presentes nas simulações digitais são processos posteriores a uma determinada teoria já explicada antes, pois é uma prática digital, um experimento cuja teoria foi trabalhada em sala de aula de modo “tradicional” (com piloto e lousa).

No que concerne à pergunta 7 (“Você já esteve alguma vez em um laboratório de Química? Em caso afirmativo ou negativo, você acha importante haver uma preparação através de simulações digitais antes de ir para esses laboratórios? Explique.”) todos os estudantes afirmaram que nunca estiveram em um laboratório, tanto os estudantes das turmas de 1º ano devido às escolas da rede municipal não possuírem um laboratório de Química, assim como para os estudantes da turma de 2º ano.

Na primeira interrogativa da sétima pergunta (Você já esteve alguma vez em um laboratório de Química?) observa-se o argumento que muitas escolas públicas brasileiras não possuem laboratório de Ciências/Química em condições de uso por aqueles envolvidos nesses componentes curriculares. Tal apontamento, corrobora com os achados de Simões Neto e Lima (2014, p. 05) ao afirmarem que “nem sempre o espaço destinado ao laboratório é utilizado, pois em alguns casos eles são desativados ou destinados à fins diversos”. Como esses espaços caem em desuso, espontaneamente eles são destinados a outros fins pela comunidade escolar, logo a falta do laboratório citado pelos estudantes é a condição de tê-lo na escola, mas não destiná-lo para a sua verdadeira finalidade. As ausências de atividades práticas podem estar atuando como agentes atenuadores de aprendizado de Ciências refletindo em qualquer exame de aferição de aprendizagem desses componentes, entre eles o PISA. Assim como na UE de aplicação da pesquisa, a realidade citada por esses discentes foi também encontrada em outras escolas que são da rede municipal de ensino da cidade de Cabo de Santo Agostinho no estado de Pernambuco.

Quanto aos ensaios (preparação), conforme a segunda interrogativa da sétima pergunta, os estudantes afirmaram que se faz necessário a escola ter um laboratório físico em condições de uso ou não, pois as preparações não servem exclusivamente para as atividades práticas escolares, mas sim 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 vim a fazer em minha casa”. Ademais, nas respostas da segunda interrogativa desses estudantes, é notório a tendência deles em atuar nas atividades práticas presenciais. O ideal seria que estas práticas estivessem sempre presentes em seu aprendizado, seja em sala de aula com alguns experimentos simples, no laboratório da UE ou no 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 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, como também despertar o interesse da experimentação naqueles envolvidos com a Química na educação básica. Cabe salientar também que a realidade de muitas escolas públicas é uma realidade oposta a essas atividades, onde a ação docente resume-se apenas a quadro e giz para explicar essa área de conhecimento, como está explícito na fala de 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 como apontam Reis, Leite e Leão (2019). Ademais, para haver melhorias na qualidade do ensino é preciso um olhar mais atendo 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 8), de forma unânime, os estudantes destacaram a característica lúdica da EDQ na plataforma *PhET Colorado*. Sendo uma novidade para todos eles que não conheciam a ferramenta, eles mostraram uma postura favorável à metodologia utilizada. Eles consideraram também que na impossibilidade de ter a aula experimental presencial na escola, quer seja por falta de material ou ausência de laboratório, seria interessante que esse

tipo de aula fosse proposta em uma aula eletiva⁶ da rede estadual de ensino. 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). Nesse contexto, é interessante que em uma experimentação presencial pode ocorrer erros de manipulação daqueles que estão fazendo-a, neste caso na maioria das vezes a experimentação é reiniciada consumindo assim mais tempo.

Os discentes enfatizaram duas características as quais estão na essência da EDQ, a ludicidade presente na percepção deles está associada à semelhança do games, como já descrito por E1A₁ ao responder à pergunta 3 “Esse negócio parece um vídeo game”. Já para a segunda percepção, a qual remete à praticidade, como relata E2A₂ “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”. Diante dessa fala, tem-se caracterizado que as TDIC podem promover mais agilidade nas mais diversas ações realizadas pela humanidade, sendo elas na educação ou não. Se o jornal de papel antes era unicamente comprado na banca de revista, hoje há versões digitais dele as quais basta um clique no *Smartphone* e as notícias aparecerão na tela. Até mesmo os orelhões (telefones de rua) estão cada vez mais extintos, pois o telefone já está nas mãos de muitas pessoas que não precisam ir até um (orelhão) para se comunicar com alguém.

Ao serem solicitados para dar sugestões de melhorias para a atividade (Que sugestão você pode dar para melhorar as atividades que envolvem a EDQ?), observamos uma diversidade nas respostas dos estudantes a essa pergunta. Os estudantes apontaram questões técnicas da UE (computadores que apresentaram defeitos durante a aula, internet que oscilava na aplicação da EDQ e outros). Um dos estudantes (E4A₁) sugeriu como melhoria a aplicação da EDQ nas aulas de Física e Biologia. O que se pode perceber na sugestão de E4A₁ é que a proposta de atividades experimentais digitais para o processo de ensino e aprendizagem pode também ocorrer em outras áreas, como a Física e a Biologia,

⁶ Eletiva – conforme a SEE-PE respaldada na BNCC, o estudante deverá escolher um determinado componente curricular o qual a UE esteja ofertando dentre vários. Alguns exemplos de eletiva da UE campo de aplicação da pesquisa: Primeiros socorros, LIBRAS, Gestão ambiental e outros.

talvez seu apontamento esteja associado a sua dificuldade em aprender nestes componentes curriculares. Além disso, Bizzo (2009) destaca que aprender Ciências não é tarefa fácil de ser compreendida pelos estudantes, sobretudo as Ciências da Natureza. No entanto, a fala de E2A₂ sugeriu a utilização de plataformas que representassem mais fidedignamente a estadia do estudante no laboratório através de uma perspectiva tridimensional, realizando assim uma pergunta se há softwares com essas características. Conforme E2A₂:

Se a proposta é mesmo de simular a gente no laboratório, então poderia ter uma plataforma que representasse melhor uma pessoa no laboratório. Tipo, com uma bancada, reagentes e materiais; como um jogo de carro de corrida onde a pessoa pode apertar um botão e enxergar dentro do carro ou enxergar a pista (E2A₂).

A perspectiva tridimensional, cujo estudante E2A₂ menciona, pode ser contemplada com a realidade virtual e/ou aumentada que está na ideia do metaverso, conforme Schlemmer e Backes (2008):

A idéia de metaverso, embora descrita com outros termos, surge em 1984, em livros como *Neuromancer*, de William Gibson. Entretanto, o termo metaverso, em si, foi criado pelo escritor Neal Stephenson no início da década de 90, em um romance pós-moderno, intitulado *Snow Crash* (em português *Samurai: Nome de Código*). Segundo o autor, metaverso tem caráter real, bem como utilidade real pública e privada, pois se trata de uma ampliação do espaço real do mundo físico dentro de um espaço virtual na internet. (SCHLEMMER; BACKES, 2008, p. 521-522).

Os laboratórios digitais com realidade virtual e/ou aumentada ainda estão sendo desenvolvidos em tempos atuais, apesar da ideia do metaverso ter surgido pela primeira vez na década 80.

Cabe destacar que a plataforma PhET Colorado remonta ao momento da prática em seu ponto de partida, sem possibilitar ao estudante enxergar em uma perspectiva 3D e vê os outros reagentes e materiais presente em sua mesa virtual no laboratório.

Ressalta-se que na etapa de busca de aplicativos para a aplicação da EDQ, alguns foram baixados e tinham características tridimensionais (3D), todavia esses aplicativos 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. Por isso, eles foram descartados de nossa pesquisa.

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 com as interações digitais da EDQ estava fácil de entender, ressaltando a explicação concomitante à entrega dos roteiros sobre cada assunto da aula cuja aplicação da EDQ ocorreu. O roteiro o qual os estudantes e a interrogativa referem-se especificamente à seção “Ações discentes” presente no Guia prático para realização da EDQ (Apêndice C). As respostas a essa pergunta são convergentes às respostas da pergunta 4, onde eles não tiveram dificuldades em realizar as interações virtuais, pois houve um roteiro a ser seguido como um manual de instruções ou até mesmo uma receita culinária como afirmou E3A₂ referindo-se ao roteiro a “Mexer nessas coisas lendo esse papel é como seguir uma receita de bolo” (E3A₂). Assim como para E4B₁ “Fica fácil, pois basta ler os passos e executar cada ação dessa. É como um caminho a ser seguido com as placas indicando para onde ir” (E4B₁).

Em relação à pergunta 11 (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 100% dos estudantes do 1º ano responderam não a essa pergunta e que 100% dos estudantes do 2º ano responderam sim a pergunta 11.

Para o caso dos estudantes do 1º ano, eles tiveram apenas alguns meses de contato com esta área de conhecimento. Os estudantes do 1º ano, que realizaram a EDQ, destacaram que não estudaram Química no Ensino Fundamental como observamos na seguinte fala “No ano passado e nos outros, eu sempre estudei corpo humano nas aulas de Ciências com a minha professora” (E1A₁). Ratificando a fala de E1A₁, E2B₂ afirma que “nunca estudei Química na minha vida, Ciências que eu estudava nos outros anos era sobre o corpo humano e os vegetais” (E2B₁). Diante dessa realidade, mesmo assim eles afirmaram que a Química é difícil de compreender pelo pouco que já viram e não gostavam deste componente, e a EDQ ajudou esses discentes a compreenderem 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 nessa fala de E3C₁, além da importância da EDQ, a relevância da contextualização dos conteúdos, em que ambas (EDQ e Contextualização) auxiliaram esse estudante a mudar sua percepção da Química. Já para E2B₁, ele associa o seu gostar de vídeo games com a EDQ mudando sua forma de ver a Química, se nos games que ele joga têm poucos ou nenhum objetivo didático, na EDQ o objetivo principal foi a construção do conhecimento. Segundo E2B₁

Apesar de eu estar vendo Química somente agora no 1º ano já dá para perceber que ela é muito complicada e eu não gostava dela, mas alguns recursos podem ajudar a descomplicar como exemplo as aulas com EDQ, pois ficam parecidas com games como eu gosto de games logo passei a gostar de Química (E2B₁).

