

LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

CLÁUDIA ROSANE MOREIRA DA SILVA, FRANCISCO HERBERT LIMA VASCONCELOS,
MARIA GORETTI DE VASCONCELOS SILVA

Universidade Federal do Ceará - UFC
<claudiarosanems@gmail.com>, <herbert@virtual.ufc.br>, <mgvsilva@ufc.br>
10.21439/conexoes.v16i0.2278

Resumo. Este trabalho trata de uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de laboratórios virtuais (LV) no ensino da química, abordando sua utilização para o desenvolvimento de aulas experimentais em momentos que o uso do laboratório físico não for possível de ser utilizado. Para a sua execução foi desenvolvida uma análise de 11 artigos selecionados a partir de 1500 trabalhos que abordaram essa temática, com o intuito de investigar o uso dos LV no ensino de química no Brasil apontando suas vantagens e desvantagens, e identificando também as possíveis limitações para seu uso. Contudo, os trabalhos analisados constataram o aumento do uso e da disponibilidade de LV nos últimos anos, considerados pelos usuários como ferramenta atrativa para o ensino de química pois contribui para a melhor compreensão dos conteúdos estudados.

Palavras-chaves: Laboratório Virtual. Ensino. Química.

VIRTUAL LABORATORIES IN CHEMISTRY TEACHING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Abstract. This work is a systematic review of the literature on the use of virtual laboratories (VL) in teaching chemistry, addressing their use for the development of experimental classes in times when the use of the physical laboratory is not possible. For its execution, an analysis was developed in 11 articles selected from 1500 manuscripts that addressed this theme, in order to investigate the use of VL in chemistry teaching in Brazil, its advantages and disadvantages, and also identifying possible limitations for its use. However, the effective work found an increase in the use and availability of VL over the years, which users have evaluated as an effective tool for teaching chemistry as it contributes to a better understanding of the contents studied.

Keywords: Virtual Laboratory. Teaching. Chemistry.

1 INTRODUÇÃO

No atual contexto educacional, a utilização de laboratórios para o desenvolvimento de práticas experimentais no ensino de química favorece o processo de assimilação dos conteúdos pelos alunos (LIU et al., 2015), uma vez que muitos estudantes consideram a disciplina de química abstrata e difícil de associar com questões do dia a dia (SILVEIRA et al., 2019b). Nessa perspectiva, é essencial que os estudantes tenham acesso a laboratórios para execução de tarefas propostas em seus cursos. No último ano, com o avanço da pandemia cau-

sada pela COVID-19, pode-se perceber um aumento na aplicação de tecnologias digitais nas práticas de ensino (RAY; SRIVASTAVA, 2020).

Assim, com a suspensão das atividades presenciais nos estabelecimentos de ensino em todo o mundo, o uso de laboratórios virtuais apresentou-se como uma alternativa para que os estudantes pudessem ter acesso aos conteúdos práticos em disciplinas como a química. Na educação, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) passaram a exercer a função de instrumento de mediação como recurso didático. Consequentemente, coube à escola, instituição responsável

pela formação das pessoas, acompanhar essa mudança demandada por essa nova realidade (SILVEIRA et al., 2019a).

De acordo com Guaita e Gonçalves (2014, p. 1465), “Os laboratórios virtuais simulam funções essenciais que estejam relacionadas em um determinado experimento, neste caso a condição física da atividade é substituída por um modelo computacional [...]”. Desse modo, compreende-se que os laboratórios virtuais simulam um ambiente real onde os alunos, por meio de computadores, celulares, e *tablets*, podem executar experimentos, quantas vezes quiserem. Assim, a utilização apropriada das tecnologias digitais permite a ampliação do conhecimento dos alunos facilitando o processo de ensino-aprendizagem (Faraum Junior; CIRINO, 2016).