Para os estudantes do 2º ano, que de forma integral responderam sim à pergunta 11 afirmando que gostavam de Química, após a aplicação da EDQ eles afirmaram que passaram a gostar ainda mais do componente curricular Química, dentre alguns comentários discentes muitos deles convergiram para que a EDQ é um recurso que pode pelo menos chamar a atenção do estudante para o conteúdo da aula. Tal observação é identificada no relato “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 em “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).

Acredita-se que os aspectos curriculares podem ter afetado as respostas dos estudantes do 1º ano sobre a pergunta de número 11, pois eles tiveram pouco contato com Química fazendo-os terem dificuldades em opinar se gostavam ou não deste componente curricular. Através dos primeiros contatos deles com esta área de conhecimento, eles já disseram que não gostavam de Química, mas mesmo assim se dispuseram a participar da EDQ o que mudou suas opiniões sobre a Química conforme relatou E3B₁: “Uma matéria que nunca vi antes, 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). Na fala do estudante pode-se evidenciar dois aspectos relevantes, o primeiro se refere à não presença da Química nas disciplinas de Ciências em seu Ensino Fundamental e o segundo na importância da experimentação (seja presencial ou digital) para sua formação. Sobre o primeiro aspecto, mesmo o ensino fundamental apresentando pouco tempo de contato com as Ciências da Natureza, tendo em vista a carga horária de aulas de Ciências nesta etapa da educação básica, a condição adversa de tempo curto ainda pode

agravar-se mais com a implementação do novo ensino médio proposto pela BNCC, conforme Branco *et al.* (2018):

Lembrando que 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 N° 13.415/2017, somente Matemática e Língua Portuguesa serão disciplinas obrigatórias nos três anos do Ensino Médio. (BRANCO; BRANCO; IWASSE, ZANATTA, 2018, p. 62).

Os únicos componentes curriculares obrigatórios são apenas Matemática e Português (BRANCO *et al.* 2018) recaindo a possibilidade da Química estar condicionada à escolha do docente de Ciências da Natureza. Cabe salientar o encurtamento de tempo para o estudante cursar os componentes comuns do ensino médio, sendo este encurtamento justificado pela introdução dos itinerantes formativos que em muitas vezes as escolas não apresentam condições de infraestrutura para oferecê-los de modo adequado, ou seja, o estudante perde conteúdo e onde ele deveria ganhar formação específica, ele não a recebe, conforme Branco *et al.* (2018):

Além disso, cabe ressaltar que os estudos serão complementados por itinerários formativos, entre eles a formação técnica e profissional. Desse modo, possivelmente ocorrerá uma formação precária, primeiro, por ser “aligeirada”, segundo, porque grande parte das escolas não apresenta infraestrutura mínima adequada, e terceiro porque a Emenda Constitucional N° 95/2016 limita os gastos públicos por vinte anos, o que impediria altos investimentos necessários para adequar as escolas às novas demandas, devido aos novos arranjos curriculares, como os que estão sendo propostos. (BRANCO; BRANCO; IWASSE, ZANATTA, 2018, p. 62).

Em síntese, se para uma aula prática de Química comum muitas escolas não apresentam infraestrutura em seus laboratórios para que estes experimentos sejam realizados, provavelmente as formações técnicas no novo ensino médio passarão por dificuldades de execução em seu âmbito escolar, assim como muitos componentes poderão ter seu tempo ainda mais reduzido, dentre eles a Química que está inserida nas Ciências da Natureza, muito semelhante ao que já ocorre no Ensino Fundamental, e como pode-se perceber através dos relatos discentes da EDQ os estudantes do 1° ano tiveram dificuldades em criar opinião sobre a Química. Possivelmente com a BNCC eles poderão ter dificuldades em criar esta opinião mesmo após o ensino médio, pois poderão nem mesmo cursá-la nesta etapa da educação básica.

Para os estudantes do 2º ano, todos eles disseram que gostavam de Química onde a EDQ lhes proporcionou uma melhor percepção dessa área de conhecimento reforçando ainda mais o seu gostar de Química.

Por fim, acredita-se nas contribuições da EDQ atuando como recurso facilitador da compreensão e aprendizagem discente. Ademais, sendo um recurso didático digital a EDQ se mostrou capaz de proporcionar aos estudantes acesso aquelas atividades práticas de Química as quais normalmente a escolha do docente é de não realizá-las por demandarem muito esforço e tempo de sua parte.

3.4 Produto educacional (*E-Book*) para uma EDQ

Faz-se necessário que a Experimentação Digital de Química (EDQ) seja difundida no meio escolar, seja através das simulações presentes na pesquisa, seja com outras simulações presentes em outras plataformas e aplicativos, é preciso torná-la cada vez mais utilizada por aqueles que estão envolvidos no processo de ensino e aprendizagem desta área de conhecimento. Almejando-se buscar esta divulgação escolar, um recurso precisou ser desenvolvido em que o foco principal é disponibilizá-lo ao docente.

Este recurso é um material que foi produzido na pesquisa o qual pode ser caracterizado como um *E-book*⁷ cuja função é guiar o professor de Química do ensino médio de como ele deve utilizar a EDQ em suas aulas como um manual prático, independente dele ter tido acesso à pesquisa ou não. Entretanto, é preciso reconhecer as condições adversas na própria rotina do docente que podem fazer com que a EDQ tenha sua utilização cerceada ou até mesmo erradicada do ensino deste profissional, tornando-se uma ideia que apenas ficou limitada a uma pesquisa. A seguir, foram elaboradas as condições adversas que podem inibir a aplicação da EDQ e, em contrapartida, as características presentes no *E-book* que podem atenuar as possíveis condições adversas.

Quadro 7 – Condições adversas da aplicação da EDQ e característica do *E-book*

Característica inibidora	Característica do <i>E-book</i>
Professores com dificuldades em usar os <i>Smartphones</i> ou computadores e outros.	O <i>E-book</i> apresenta uma seção de como preparar os <i>Hardwares</i> para a EDQ.
Docentes que não conhecem a plataforma PhET Colorado ou com dificuldades em realizar o <i>Download</i> do aplicativo.	A plataforma é apresentada bem como o <i>download</i> de seu aplicativo, basta o docente seguir as etapas do manual.

⁷ Este *E-book* se configura como o produto educacional desta pesquisa.

Escolas com infraestrutura inadequada dificultando assim a aplicação da EDQ pelo professor.	As rotas de aplicação da EDQ são apresentadas no <i>E-book</i> , dando ao docente a escolha dentre elas.
Dinâmica da aula do docente com a EDQ sem direcionamento adequado quanto às especificidades de Química.	O <i>E-book</i> contém os momentos de cada aula ofertando um direcionamento à dinâmica da EDQ.
Docentes avaliarem a EDQ factível, mas laboriosa devido à sua rotina de aula.	O objetivo essencial do manual é promover facilidade ao professor em realizar suas aulas práticas.
Docentes não adeptos a algum tipo de mudança em suas aulas.	O <i>E-Book</i> tem na sua introdução a função de linguagem conativa ⁸ , que pode fazer o docente reavaliar seus conceitos.

Fonte: dados da pesquisa,

O produto educacional (*e-book*) foi desenvolvido para professores do ensino médio que em sua grande maioria poderão se deparar com as adversidades apresentadas no Quadro 7, quando ele for aplicar a EDQ. Logo, o propósito primordial foi buscar tratar destas características inibidoras de realização da EDQ almejando uma melhor adesão da intervenção didática por estes profissionais que vivenciam em sua rotina tais adversidades, para a minoria que se desvia dessas adversidades presentes no Quadro 7, a aplicação da EDQ configura-se com altas chances de ser realizada sem empecilhos.

Vale destacar que o produto educacional indica a plataforma *PhET Colorado* para a realização das atividades práticas digitais na qual suas simulações têm relação com alguns temas frequentes abordados na educação básica, portanto também é dado dicas de como e quando aplicar a EDQ nas recorrentes aulas de Química em suas especificidades.

No *E-book* há quatro temas voltados ao ensino médio (Análise de pH, Concentração molar, Estados da matéria e Estudos dos Gases) sendo três do 1º ano (Análise de pH, Estados da matéria e Estudos dos Gases), e um do 2º ano (Concentração molar). Esses temas são frequentemente abordados pelos professores no ensino médio e estão presentes nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco (PCPE) documento este cuja função é nortear o docente quanto aos temas de Química abordados (PCPE, 2013).

A EDQ referente ao conteúdo de Análise do pH, tema do 1º ano, presente no *E-book* requer que o estudante interaja com as simulações na seção ações discentes de modo que ele compreenda como a concentração de uma mistura pode ser mensurada em diversas escalas,

⁸ “[...] ou apelativa. Está centrada na 2ª pessoa (tu). É dirigida ao receptor com o objetivo de influenciá-lo a fazer ou a deixar de fazer alguma coisa. Expressa-se através de vocativo e do imperativo [...]” (MAIA, 2003, p. 33).

dentre essas escalas está a do pH embasada na concentração de íons H^+ presente na solução. Cada mistura apresentada na plataforma terá um valor de pH inicial, conforme o estudante perturba o sistema na simulação, o valor sofrerá alteração.

A EDQ Estados da matéria, assunto do 1º ano, mostra ao estudante como é o comportamento molecular da matéria em termos energéticos nos seus três estados fundamentais: sólido, líquido e gasoso. Nesse contexto, o estudante é convidado a alterar esses sistemas por meio da variação de temperatura.

A EDQ Estudos dos Gases, tema do 1º ano, tem como ações discentes as interferências externas de temperatura, volume provocadas pelas interações digitais dos estudantes no sistema que possui uma amostra de gás “aprisionado” em um volume. Uma vez exercendo essas ações, estes estudantes podem confirmar a equação geral dos gases (com algumas admissões referentes ao número de mols do gás ali “aprisionado”) e a equação de Clapeyron do gás ideal.

A EDQ Concentração molar, tema do 2º ano, coloca o estudante na condição de analista, onde ele terá que manipular cada mistura e calcular cada concentração molar das mais variadas soluções que ele mesmo fez, podendo alterar o sistema com adição ou vaporização de água percebendo se a amostra teve o seu valor de concentração alterado.

O E-book tem como objetivo buscar dar suporte a determinados conteúdos presentes nos PCPE. Análogo a um livro didático, porém objetivando exclusivamente a experimentação digital do componente curricular Química, o E-book pode ser caracterizado como uma cartilha de instruções voltadas aos quatro (4) temas selecionados na pesquisa, porém dando a possibilidade ao docente, o qual se dispuser a adotá-lo, selecionar outros temas presentes na plataforma onde ele pode seguir apenas a parte de preparo da aula.

Por fim, o *E-book* está divulgado na plataforma da EduCAPES, no site do LEUTEQ (www.leuteq.ufrpe.br) e no site do PROFQUI (www.profqui.ufrpe.br). Além do recurso de plataformas educacionais para divulgação do produto educacional, outros métodos secundários de exposição deste material foram adotados de modo que os professores tenham mais facilidade em acessar o guia prático da EDQ. Dentre estes métodos, a divulgação do E-book em grupos de *Whatsapp* onde alguns professores da Secretária de Educação e Esportes de Pernambuco (SEE-PE) fazem parte, um destes grupos o qual há mais facilidade em realizar a divulgação é o grupo de *Whatsapp* formado pelos professores de Química da

Gerência Regional Metropolitana Sul (GRE–Metro Sul)⁹ onde há um total de 160 profissionais incluídos neste grupo, havendo também a possibilidade de divulgação deste E-book nos demais grupos de professores de outras GRE constituintes da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco.

⁹Gerência regional composta por escolas das cidades pernambucanas: Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Ipojuca, Jaboatão dos Guararapes, Moreno e São Lourenço da Mata, conforme a Secretaria de Educação de Pernambuco (SEE-PE). No total, existem dezesseis GRE que abrangem todas as cidades do estado de Pernambuco.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) como recursos bastante acionados ao viver social contemporâneo, elas podem promover melhorias nos mais diversos aspectos da vida contemporânea; em termos de comunicação, elas facilitam o diálogo entre pessoas de idiomas diferentes através dos mais diversos aplicativos de tradução de linguagens, além de aproximar estas pessoas onde na maioria das vezes estão longe uma da outra tornando assim o mundo menor. No aspecto da informação, se antes um acontecimento levava meses para seus desdobramentos percorrerem o globo, atualmente as coisas ocorrem concomitante à divulgação de suas informações, tudo em tempo real devido aos avanços tecnológicos decorridos. As atividades de rotina voltadas à educação do homem contemporâneo podem ser facilitadas com o advento das TDIC em uma escola, pode-se ter como exemplo as bibliotecas virtuais que estão se tornando cada vez mais frequentes no meio escolar. O mesmo é válido para melhorar o ensino de determinados componentes curriculares utilizando-se das TDIC, a Química pode ter muitos de seus aspectos melhorados com a utilização dessas ferramentas contemporâneas, um destes aspectos é a experimentação.

Sendo assim, esta pesquisa buscou analisar a realização de aulas práticas digitais de Química por estudantes do ensino médio de uma escola estadual no município do Cabo de Santo Agostinho em Pernambuco, bem como avaliar a viabilidade que pode existir ao se realizar uma atividade prática digital em uma Unidade de Ensino onde não há condições de infraestrutura adequadas para a execução de uma atividade prática comum no laboratório. Observando que as TDIC facilitam nas mais diversas ações humanas, buscamos analisar se em aulas experimentais digitais de Química, as TDIC também podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem.

Destarte, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar as percepções de estudantes do ensino médio na utilização de atividades envolvendo a experimentação digital de Química. Para isso, foi preciso criar uma condição de vivência em aula de modo que os estudantes pudessem opinar sobre suas impressões referentes às atividades. Para construir essa vivência, fez-se necessário estabelecer uma prática real onde os estudantes pudessem interagir com as TDIC e a partir dessa situação opinar sobre a EDQ.

Diante disso, o planejamento da execução da EDQ iniciou com a escolha dos temas inerentes a cada EDQ combinando-os com suas respectivas séries e turmas, de modo a

permitir que a intervenção didática fosse aplicada em conformidade com os temas de Química que estes estudantes estavam estudando. Já em termos de equipamentos e suportes, diante da situação encontrada na escola campo de aplicação da EDQ, foi designada a Rota 1 (a qual leva em consideração o espaço escolar com computadores propícios à aplicação da EDQ).

Nesse sentido, inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico, utilizando a plataforma Sucupira para investigar artigos em revistas que possuem discussões sobre a EDQ entre os anos de 2011 a 2020. Neste levantamento, foram constatados poucos estudos com temas semelhantes à EDQ, somente quatro deles (três nacionais e um chileno) estiveram próximos à temática da pesquisa, porém mesmo assim alguns apresentavam uma moderada distância de foco da EDQ. Dentre estes artigos, o que mais se aproximou do que a EDQ propõe foi o artigo estrangeiro que tratava sobre experimentação de Ciências realizada em um laboratório *online* virtual presente em um site chileno. Muito semelhante ao que a EDQ propôs, a intervenção didática chilena coloca o estudante para realizar atividades práticas digitais em consonância com as atividades teóricas de sala de aula, contudo, na EDQ tem-se a possibilidade do uso de aplicativos *off-line* dando condições às escolas sem acesso à WEB de se integrarem com as aulas práticas digitais propostas na pesquisa. Já a atividade do artigo chileno só possibilita se o acesso fosse *online* através da plataforma *yenka.com* que contém experimentos com roteiros pré-programados. Com o levantamento bibliográfico foi possível constatar a ausência de estudos semelhantes à EDQ no Brasil, o que evidenciou uma lacuna nesta área.

Em relação ao objetivo de identificar aplicativos para dispositivos móveis que permitam a realização de uma aula experimental no ensino de Química, os resultados mostraram que muitos aplicativos não atendiam ao propósito da pesquisa (colocar o estudante como protagonista da construção de seu próprio conhecimento através da utilização da experimentação digital, oferecendo-lhe as mais variadas possibilidades de interagir com simulações experimentais). Diante disto, apenas quatro aplicativos foram baixados, por atenderem aos critérios pré-definidos, sendo que apenas um foi escolhido por atender às especificidades da pesquisa (Lab. de reações, Chem Lab, Lab de misturas e o *Virtual Science Lab*, sendo este último o escolhido para a EDQ). Neste contexto, a possibilidade de ter um aplicativo capaz de simular atividades experimentais de Química de maneira digital, quer seja *off-line* ou *online*, possibilitou a realização da EDQ independente das condições de infraestrutura da Unidade Escolar. Para a realização da EDQ foi

selecionada a plataforma *online* ao invés do aplicativo uma vez que a escola oferecia condições para sua utilização.

Em relação as concepções dos estudantes do ensino médio sobre uma aula experimental de Química associada às TDIC realizamos uma investigação prévia em sala de aula referente às concepções dos discentes sobre uma aula digital para posteriormente avaliar as percepções discentes através das EDQ que foram aplicadas em cada turma. Realizadas as EDQ no laboratório de informática da Unidade de Ensino, investigou-se as concepções dos estudantes sobre a aula prática experimental a partir da intervenção didática com o uso do aplicativo.

Destaca-se que além das percepções discentes terem sido quase integralmente positivas para a EDQ (de acordo com os relatos dos discentes), uma outra característica foi observada durante a atividade, a adesão da EDQ pelos discentes promoveu uma melhoria no coeficiente de rendimento escolar daqueles estudantes que se dispuseram a participarem da EDQ em relação aos não optantes por participar da pesquisa, através do acesso ao boletim escolar do ano de letivo de 2021 destes 15 estudantes participantes da pesquisa, foi constatado que eles vinham apresentando notas baixas em Química no caso dos estudantes do segundo ano, e em Ciências no caso dos estudantes voluntários do primeiro ano. A parcela de estudantes voluntários da pesquisa que tiveram notas na média escolar ou acima dela (a média escolar é 6 pontos, conforme a SEE-PE) foi em torno de 86,6% nas provas bimestrais de Química, enquanto se forem juntados todos os estudantes não participantes da pesquisa em todas as turmas que tiveram estudantes voluntários, ou seja, os estudantes não participantes das turmas do 1º ano A, 1º ano B, 1º ano C e 2º ano A, e for feito uma comparação dentre eles qual parcela ficou na média, os números revelaram que 92% deles ficaram com notas abaixo da média e os demais, ou na média ou um pouco acima dela.

Existem dois efeitos comparativos nesta observação: o primeiro está atrelado ao aumento das notas daqueles que se dispuseram a participar da pesquisa em relação ao ano anterior e o segundo resulta da comparação entre as notas bimestrais entre os estudantes voluntários e os estudantes que optaram por não participar. Conjectura-se de que esta intervenção didática embasada na EDQ pode ter melhorado o coeficiente de rendimento escolar dos estudantes voluntários; no entanto, não é possível afirmar categoricamente que a EDQ foi responsável pelas melhorias na qualidade da aprendizagem dos estudantes envolvidos, embora há indícios de sua contribuição.

A partir destes dados foi possível perceber que o ensino unicamente tradicional, como o que ocorreu com os estudantes não optantes da EDQ destas séries escolhidas que tiveram somente o ensino com lousa e piloto, pode ter ocasionado em resultados baixos na aprendizagem dos envolvidos. Uma provável realidade da educação no Brasil se relaciona com o tipo de infraestrutura escolar que, por vezes, desmotiva o docente a realizar outras metodologias de ensino (mantendo-se em aulas estritamente tradicionais expositivas e não dialogadas). Para o caso da infraestrutura escolar inadequada à 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 gradual, referindo-se aos grupos de estudantes que se dispuseram a participar da EDQ, pois houve estudantes que não optaram em participar das aulas digitais, todavia este desdobramento foi relevante porque deu margem a efeitos comparativos entre os índices de proficiência na avaliação bimestral daqueles que realizaram a EDQ e os que permaneceram no sistema comum de ensino. Para os grupos de estudantes participantes da pesquisa, foi perceptível a evolução de interesse deles com o desenvolvimento das aulas, se a princípio em sala de aula até os participantes da EDQ hesitaram em aderir à intervenção didática; ao término das aulas apoiadas na experimentação digital, estes mesmos estudantes queriam que os experimentos digitais fossem aplicados em todos os conteúdos de Química do ano letivo de 2022. Cabe salientar que foi constatado também o interesse de alguns estudantes não optantes por participarem inicialmente da pesquisa e que ficaram com as aulas comuns, em participarem da EDQ após o término da intervenção.