A respeito disso, a utilização dos laboratórios virtuais no ensino da disciplina de química se mostra uma ferramenta facilitadora para o acesso dos alunos às aulas práticas (ACHUTHAN; KOLIL; DIWAKAR, 2018; RATAMUN; OSMAN, 2018). Tendo em vista que a estrutura física de muitos laboratórios escolares é precária e não dispõe de equipamentos e reagentes necessários para a execução de experimentos, o uso de laboratórios virtuais pode ser uma alternativa mais econômica e que supre as necessidades didáticas (HAWKINS; PHELPS, 2013). Atualmente, a educação pode contar com o avanço tecnológico para inserir essa nova proposta de aulas experimentais, uma vez que as TDICs têm demonstrado ser aliadas no ensino de química (ALMEIDA et al., 2018).

Neste contexto, considera-se que as instituições e os estudantes tenham acesso à internet, energia elétrica e equipamentos com suporte para a realização de aulas utilizando laboratórios virtuais. Contudo, sabe-se que há estudantes que não têm acesso aos recursos necessários para o uso dos laboratórios virtuais. Por outro lado, discute-se que o uso de ferramentas virtuais se tornou uma alternativa promissora para promover a continuidade das atividades educacionais (Costa Neto; COSTA, 2020), seja para a execução de aulas síncronas, assíncronas, presenciais ou remotas.

De acordo com a primeira competência específica da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), destaca-se a importância das diferentes habilidades, incluindo o uso de aplicativos e dispositivos digitais no auxílio do entendimento de análises e estimativas para a elaboração de simuladores e protótipos (BRASIL, 2018). Reconhecer a capacidade que as tecnologias digitais têm para contribuir com o processo de ensino aprendizagem da química possibilita o seu uso tornando os conceitos

menos abstratos e mais compreensíveis para os estudantes.

Diante da conjectura do uso dos laboratórios virtuais no ensino da disciplina de química, esta revisão sistemática questiona: existem trabalhos científicos sobre o uso de laboratórios virtuais no ensino de química no Brasil? Quais as dificuldades encontradas para o acesso a esses laboratórios? De acordo com os autores, é possível aplicar esse tipo de tecnologia em todas as escolas de ensino médio? Ainda de acordo com a literatura, pode-se afirmar que os professores consideram o uso desses laboratórios viáveis ao ensino da disciplina? Identificar as possíveis barreiras para a utilização desses laboratórios virtuais ajuda na definição de estratégias metodológicas para a busca de uma aprendizagem relevante e eficaz.

Diante do exposto e da importância da temática sobre o uso dos laboratórios virtuais no ensino de química, para alcançar essas respostas, percebeu-se a necessidade de organizar uma pesquisa no formato de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) dos trabalhos publicados em bases de dados científicas digitais. Dessa maneira, este artigo foi dividido em quatro seções: a primeira seção discorre sobre a contextualização do uso de laboratórios virtuais no ensino de química; a segunda seção descreve os trabalhos relacionados e os procedimentos metodológicos aplicados para a coleta e análise dos dados neste estudo; na terceira seção, apresenta-se a análise e discussões alcançadas durante a pesquisa; na quarta e última seção, dedica-se às considerações finais acerca da temática da pesquisa e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 Fundamentos Teóricos

Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021) executaram uma revisão sistemática com o intuito de reunir estudos relacionados ao uso de laboratórios remotos e virtuais e sua aplicabilidade no processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Neste trabalho, foram considerados 35 artigos publicados no período de 2004 a 2020 utilizando as seguintes bases de dados: Periódicos CAPES, Revista Brasileira de Educação, Revista Novas Tecnologias na Educação, Revista Brasileira de Informática na Educação, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Workshop de Informática na Escola, Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, Informática na Educação: teoria prática, Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia e Google Acadêmico. Os autores buscaram identificar a aplicabilidade, os pontos positivos e negativos e a importância do uso de laboratórios virtuais para o ensino. Ademais, os

resultados constataram que a maioria do uso deste tipo de laboratório são nas disciplinas de exatas e os artigos pouco mostraram a eficácia da implantação do projeto no aprendizado do aluno.