No que diz respeito ao quarto objetivo, que tinha como finalidade de difundir a Experimentação Digital de Química, a ação consistiu em elaborar um E-book com os detalhes de como organizar um EDQ considerando os mais adversos contextos escolares. Para a produção do E-Book, foi criado um manual de instruções com os detalhes de planejamento e execução da EDQ. O E-book leva em consideração as características técnicas de recursos materiais provenientes da escola, definindo rotas de preparação da EDQ cujo propósito é prever as possíveis dificuldades que o docente pode ter ao preparar uma aula experimental de Química através das TDIC. No que se refere às especificidades do conteúdo de Química, o guia sugere que as EDQ sejam aplicadas em aulas posteriores às aulas comuns de classe, servindo assim como complemento da teoria.

Consideramos que os resultados da pesquisa são representativos, dando margem para pesquisas futuras aplicarem a EDQ em outras escolas (particulares ou públicas), de

modo que possa contribuir para o ensino de Química em escolas do nível médio. Ademais, a partir das inquietações do docente que se têm os primeiros passos para haver mudanças efetivas no processo de ensino e aprendizagem. O professor em tempos atuais deve questionar-se como está a sua didática e o que ele pode fazer para auxiliar na construção do conhecimento de seus discentes.

Esperamos que com o desenvolvimento e efetivação da pesquisa, sejam ampliadas as possibilidades da EDQ na educação básica, principalmente, em locais que não há materiais e infraestrutura adequados para realizar uma atividade experimental. As simulações embasadas nas TDIC podem configurar-se como agentes provedores de vivência daquela situação, ou até mesmo quando há possibilidades de vivência real, as simulações ainda podem se configurar como atividades de ensaios para melhorar a situação real, sem perder seu significado neste último caso.

Por fim, acreditamos que esta pesquisa, com o seu respectivo produto educacional, possibilitará a mais professores, que estão se sentindo incomodados com a falta de aulas experimentais na Química e que não dispõem de ambientes específicos para a prática experimental (fato observado em muitas escolas Brasileiras), de modo que eles possam fazer uso da Experimentação Digital na Química em suas práticas pedagógicas. É a partir de pequenas ações que se chega a grandes conquistas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. J.; VALENTE, J. A. **Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?** São Paulo: Paulus, 2011.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Atlas, 2010.
- ARAÚJO, A. C. F; FELIX, M. E. O; SILVA, G. N. Relato das dificuldades em aprender química de alunos da educação básica de uma escola pública de campina grande. VII encontro de iniciação à docência da UEPB – **VII encontro de professores da educação básica.** Universidade Estadual da Paraíba. 2019.
- ARAÚJO, M. S. T de, & ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques. Diferentes finalidades, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, p. 176–194, 2003.
- BACHELARD, G. **A epistemologia, o saber da filosofia.** Lisboa, Portugal: Edições 70 Lda, 2006.
- BARATIERI, S. M.; BASSO, N, R, S; BORGES, R, M, R; ROCHA FILHO, J, B. **Opinião dos estudantes sobre a experimentação em química no ensino médio.** Experiências em Ensino de Ciências. v. 3, p. 19–31, 2008.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa. Edições 70. 2008.
- BARRA, D. C. C.; PAIM, S. M.; DAL SASSO, G. T. M.; COLLA, G. W.; **Métodos para o desenvolvimento de aplicativos móveis em saúde: revisão da literatura.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2014.
- BERTON, A. N. B. A didática no ensino da química. EDUCERE – **III Congresso Nacional da Educação.** Pontífca Universidade Católica do Paraná, 2015.
- BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** Rio de Janeiro: Biruta, 2009.
- BRANCO, E. P.; BRANCO, A. B. G.; IWASSE, L. F. A.; ZANATTA, S. C. Uma visão crítica sobre a implantação da base nacional comum curricular em consonância com a reforma do ensino médio. **Revista debates em educação.** v. 10. n. 01, p. 47-70. 2018.
- BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9.394/1996.** Brasília. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acessado em 09 de out. de 2021.
- BRASIL, MEC PCN's – **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Ensino Médio e Fundamental. Brasília: SEF/MEC, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acessado em 09 de out. de 2021.

BRASIL, MEC PCN's+ – **Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ensino Médio e Fundamental. Brasília: SEF/MEC, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acessado em 09 de out. de 2021.

BUENO, R. W. S.; BALLEJO, C. C.; VIALI, L. Entrando na zona de risco: utilizando as TDIC para ensino e aprendizagem de conceitos de estatística descritiva. **ReviSeM – Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática**. n. 01, p. 71 – 88, 2020.

CAAMAÑO, R. A. Experiências, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? **Alambique: didáctica de las ciencias experimentales**, n. 39, p. 8–19, 2004,

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CASTELEINS, V. L. **Dificuldades e benefícios que o docente encontra ao realizar aulas práticas de Química**. X congresso nacional da educação – EDUCERE, Universidade Católica do Paraná. 2011.

CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. M. M. O conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo (TPACK) na formação inicial do professor de matemática. (**VII Encontro da Produção Científica e Tecnológica – EPCT**). Universidade Estadual do Paraná. 2008.

COSTA, F. R. S.; ZANIM, A. P. S.; OLIVEIRA, T. A. L.; ANDRADE, M. A. B. S. As visões distorcidas da Natureza da Ciência sob o olhar da História e Filosofia da Ciência: uma análise nos anais dos ENEQ e ENEBIO de 2012 e 2014. Acesso: 22 de nov. de 2021. Docência em Ciências. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>

ESTEVAM, R. S.; PEREIRA, S. F. P.; SANTOS, D. C.; COSTA, H. C, **Produção e avaliação de um aplicativo móvel para ensino de química ambiental**. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 17. n. 38. 2021.

FRANCKLIN. A; LOURENCETTI, G, C; O (não) uso dos tablets educacionais pelos professores da rede pública estadual mineira. **Revista Educação, Formação e Tecnologia**, v. 9, p. 40–57.

GIL. A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GUIMARÃES, O. M. **Atividades lúdicas no ensino de química e a formação de professores**. PROJETO PRODOCÊNCIA 2006 – MEC/SESU – DEPEM. UFPR. 2006.

HODSON, D. **Experimentos na ciência e no ensino de ciências**. Educational Philosophy and Theory. Departamento de Educação Universidade de Auckland Auckland, Nova Zelândia, 1988.

HORN, M; STAKER, H. **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

HONORATO, C. A.; DIAS, K. K. B.; DIAS, K. C. B.; Aprendizagem significativa: uma introdução à teoria. Pires do Rio, Goiás, 2018.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2015.

LAHM, R. A.; SANTOS JR, D. N. **A tecnologia: algumas reflexões socioespaço-temporais**. Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2007.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

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

LEITE, B. S. Aplicativos para a aprendizagem móvel no ensino de Química, **Revista Ciência em Foco**. n. 020013, p. 1–21, 2020.

LEITE, B. S. Aprendizagem Tecnológica Ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 4, n. 3, p. 580–609, 2018.

LEITE, B. S. **Tecnologias digitais na educação: da formação à aplicação**. São Paulo, Livraria da física, 2022.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias do Ensino de Química. **Revista espaço acadêmico**, n. 136, 2012. UFPR – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, 2011.

LISBOA, J. C. F. QNESC e a seção experimentação no ensino de Química. **Química Nova Na Escola**, v. 37, n. 2, p.198–202, 2015.

MACENO, N. G.; GUIMARÃES, O. M.; **A Inovação no Ensino de Química: propostas e recomendações para sua melhoria**.

MACHADO, D. Q.; MATOS, F. R. N.; PINHEIRO, L. V. S. Barreiras ao pensamento e ao conhecimento científico: um debate sobre os ídolos do intelecto de Francis Bacon e os obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard. **Revista Contemporânea de Economia e Gestão**. v. 11, n. 1, p, 39-49, 2013.

MAIA, C.; MATTAR, J. O ABC da EAD: **a educação a distância de hoje**. São Paulo: Makron Books, 2007.

MAIA, J. D. **Português**. São Paulo: Ática, 2003.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. New York, USA: Cambridge University Press, 2001.

MANZINI, E. J. A entrevista na pesquisa social. *Didática*, São Paulo v. 26/27, p. 149-158, 1990/1991.

MAZALLA JÚNIOR, W. **Introdução à química**. Campinas: Átomo, 2006.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MONTEIRO, I. G. S.; SALES, E. S.; LIMA, K. S. **Experimentos em sala de aula: minimizando barreiras no ensino da química** (VII Colóquio internacional São Cristóvão, educação e contemporaneidade). Sergipe, p. 1-8, 2013.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: Novos desafios e como chegar lá**. Campinas: Papirus, 2007.

NETO, S. S.; LIMA, A. F.; **O uso do laboratório nas aulas de Ciências e Biologia nas escolas de educação básica**. 14^a Congresso Nacional de Iniciação Científica – CONIC – SEMESP. Universidade Anhanguera de São Paulo. 2014.

NOVAIS, R. M. **Experimentação no ensino de Química: analisando reflexões de licenciandos durante uma disciplina de prática de ensino**. Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – ReLAPEQ. 2018.

OLIVEIRA, C. T. C., **Novas Tecnologias Aplicadas à Educação**. Ed. Única. Editora SENAC. São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, Shismênia. **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em Leitura, Matemática e Ciências no Brasil**. Ministério educação – MEC, governo federal. 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 05 ago. 2021.

PEREIRA, B. T.; FREITAS, M. C. D. O uso das tecnologias da informação e comunicação na prática pedagógica da escola. UFPR. 2010.

PEREIRA, T. C.; SOUSA FILHO, L. B.; NASCIMENTO, R. C. C. S.; NUNES, V. D. B.; O uso de aplicativos móveis no ensino de Química. V Congresso Internacional das Licenciaturas COINTER – PDVL. UFPI. 2018.

PAULA, H. F. **Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 17, n. 1, p. 75–103, 2017.

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: Acessado em 09 de out. de 2021.

PUCHOLOBEK, G.; POSSEBON, R. C.V. Modelagem no ensino de química e perspectivas dentro do estágio supervisionado. In. VOIGT, C. L (Org.). **O ensino de Química**. Ponta Grossa: Atena, 2019.