Tulha, Carvalho e Coluci (2019) executaram uma revisão sistemática com o objetivo de identificar o cenário de pesquisas relacionadas ao uso de laboratórios remotos no ensino brasileiro. Neste trabalho, foram considerados 23 artigos, onde os autores organizaram em três grupos considerando suas categorias, nas quais foram: (i) foco principal; (ii) disciplina STEM (acrônimo em inglês para Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática); e (iii) nível de ensino. Os resultados revelaram que todos os experimentos remotos encontrados abordam a disciplina STEM, destacando conteúdos de física e concentram sua aplicabilidade para o nível superior.

Ramo (2019) desenvolveu uma revisão sistemática com o intuito de levantar e identificar as metodologias de ensino utilizadas na Educação de Jovens e Adultos (EJA) no período de 2014 a 2018, realizada na Plataforma Sucupira – QUALIS onde foram analisadas 16 revistas científicas, revelando apenas oito artigos que abordavam a temática. Os resultados indicaram que a experimentação no ensino de química é utilizada para auxiliar no processo de aprendizagem dos educandos. Porém, a revisão sistemática não cita o uso de laboratórios virtuais no ensino de química na EJA, apresentando assim uma lacuna que essa pesquisa pretende preencher.

Com o intuito de analisar como o uso de laboratórios virtuais, onde simuladores mostram equipamentos em funcionamento de um laboratório, e remotos, onde o estudante interage com situações reais em um outro ambiente utilizando o computador com uma interface, são utilizados no ensino de ciência, em diferentes séries e áreas de conhecimento, Santos, Fernandes e Silva (2017) produziram uma pesquisa na forma de revisão sistemática da literatura. Por meio de uma análise descritiva e bibliométrica em 43 artigos das bases SCOPUS, Web of Science e ProQuest, os autores verificaram que os laboratórios virtuais e remotos (LVR) são utilizados no ensino de química de maneira mais recorrente no nível superior de ensino. Também foi constatado que o uso LVR na educação básica apresentou resultados positivos, considerando um campo em potencial para ser mais explorado. Além disso, observou-se que mais pesquisas devem ser realizadas no âmbito da educação básica, abrangendo também a formação de professores para o uso de TDICs.

2.2 Revisão Bibliográfica sobre o Tema

O processo de aprendizagem no ensino de química pode ser mais significativo quando inseridos recursos tecnológicos (e.g. *softwares*, jogos, recursos audiovisuais, laboratórios virtuais, entre outros) nas estratégias de ensino (LOCATELLI; ZOCH; TRENTIN, 2015). Desse modo, compreende-se que o uso de tecnologias educacionais pode ser um canal para uma melhor compreensão do conteúdo estudado na disciplina de química (TAVARES; SOUZA; CORREIA, 2013). Dentre os recursos mencionados, destaca-se o uso de laboratórios virtuais, objeto estudado nesta pesquisa e pouco explorado na literatura brasileira.

A disciplina de química é vista por muitos estudantes como um tópico de difícil compreensão, mas a introdução de atividades práticas, mediadas pelo uso de laboratórios, podem desenvolver um maior interesse dos estudantes, levando a uma aprendizagem mais efetiva (RATAMUN; OSMAN, 2018). A prática no ensino de química faz com que os alunos aumentem sua percepção sobre o fenômeno estudado e compreendam melhor as teorias e princípios químicos presentes na natureza, resultando em uma aprendizagem significativa (GAMBARI; KAWU; FALODE, 2018).

No entanto, para que os estudantes possam ter contato com uma prática no ensino de química, faz-se necessário o uso de laboratórios, sejam eles físicos ou virtuais (LIU et al., 2015). O uso de laboratórios virtuais tem ganhado maior destaque nos últimos tempos, apresentando-se como uma alternativa para explorar conteúdos práticos no ensino de disciplinas como a química (HAWKINS; PHELPS, 2013).

O avanço das TDICs foi fundamental para o desenvolvimento dos laboratórios virtuais, e o letramento digital é uma habilidade necessária para um uso efetivo desse tipo de tecnologia educacional (ACHUTHAN; KOLIL; DIWAKAR, 2018; RATAMUN; OSMAN, 2018). Contudo, embora as TICs sejam fundamentais nesse processo, alguns países em desenvolvimento encontram dificuldades na implementação desses recursos em suas agendas educacionais (PEERAER; PETEGEM, 2011).

Com base no que foi abordado, compreende-se a relevância do uso de laboratórios virtuais no ensino de química (RATAMUN; OSMAN, 2018; GAMBARI; KAWU; FALODE, 2018; LIU et al., 2015; HAWKINS; PHELPS, 2013). Entretanto, aspectos como letramento digital, acesso às tecnologias, contexto socioeconômico-cultural podem ser fatores capazes de interferir na intenção de adoção dos laboratórios virtuais. Assim, é relevante investigar a literatura existente sobre o tema a fim de identificar aspectos cen-

trais sobre o assunto, temas relacionados, lacunas de pesquisa e direções para futuras investigações. Desse modo, uma revisão sistemática da literatura sobre esse tema pode ser um canal para o avanço do conhecimento científico na área, assim como pode ser um meio para o delineamento de técnicas, métodos e estratégias de ensino eficazes com o uso dos laboratórios virtuais.

3 METODOLOGIA

O método utilizado para realização desta pesquisa foi a Revisão Sistemática de Literatura, a qual, de acordo com Kitchenham (2009), busca identificar, avaliar e interpretar os estudos que estejam disponíveis e que sejam importantes no contexto de determinadas questões de pesquisa. Portanto, trata-se de uma metodologia válida de alta confiabilidade. Para iniciar o processo de revisão com a utilização do método, é fundamental definir algumas questões de pesquisa que serão respondidas após o levantamento, seleção e leitura dos artigos. Nas próximas subseções são evidenciadas as etapas do protocolo de pesquisa.

3.1 Questões de Pesquisa

Esta RSL objetiva realizar uma seleção de estudos relacionados ao uso de laboratórios virtuais no ensino de química, e apresenta como questão central de pesquisa a seguinte pergunta: Qual o cenário atual do uso de laboratórios virtuais no ensino de química? As questões de pesquisa baseadas na questão principal e no objetivo da revisão foram divididas em questões de pesquisa centrais e secundárias:

- **QP1:** Como está sendo a aplicabilidade dos laboratórios virtuais no ensino de química?
- **QP2:** Quais as principais vantagens e desvantagens do uso de laboratórios virtuais analisados pelos autores?
- **QP3:** Qual a percepção dos participantes (usuários) em relação ao uso de laboratórios virtuais no ensino de química?

A fim de obter um panorama das pesquisas envolvendo o tema, algumas questões secundárias também foram propostas:

- **QS1:** Quais os conteúdos estão sendo contemplados no uso dos laboratórios virtuais?
- **QS2:** Qual público-alvo está sendo direcionado nos trabalhos de pesquisa?
- **QS3:** Quais laboratórios virtuais estão sendo utilizados para trabalhar o ensino de química?

3.2 Fontes de Busca e Definição da *String*

Optou-se pela base de dados Google Acadêmico e pelos seguintes periódicos: Revista de Novas Tecnologias na Educação (RENOTE), Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), Revista Brasileira de Ensino de Química (ReBEQ) Química Nova na Escola (QNEsc), Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (ENCITEC), Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista de Educação, Ciências e Matemática (RECM) e Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (EPEC).