REIS, R. S.; LEITE, B. S.; LEÃO, M. B. C.; Percepções sobre a incorporação das TIC em cursos de licenciatura em Química no Brasil. **Revista Debates em educação**. Volume 11. Número 23. UFAL. 2019.

ROEHRIG, G. A. S.; ASSIS, K. K.; CZELUSNIAKI, S. M. **A Abordagem CTS no Ensino de Ciências: Reflexões sobre as Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná**. UFPR. 2011.

SCHLEMMER, E; BACKES, L. METAVERSOS: novos espaços para construção do conhecimento. **Revista diálogo educação**. v. 8, n. 4, p. 519-532. 2008.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova Na Escola**, v. 25, n. 1, p.14–24, 2002.

SEE-PE, Secretaria de Educação e Esporte do estado de Pernambuco: Disponível em: <http://www.educacao.pe.gov.br/portal/> acessado em 05 de junho de 2021.

SILVA, Y. M.; FARIAS, S. L.; LIRA, M.; **A importância da utilização dos experimentos demonstrativos nas aulas de química** (IV Congresso Nacional da Educação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. 2017.

SUART, R. C. **A experimentação no ensino de Química, conhecimento e caminhos**. In E, M, de Santana & E. L da Silva (Eds), **Tópicos em ensino de Química**. São Carlos; Pedro & João Editores, p. 63–65, 2014.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de Química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n, 1, p, 50–74, 2009,

TOLEDO, P. B. F.; ALBUQUERQUE, R. A. F.; MAGALHÃES, A. R. **O Comportamento da Geração Z e a Influência nas Atitudes dos Professores**. IX Simpósio de excelência em gestão e tecnologia – UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso. 2012.

VOIGT, C. L. **O ensino de Química**. Ed. única. Editora Atena. Ponta grossa, 2019.

WILLIAMS, M. K. **John Dewey in the 21st Century**, University of West Florida, USA, 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TALE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MENORES DE 7 a 18 ANOS)

OBS: Este Termo de Assentimento para o menor de 7 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.

Convidamos você _____, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE A EXPERIMENTAÇÃO DIGITAL DE QUÍMICA: POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DIGITAIS. Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador (a): Douglas Lopes de Lira, residente na Avenida José Duarte Aguiar, número 492, 54517-505, Garapu. Cabo de Santo Agostinho – PE. Telefone: (81) 9 8699-4506. E-mail: douglas.lira@ufrpe.br. Esta pesquisa está sob a orientação de: Prof. Dr. Bruno Silva Leite Telefone: (81) 9 9725-9429, e-mail: brunoleite@ufrpe.br

Você será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsável possam guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse

consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa:** A pesquisa busca trazer melhorias na qualidade do ensino através das respostas obtidas na abordagem feita nas aulas, serão entrevistados os estudantes do 1^a ano e 2^a do ensino médio buscando evidenciar suas percepções acerca de experimentos digitais de Química; para isso, estes estudantes serão direcionados ao laboratório de informática da escola estadual Madre Iva Bezerra de Araújo onde realizarão uma sequência didática. Estes estudantes poderão ficar em um grupo de controle tendo em vista que possivelmente as turmas pesquisadas não haverá a participação dos estudantes de forma integral.
- **RISCOS diretos para os voluntários:** Os prejuízos ou constrangimentos aos voluntários são inerentes à divulgação de sua identificação. No entanto, o sigilo da identificação será a premissa mais relevante da pesquisa onde apenas as iniciais dos nomes dos estudantes serão apresentadas.
- **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários:** Como benefícios da pesquisa uma vez constatada que a experimentação digital pode trazer mais praticidade em aulas, provavelmente os estudantes assim como os professores serão contemplados com uma educação de Química mais eficiente em termos de aprendizagem;

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (**gravações, entrevistas, fotos, filmagens, etc**), ficarão armazenados em (**Ex. pastas de arquivo, computador pessoal**), sob a responsabilidade do (**pesquisador Orientador**), no endereço (**acima informado ou colocar o endereço do local**), pelo período mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar

do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

Assinatura do pesquisador (a)

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar do estudo **PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE A EXPERIMENTAÇÃO DIGITAL DE QUÍMICA: POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DIGITAIS:** como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data _____

Assinatura do (da) menor: _____

Impressão Digital (opcional)

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – TCLE**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO****DEPARTAMENTO DE QUÍMICA****MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS)**

Solicitamos a sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho (a) _____ (ou menor que está sob sua responsabilidade) para participar, como voluntário (a), da pesquisa (título completo da pesquisa).

Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador (a): **Douglas Lopes de Lira, residente na Avenida José Duarte Aguiar, número 492, 54517-505, Garapu. Cabo de Santo Agostinho – PE. Telefone: (81) 9 8699-4506. E-mail: douglas.lira@ufrpe.br.** Esta pesquisa está sob a orientação de: **Prof. Dr. Bruno Silva Leite** Telefone: (81) 9 9725-9429, e-mail: brunoleite@ufrpe.br

O/a Senhor/a será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida a respeito da participação dele/a na pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e o/a Senhor/a concordar que o (a) menor faça parte do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo de consentimento lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O/a Senhor/a estará livre para decidir que ele/a participe ou não desta pesquisa. Caso não aceite que ele/a participe, não haverá nenhum problema, pois desistir que seu filho/a participe é um direito seu. Caso não concorde, não haverá penalização para ele/a, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa:** **Descrição da pesquisa:** A pesquisa busca trazer melhorias na qualidade do ensino através das respostas obtidas na abordagem feita nas aulas, serão entrevistados os estudantes do 1^a ano e 2^a do ensino médio buscando evidenciar suas percepções acerca de experimentos digitais de Química; para isso, estes estudantes serão direcionados ao laboratório de informática da escola estadual Madre Iva Bezerra de Araújo onde realizarão uma sequência didática. Estes estudantes poderão ficar em um grupo de controle tendo em vista que possivelmente as turmas pesquisadas não haverá a participação dos estudantes de forma integral.
- **Esclarecimento do período de participação da criança/adolescente na pesquisa, local, início, término e número de visitas para a pesquisa.** Em caso de pesquisa onde a criança/adolescente está sob qualquer forma de tratamento, assistência, cuidado, ou acompanhamento, explicar procedimentos, intervenções ou tratamentos a que será submetido e quais os métodos alternativos (atualmente empregados no atendimento aos pacientes que não estão em pesquisas).
OBS: Em caso de coleta de material biológico esclarecer com detalhes a quantidade e procedimentos para sua obtenção (Ex.: serão colhidos 20ml de sangue – 1 colher das de sopa – por punção de veia do braço).
- **RISCOS diretos para o responsável e para os voluntários** Os prejuízos ou constrangimentos aos voluntários são inerentes à divulgação de sua identificação. No entanto, o sigilo da identificação será a premissa mais relevante da pesquisa onde apenas as iniciais dos nomes dos estudantes serão apresentadas.
- **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.** Como benefícios da pesquisa uma vez constatada que a experimentação digital pode trazer mais praticidade em aulas, provavelmente os estudantes assim como os professores serão contemplados com uma educação de Química mais eficiente em termos de aprendizagem;

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do/a voluntário (a). Os dados coletados nesta pesquisa (**gravações, entrevistas, fotos, filmagens, etc**), ficarão armazenados em (**pastas de arquivo, computador pessoal**), sob a responsabilidade do (**pesquisador Orientador**), no endereço (**acima informado ou colocar o endereço do local**), pelo período mínimo de 05 anos.

O (a) senhor (a) não pagará nada e nem receberá nenhum pagamento para ele/ela participar desta pesquisa, pois deve ser de forma voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação dele/a na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento com transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, (ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br .

Assinatura do pesquisador (a)

CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO DO/A VOLUNTÁRIO

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, responsável por _____, autorizo a sua participação no estudo ____, como voluntário(a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de seu acompanhamento/ assistência/tratamento) para mim ou para o (a) menor em questão.

Local e data _____

Assinatura do (da) responsável: _____

Impressão

Digital

(opcional)

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do voluntário em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

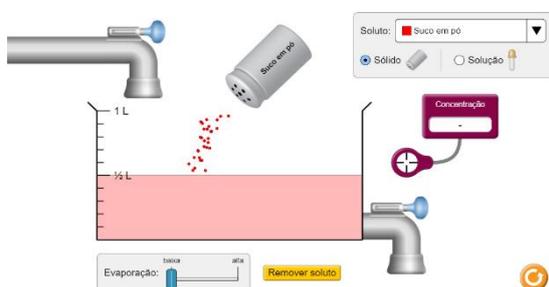
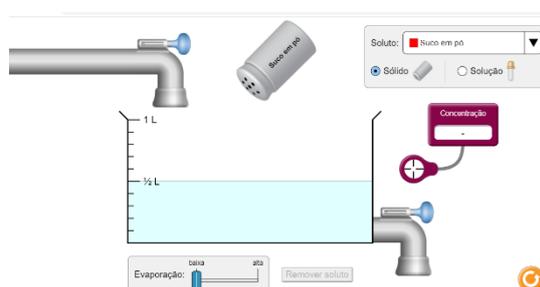
APÊNDICE C – Relação das atividades em classe

Aula Concentração molar.

Com os computadores no laboratório de informática promovendo o acesso ao site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html&sort=alpha&view=grid, os estudantes do 2^a ano que estarão na pesquisa necessitarão de uma tabela periódica, a partir deste momento eles realizarão as seguintes ações:

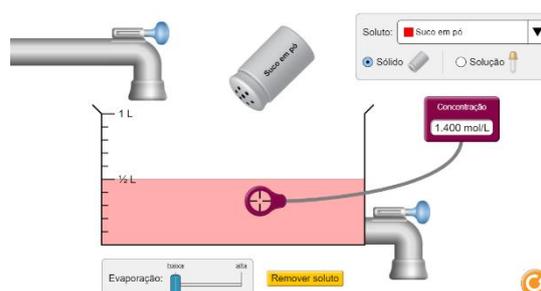
Momento 1 – Ações discentes.