Para o Google Acadêmico, a definição da *string* de busca foi feita utilizando os termos “laboratório remoto”, “laboratório virtual”, “laboratório online”, “química”, “ensino de química” e “disciplina de química”. E foram utilizados os operadores lógicos “OR” e “AND”, ficando apresentada dessa maneira: (“laboratório remoto” OR “laboratório virtual” OR “laboratório online”) AND (“química” OR “ensino de química” OR “disciplina de química”). Para os periódicos, foram realizadas buscas com os termos “laboratório virtual” e “laboratórios virtuais”. A fim de identificar quais artigos foram desenvolvidos no contexto do ensino de química, os textos foram analisados individualmente.

3.3 Processo de Seleção e Critérios de Inclusão e Exclusão

A escolha dos artigos selecionados nessas bases foi realizada em duas partes: a primeira foi através da leitura do título e do resumo do artigo para certificar que se enquadravam na temática abordada. Em seguida, na segunda fase, foram analisados e a cada um deles foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão que são apresentados no Tabela 1.

Observou-se que alguns softwares não simulam um laboratório de química. Desse modo, foram incluídos na análise apenas os estudos que utilizam os softwares para simulações de laboratório.

3.4 Condução

Iniciou-se a seleção dos artigos nas bases de dados selecionadas aplicando as *strings* de busca, onde resultou em 1.440 resultados na base “Google Acadêmico”. Ao serem realizadas as buscas nos nove periódicos, foram registrados 60 resultados com os termos de busca. Após a realização das escolhas dos artigos, realizadas em duas partes, aplicando os critérios de inclusão e exclusão, restaram 11 artigos para a análise.

Conforme apresentado no Tabela 2, a amostra de artigos provém de uma diversidade de meios de publica-

Tabela 1: Critérios de inclusão e exclusão dos artigos.

Critérios de Inclusão	Critérios de exclusão
CI.1. Estar disponível em forma de artigo completo em uma biblioteca digital.	CE.1. Artigos que não atendam aos critérios de inclusão.
CI.2. Artigos escritos em língua portuguesa.	CE.2. Artigos duplicados.
CI.3. Artigos que abordem o uso de laboratório virtual ou softwares que simulem um laboratório utilizado no ensino de química.	CE.3. Artigos que abordem o uso de outra TDIC (protótipos, realidade virtual, aplicativos móveis, jogos virtuais, vídeos experimentais...) no ensino de química
CI.4. Artigos classificados como A1, A2, B1 e B2 no Qualis CAPES (Área: Ensino).	CE.4. Artigos apresentados em congressos e eventos científicos, trabalhos de conclusão de curso de graduação e especialização e dissertações de mestrado.

Fonte: Autores.

Figura 1: Imagem da localização das bacias hidrográficas dos Igarapés Santana e Santos.



Fonte: Autores.

ções, com 10 bases de dados diferentes, sendo as maiores presença no Google Acadêmico e em seguida na Revista Experiências em Ensino de Ciências (EENCI).

Os artigos designados para este trabalho não possuíram critério de exclusão quanto a data de publicação, sendo publicados no período de 2003 a 2020. Para facilitar a localização dos trabalhos selecionados foi atribuído para cada artigo um identificador [ID] como se mostra na Tabela 3.

Assim, os 11 artigos foram lidos na íntegra e analisados, servindo de base para o desenvolvimento da análise e discussão dos resultados, que são apresentados na próxima seção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível verificar no Tabela 2 que, depois de aplicados os critérios de exclusão nos artigos inicialmente en-

contrados e pré-selecionados destacam-se 11 que abordam o uso de Laboratórios Virtuais no ensino de química. Na sequência, segue a análise dos trabalhos citados anteriormente de acordo com seus identificadores como mostra na Tabela 3:

- **A01** - Gomes et al. (2019) aborda o uso de laboratórios online nas aulas práticas sobre o conteúdo “densidade” nas aulas práticas de Química no Ensino Médio. Neste estudo, foi utilizado um ambiente virtual de aprendizagem para integrar laboratórios online a uma sequência didática investigativa (SDI), que consiste no planejamento de uma sequência de atividades que serão realizadas etapa por etapa, com o intuito de tornar o aprendizado mais eficiente.
- **A02** - Rodrigues e Nascimento (2020) apresenta Sequências Didáticas (SD) produzidas no campo

Tabela 2: Resultado geral da busca.

Base de dados	Artigos encontrados	Artigos pré-selecionados	Artigos incluídos
Google Acadêmico	1.440	48	4
RENOTE	21	2	1
RBIE	3	1	1
ReBEQ	9	2	0
QNEsc	11	2	0
ENCITEC	0	0	0
EENCI	11	4	3
IENCI	1	0	0
RECM	4	2	2
EPEC	0	0	0
Total	1.500	61	11

Fonte: Autores.

Tabela 3: Conjunto de artigos selecionado para revisão.

ID	Título	Autores	Fonte	Qualis	Ano
A01	Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação	Gomes, Bilessimo e Silva.	Experiências em Ensino de Ciências	B1	2020
A02	Sequências didáticas como apoio ao ensino de densidade, polaridade e pH por meio dos simuladores virtuais PhET	Rodrigues e Nascimento.	Revista de Educação, Ciências e Matemática	A2	2020
A03	Simulações computacionais no ensino de química: estudando as microondas	Brasileiro e Matias.	Experiências em Ensino de Ciências	B1	2019
A04	A utilização de laboratórios virtuais no ensino de química para a educação de jovens e adultos	Fehlberg, Varga e Andreatta-da-Costa.	Novas Tecnologias na Educação	B1	2016
A05	Caderno de sequências didáticas: uma construção dos licenciandos em química para a utilização do laboratório virtual	Souza et al.	Revista de Educação, Ciências e Matemática	A2	2016
A06	O estudo da diferença de potencial (DDP) a partir de reação de oxirredução (pilha) e aplicação da modelagem e simulação computacional	Ferreira et al.	Google Acadêmico (Revista SUSTINERE)	A1	2016
A07	O uso do Crocodile Chemistry como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases	Costa, Silva e Dantas Filho.	Google Acadêmico (Revista Tecnologias na Educação)	B1	2016
A08	Laboratório virtual como alternativa didática para auxiliar o ensino de química no ensino médio	Lucena, Santos e Silva	Revista Brasileira de Informática na Educação	B2	2013
A09	Ambiente virtual: ainda uma proposta para o ensino	Rodrigues et al.	Google Acadêmico (Ciências & Cognição)	B2	2008
A10	Elaboração em grupo de roteiros de simulações de química: uma aproximação à aprendizagem significativa colaborativa	Infante-Malachias et al.	Experiências em Ensino de Ciências	B1	2007
A11	Uso do software DICEWIN na química geral	Santos, Greca e Serrano.	Google Acadêmico (Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências)	A2	2003

Fonte: Autores.