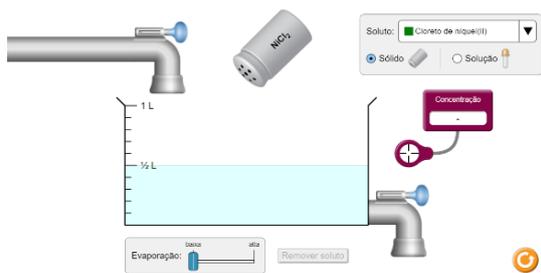
1.1.. No aplicativo ou site, encher o recipiente com um volume exato de água igual a 0,5 litros;



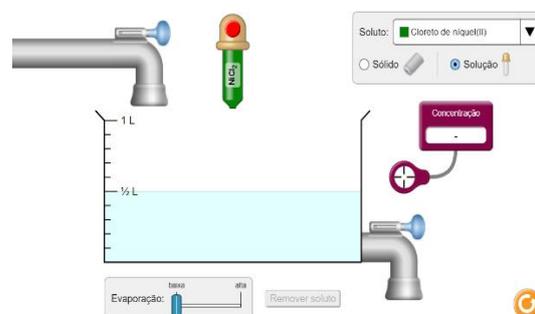
1.2. Tocar no “suco em pó” e adicionar uma quantidade qualquer de um dos sais sólidos;

1.3. Colocar o aparelho que mede a concentração molar e anota este valor;

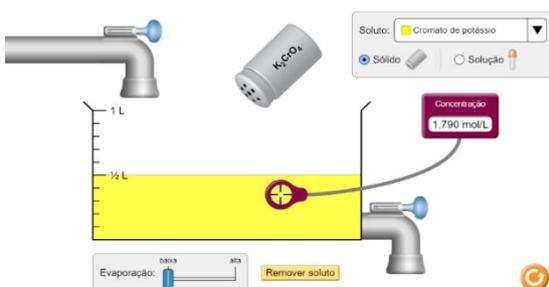




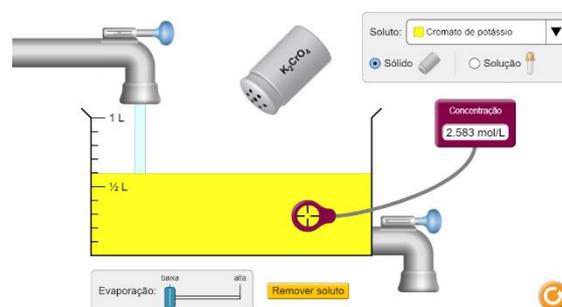
1.4. Descartar a amostra e realizar as 3 etapas anteriores com um outro sal sólido;



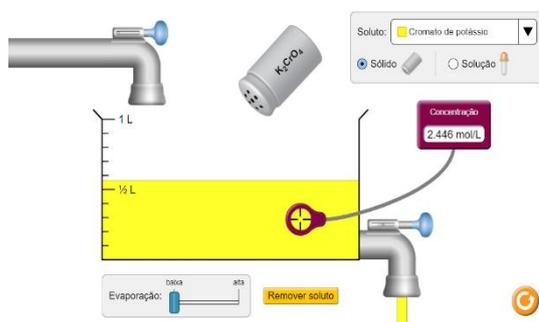
1.5. Descartar a amostra e realizar as 3 primeiras etapas com um outro soluto que esteja no estado líquido (é possível mudar no aplicativo, basta sair do “sólido” e ir para “solução”).



1.6. Criar uma nova solução seja com soluto sólido ou líquido, colocar o aparelho que mede a concentração molar;

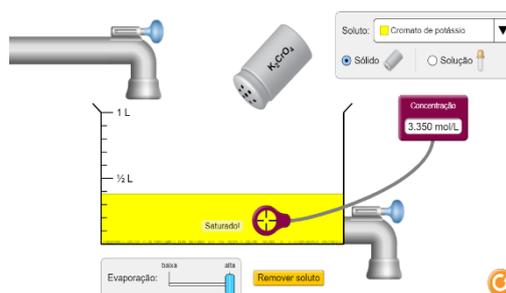


1.7. Abrir a torneira de cima e observar o que ocorre com a concentração inicial;



1.8. Abrir a torneira de baixo e observar o que ocorre com a concentração inicial;

1.9. Ligar o sistema de evaporação de solvente (água) e observar o que ocorre com a concentração inicial;



Após a realização das ações discentes, faz-se necessário um retorno do que eles aprenderam com a EDQ. Através de uma avaliação somativa, aplica-se uma atividade escrita no caderno ou outrem a qual eles respondam as seguintes perguntas.

Momento 2 – perguntas avaliativas.

2.1 – Quanto foi a concentração molar da primeira solução criada?

2.2 – Quanto de massa de soluto sólido foi adicionada nesta primeira solução?

2.3 – Quanto foi a concentração molar da segunda solução criada?

2.4 – Quanto de massa de soluto foi adicionada nesta segunda solução?

2.5 – Quanto foi a concentração molar da terceira solução criada?

2.6 – Admitindo que a densidade do soluto líquido desta solução seja de 1g/mL, quanto de massa de soluto foi adicionada nela?

2.7 – Quando a torneira superior foi aberta, ocorreu alguma alteração na concentração molar da quarta solução? Em caso afirmativo, ela aumentou ou diminuiu? Explique o porquê.

2.8 – Quando a torneira inferior foi aberta, ocorreu alguma alteração na concentração molar da quarta solução? Em caso afirmativo, ela aumentou ou diminuiu? Explique o porquê.

2.9 – Quando se ligou o sistema de evaporação da água, ocorreu alguma alteração na concentração molar da quarta solução? Em caso afirmativo, ela aumentou ou diminuiu, explique o porquê.

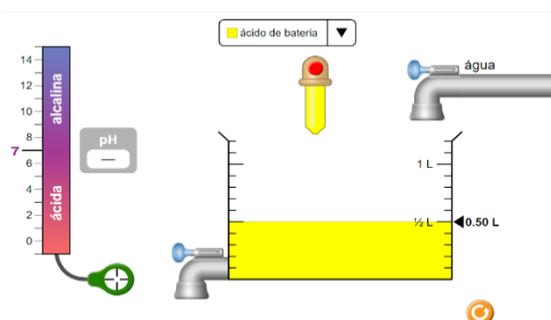
2.10 – As soluções estão muito presentes no setor medicinal, desde uma solução de soro fisiológico até as mais complexas anestésias. Sendo assim, é possível em uma solução aumentar a concentração delas, sem adicionar mais soluto? Justifique.

Aula Escalas de pH

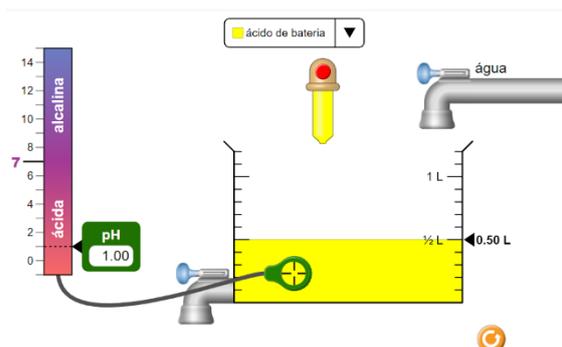
Com os computadores no laboratório de informática promovendo o acesso ao site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html&sort=al pha&view=grid, os estudantes do 1ª ano participantes da pesquisa realizarão as seguintes ações:

Momento 1 – Ações discentes.

1.1 – No aplicativo ou site, selecionar a primeira substância “ácido de bateria” adicionar esta substância no recipiente, sem colocar H₂O no sistema;



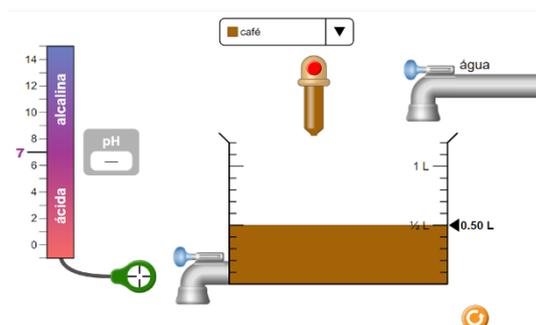
1.2 – Colocar o pHmetro, observar e anotar o valor do pH dela;



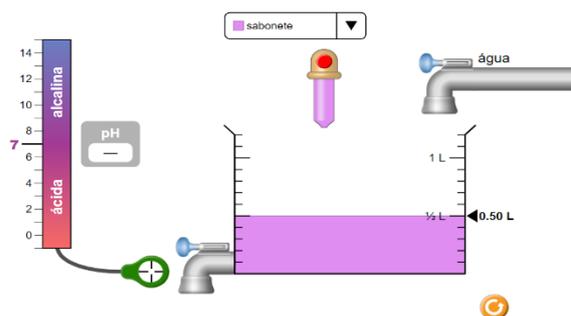
1.3 – Resetar e repetir estes 2 últimos procedimentos para todas as substâncias do aplicativo (leite, sangue, canja de galinha, ácido de bateria e as demais);



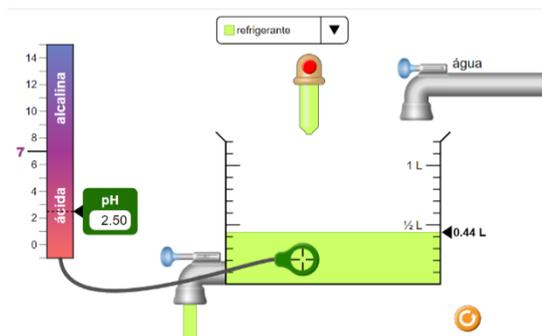
1.4 – Resetar e escolher uma substância ácida (pH < 7,0), jogá-la no recipiente;



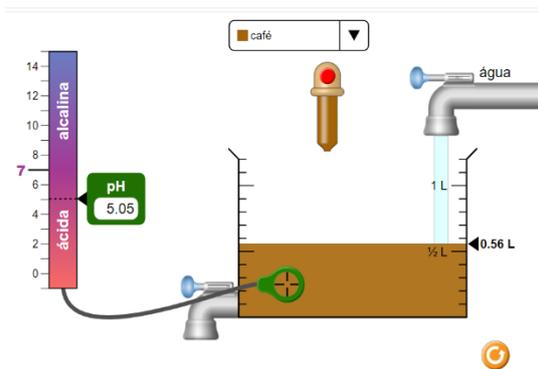
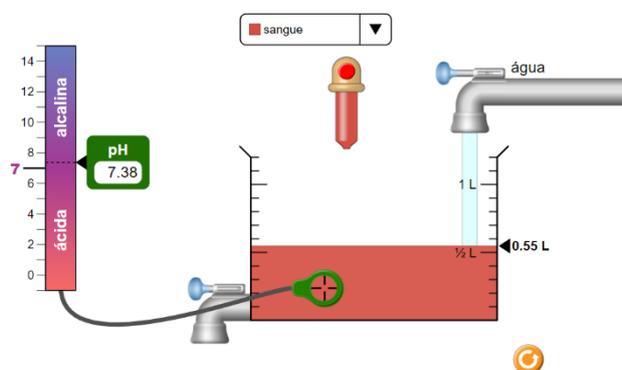
1.5 – Inserir o pHmetro, observar o valor e jogar H₂O no sistema. Perceber o que ocorre com o valor de pH;