- de um Mestrado Profissional cujo objetivo foi criar materiais que auxiliassem os professores no uso dos simuladores virtuais PhET no ensino de densidade, pH e polaridade.
- **A03** - Brasileiro e Matias (2019) expõe sobre a utilização de uma simulação computacional em aulas de Química com estudantes do ensino médio em uma atividade para discutir as interações entre radiações eletromagnéticas e matéria utilizando o exemplo do aquecimento de alimentos no micro-ondas.
 - **A04** - Fehlberg, Varga e Costa (2016) utilizou um laboratório virtual para devolver uma atividade sobre o conteúdo de destilação na aula de química em uma turma de EJA, com o intuito de relacionar questões relevantes para a vida diária dos alunos.
 - **A05** - Souza et al. (2016) retrata a inserção de futuros professores da Educação Básica, licenciandos em química, no universo das atividades experimentais virtuais. Com base nisso, buscou-se entender a visão dos licenciandos sobre o uso de laboratórios virtuais e simuladores e com isso elaborar o “Caderno de Sequências Didáticas: Uso do Virtual Lab de Química como Recurso Instrucional”.
 - **A06** - Ferreira et al. (2016) apresenta a utilização do software educacional Modellus por um grupo de alunos do ensino médio no processo de simulação de uma reação de oxirredução em meio de ácido cítrico com eletrodos de ferro e cobre (pilha) na intenção de analisar o comportamento do sistema através dos valores da energia potencial (DDP).
 - **A07** - Costa, Silva e Filho (2016) traz uma pesquisa de natureza quali-quantitativa feita com 39 alunos do Ensino médio de uma escola da rede pública, onde foi elaborado e aplicado uma proposta de ensino com a aplicação da TDIC Crocodile Chemistry como ferramenta auxílio do ensino e aprendizagem dos conceitos científicos de ácidos e bases na perspectiva do enfoque CTSA.
 - **A08** - Lucena, Santos e Silva (2013) mostra a utilização do software educacional Crocodile Chemistry usado como recurso didático-pedagógico para auxiliar o professor no processo de ensino na disciplina de química por meio da realização de atividades experimentais no ensino médio.
 - **A09** - Rodrigues et al. (2008) aponta a utilização e estruturação dos ambientes virtuais no Ensino de química e ainda traz uma análise do perfil computacional de 15 escolas e 16 professores que lecionam para um público infanto-juvenil de 3.253 estudantes no estado do Rio de Janeiro.
 - **A10** - Infante-Malachias et al. (2007) aborda um estudo de caso onde analisa o desenvolvimento do trabalho pedagógico realizado por uma professora de uma escola que aderiu ao Projeto Laboratório Didático Virtual de Química (LabVirtQ), onde alunos das escolas públicas de Ensino Médio do estado de São Paulo foram convidadas a elaborar, em grupos, roteiros de simulações virtuais a partir de situações do cotidiano.
 - **A11** - Santos, Greca e Serrano (2003) aborda a experiência de utilização do software de simulação *DICEWIN*, na disciplina de Química Geral do curso de Química da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, com o intuito de mostrar aos alunos a modelização e a visualização do comportamento microscópico de soluções, para a construção dos conceitos envolvidos no conteúdo de Forças Intermoleculares.

4.1 Discussão das Questões de Pesquisa

A extração e interpretação de dados permitem responder às questões de pesquisa primárias e secundárias. A seguir apresentam-se as principais análises e reflexões acerca do assunto.

4.1.1 Questões Centrais (Qualitativas)

QP1: Como está sendo a aplicabilidade dos laboratórios virtuais no ensino de química?

De acordo com os trabalhos analisados, pode-se observar que os laboratórios virtuais estão sendo utilizados como ferramenta de ensino para aproximar os conteúdos abordados em química com o cotidiano dos alunos, aumentando o engajamento nas aulas. Nos trabalhos A01, A02 e A05 foram aplicadas sequências didáticas (SD) que, de acordo com Rodrigues e Nascimento (2020), lembra um plano de aula, porém é mais amplo que este por abordar várias estratégias de ensino-aprendizagem e por seguir por vários dias.

No A04, Fehlberg, Varga e Andreatta-da-Costa (2016) trouxeram um trabalho textual onde os alunos puderam revisar alguns conceitos que seriam abordados no uso do LV. Além disso, como instrumentos de coleta foram utilizadas entrevistas, questionários presenciais e online, rubricas e observações para conseguir uma

análise do uso dos laboratórios virtuais.

QP2: Quais as principais vantagens e desvantagens do uso de laboratórios virtuais analisados pelos autores?