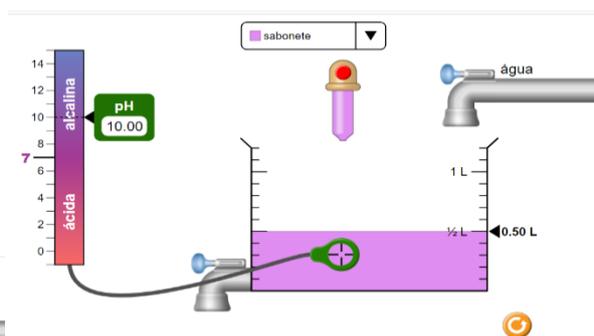
1.7 – Inserir o pHmetro, observar o valor e jogar H₂O no sistema. Perceber o que ocorre com o valor de pH;



1.9 – Resetar e escolher uma substância qualquer, colocar o pHmetro nela, abrir a torneira superior e observar o que ocorre com o valor de pH dela;



1.6 – Resetar e escolher uma substância de caráter alcalino (pH > 7,0), jogá-la no recipiente;



1.8 – Resetar e escolher uma substância qualquer, colocar o pHmetro nela, abrir a torneira inferior e observar o que ocorre com o valor de pH dela;

Após a realização das ações discentes, faz-se necessário um retorno do que eles aprenderam com a EDQ. Através de uma avaliação somativa, aplica-se uma atividade escrita no caderno ou outrem a qual eles respondam as seguintes perguntas.

Momento 2 – perguntas avaliativas.

2.1 – A partir do valor de pH encontrado nos materiais referentes às ações 1.2 e 1.3, encontre com o auxílio do PhET a concentração hidrogeniônica $[H^+]$ e a concentração hidroxiliônica $[OH^-]$ de cada um deles.

2.2 – Ao selecionar uma substância de caráter ácido e jogar H_2O nela, houve alguma alteração no valor de pH? Explique.

2.3 – Caso a resposta seja sim na questão anterior, o pH aumentou ou diminuiu?

2.4 – Caso tenha percebido mudança de pH ao jogar H_2O em uma substância ácida, a variação tendia para qual valor de pH?

2.5 – Ao selecionar uma substância de caráter alcalino e jogar H_2O nela, houve alguma alteração no valor de pH? Explique.

2.6 – Caso a resposta seja sim na questão anterior, o pH aumentou ou diminuiu?

2.7 – Ao selecionar uma substância qualquer e encher a vidraria com ela, a torneira inferior foi aberta. Ocorreu alguma mudança no valor de pH?

2.8 – Caso a resposta da questão anterior seja não, por que essa situação ocorreu? Explique.

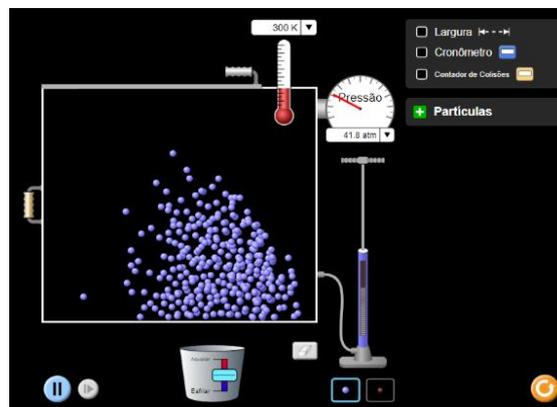
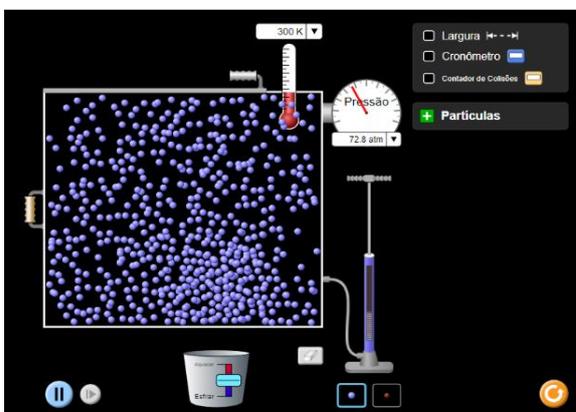
2.9 – Um pintor, ao realizar seu trabalho, percebe que a tinta está muito grossa. Então ele adiciona água e dilui a amostra ao ponto que ele quer. Sendo assim, o termo “Diluição” é o termo utilizado para enfraquecer uma mistura, a diluição pode ser realizada com qual torneira no experimento? Explique.

Aula Estudo dos gases.

Com os computadores no laboratório de informática promovendo o acesso ao site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html&sort=alpha&view=grid, os estudantes do 1ª ano participantes da pesquisa realizarão as seguintes ações:

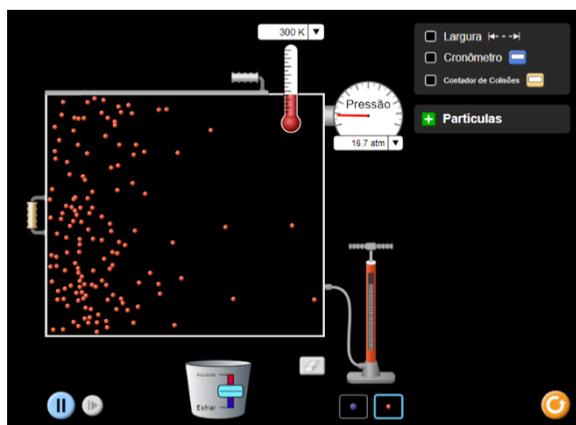
Momento 1 – Ações discentes

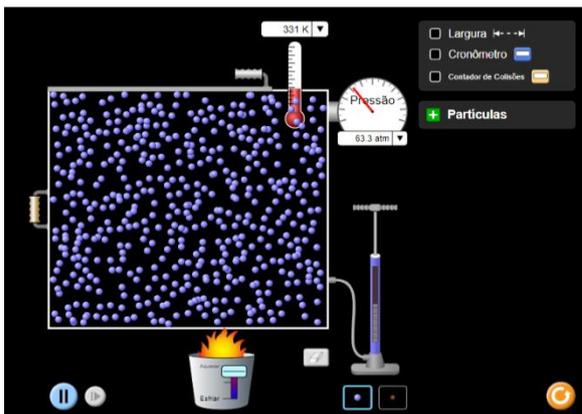
1.1 – Acionar a bomba que está ao lado do recipiente e observar o que sairá dela;



1.2 – Observar o manômetro de pressão quando acionar a bomba;

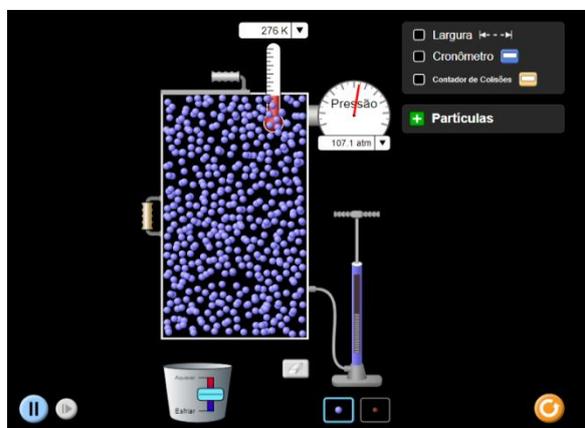
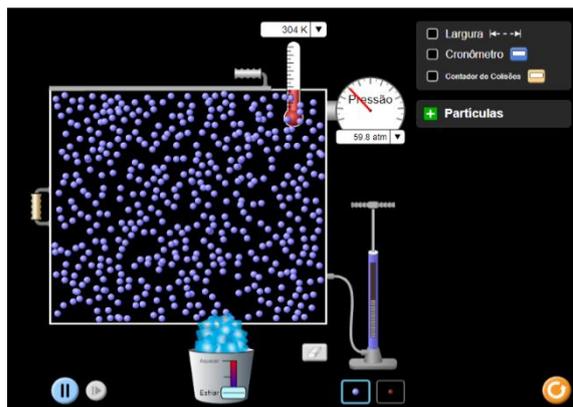
1.3 – Resetar a atividade, colocar o material vermelho e observar o seu comportamento, compará-lo em relação ao anterior(roxos);





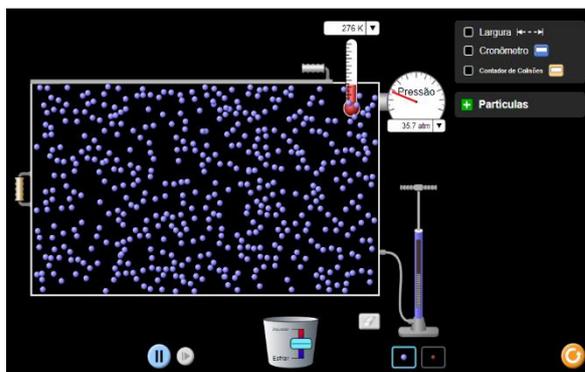
1.4 – Resetar a atividade, colocar qualquer um dos materiais (roxo ou vermelho), acionar o sistema de aquecimento e verificar o que ocorre com os valores no manômetro;

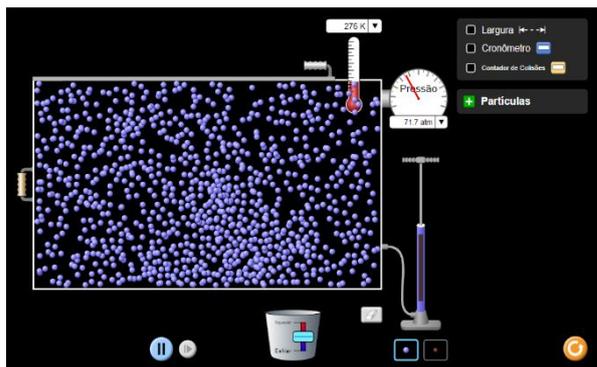
1.5 – Na mesma amostra, resfriar o sistema e observar os valores do manômetro;



1.6 – Na mesma amostra, diminua o volume do recipiente e observe os valores no manômetro;

1.7 – Na mesma amostra, aumente o volume do recipiente e observe o que ocorre com os valores de pH;





1.8 – Na mesma amostra, aumente a concentração do gás acionando a bomba e observe o que ocorre com os valores do manômetro;

Após a realização das ações discentes, faz-se necessário um retorno do que eles aprenderam com a EDQ. Através de uma avaliação somativa, aplica-se uma atividade escrita no caderno ou outrem a qual eles respondam as seguintes perguntas.

Momento 2 – Perguntas avaliativas

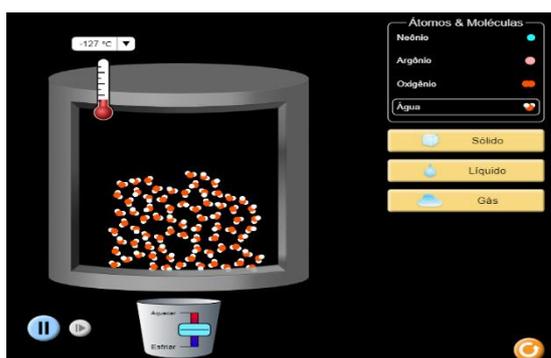
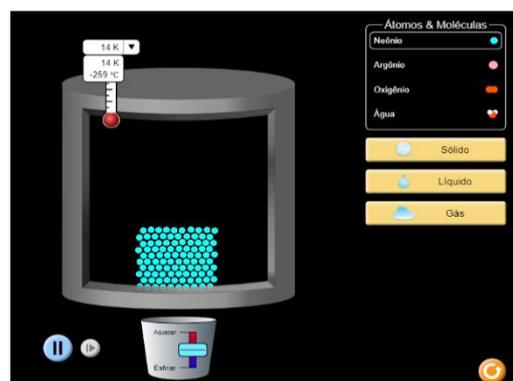
- 2.1 – Ao acionar a bomba, o que foi percebido como amostra de gás?
- 2.2 – Quando o material era o de cor vermelha, foi percebido alguma alteração na energia cinética dele em relação ao roxo?
- 2.3 – Quando se acionou o sistema de aquecimento, houve alguma alteração nos valores do manômetro? Explique o que foi percebido.
- 2.4 – Caso a resposta seja sim na questão anterior, explique esse comportamento baseando-se na equação geral dos gases.
- 2.5 – Uma pessoa ao encher uma bexiga consegue estourá-la por excesso de ar que ela coloca ali dentro soprando este material. Na simulação, quando se variou o volume, houve alguma alteração nos valores do manômetro? Explique o que foi percebido.
- 2.6 – Caso a resposta seja sim na questão anterior, explique esse comportamento baseando-se na equação geral dos gases.
- 2.7 – Quando se adicionou mais gás ao sistema, houve alguma alteração nos valores do manômetro? Explique o que foi percebido.
- 2.8 – Caso a resposta seja sim na questão anterior, explique esse comportamento baseando-se na equação de Clapeyron considerando o gás como ideal.

Aula Estados da matéria.

Com os computadores no laboratório de informática promovendo o acesso ao site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html&sort=alphabetical&view=grid, os estudantes do 1ª ano participantes da pesquisa realizarão as seguintes ações:

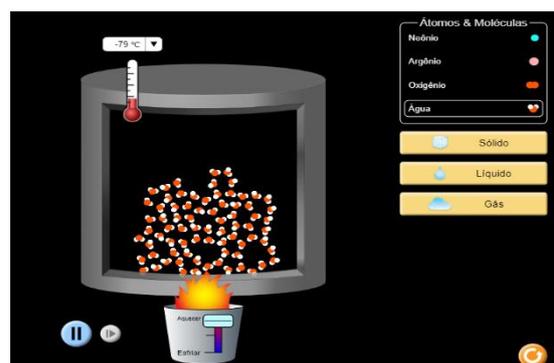
Momento 1 – Ações discentes

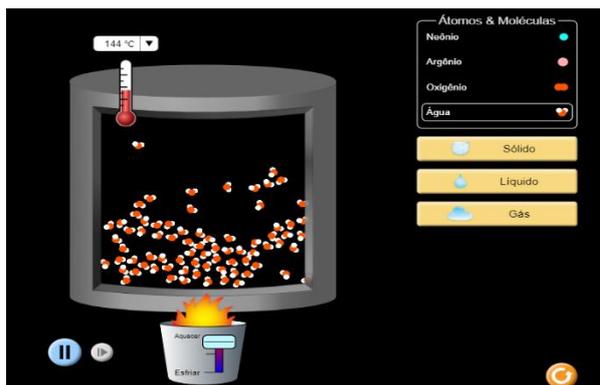
1.1 – Na simulação do PhET do estado da matéria, trocar a temperatura de K para °C (Kelvin para Celsius);



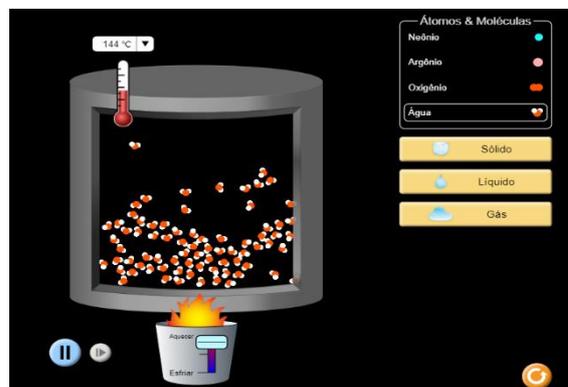
1.2 – Escolher o insumo “água” e deixá-lo no estado sólido.

1.3 – Aquecer o sistema e observar a temperatura de fusão em °C da água e o comportamento molecular desse material no estado sólido e líquido.





1.4 – Continuar o aquecimento desta água no estado líquido até chegar no estado gasoso;

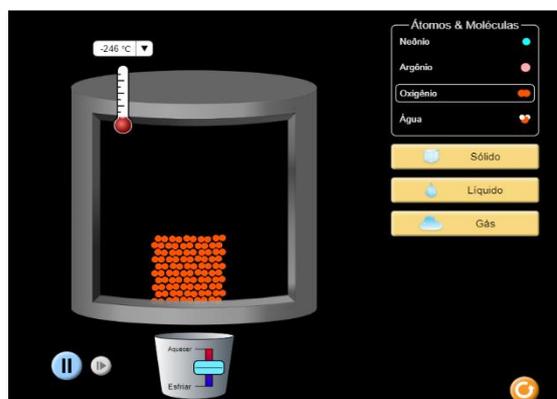


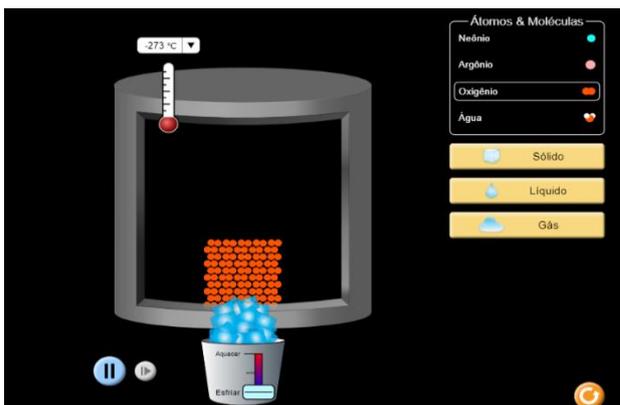
1.5 – Observar a temperatura de ebulição da água e o comportamento molecular deste insumo;



1.6 – Resete a simulação e compare a organização molecular da água nos 3 estados (sólido, líquido e gasoso) com as dos outros materiais da simulação (Neônio, Argônio e Oxigênio);

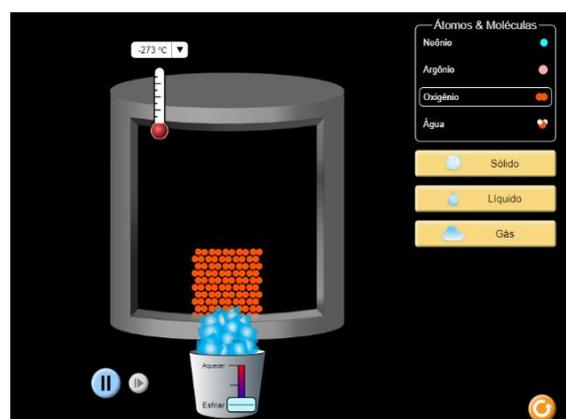
1.7 – Escolha qualquer um dos materiais e coloque-o no estado gasoso;





1.9 – Observe a entropia do material desde a fase gasosa até a temperatura de -273°C ;

1.8 – Coloque a temperatura em $^{\circ}\text{C}$, acione o sistema de resfriamento até chegar a temperatura de -273°C ;



Momento 2 – Perguntas avaliativas.

2.1 – $2/3$ da superfície terrestre é constituída por água, a maior parte no estado líquido e em menor parte no estado sólido (gelo). A organização molecular da água no estado líquido presente na maior parte da superfície terrestre é maior ou menor que o gelo presente nas calotas polares?

2.2 – Com exceção da água, coloque em ordem crescente a organização molecular dos outros materiais da simulação em cada estado da matéria;

2.3 – Se a H_2O tiver uma organização molecular maior no estado líquido do que no estado sólido, explique este comportamento respaldando-se no comportamento anômalo da água.

2.4 – Ao ter escolhido qualquer um dos insumos, ao acionar o sistema de resfriamento até a temperatura de -273°C , percebeu-se uma tendência à calma molecular no insumo? Justifique este comportamento baseando-se na 3ª lei da termodinâmica (zero absoluto).

APÊNDICE D – Perguntas referentes às percepções discentes da aula.

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