De forma geral, a análise dos autores aponta um número bem maior de vantagens sobre o uso do LV no ensino de química. O uso dos recursos se mostrou produtivo referente ao ensino promovendo observações do cotidiano sob um olhar científico, pois possibilitou ao estudante relacionar os conteúdos estudados na disciplina aos fenômenos do dia a dia e às suas experiências pessoais, permitindo assim uma melhor significação dos conhecimentos adquiridos (A01; A04; A07). O uso de simuladores complementa o ensino em situações em que o aluno não tem contato com a experimentação de forma física.

Os resultados expressam que o uso das TDICs, aumentam o interesse dos discentes, pois são ferramentas atrativas e eficientes quando usadas com base em um bom planejamento e objetivos bem estruturados, aumentando as oportunidades educativas e permitindo a criação de novos métodos de ensino-aprendizagem (A08; A09). Destaca-se também o aprimoramento do pensamento computacional e de desenvolvimento de outras estratégias de aprendizagem (A10; A11).

De forma geral, os trabalhos associaram as desvantagens do uso dos LVR relacionadas à falta de formação dos professores para trabalhar esse instrumento nas aulas e também à falta de recursos computacionais em algumas escolas. Evidencia-se também a falta de interação e o consequente isolamento social dos estudantes, principalmente os mais jovens por não terem maturidade para o aprendizado eletrônico.

QP3: Qual a percepção dos participantes (usuários) em relação ao uso de laboratórios virtuais no ensino de química?

Os alunos indicaram que o que mais chamou atenção no uso de laboratório remoto e/ou virtual foi o controle de equipamentos em locais diferentes através de uma TDIC (desktop, notebook, smartphone, etc.), a facilidade de uso e a agregação com os fatos do cotidiano, ludicidade, a interatividade com aparelhos e medidas permitindo assim uma boa participação na aula (A01).

No trabalho A03, ao serem questionados sobre o uso de simuladores, 89% dos participantes da pesquisa destacaram de forma positiva a atividade realizada, pontuando que o recurso facilitou o entendimento de um fenômeno que não consegue ser observado a olho nu. O artigo A04 apresentou a percepção dos usuários, em que se pode observar que a maioria dos alunos mostrou

satisfação em trabalhar com o laboratório de aprendizagem virtual, e que gostariam de utilizá-lo mais vezes, porém não acreditam que a atividade experimental virtual possa substituir totalmente a atividade experimental. O questionário respondido pelo grupo de participantes do trabalho A06 revelou que o software utilizado teve uma boa aceitação, estimulando o aprendizado e ajudando na compreensão do conteúdo abordado, tornando assim a aula mais interessante.

A proposta didática desenvolvida no artigo A07 foi avaliada através de questionário, onde 97,43% relataram que a estratégia de ensino utilizando a TDIC tornou o conteúdo mais fácil e compreensível, mas somente 28,20% dos alunos relataram que a estratégia de ensino despertou interesse para o estudo da química. No trabalho A08, foi apurado, por meio de questionário, que 90% dos discentes que utilizaram o laboratório virtual aprovaram a sua utilização e 82% julgaram o uso do software educacional como fácil. Os docentes deste trabalho falaram que anteriormente não tinham conhecimento do *software* e o julgaram como interessante e motivador. O trabalho A11 demonstra que a maioria dos estudantes que utilizaram o *software* melhoraram a representação de seus modelos fazendo isso de forma mais apropriada depois do uso da ferramenta de simulação.

4.1.2 Questões Secundárias (Quantitativas)

QS1: Quais os conteúdos estão sendo contemplados no uso dos laboratórios virtuais?

No Tabela 4, apresenta-se uma síntese dos conteúdos abordados com o auxílio de laboratórios virtuais nos artigos analisados.

Com base nos resultados apresentados, observa-se que há uma variedade de temas explorados com o auxílio dos laboratórios virtuais. Este achado sugere uma alta abrangência desse recurso didático, que pode ser incorporado ao ensino de química em diferentes contextos e séries.

QS2: Qual público-alvo está sendo direcionado nos trabalhos de pesquisa?

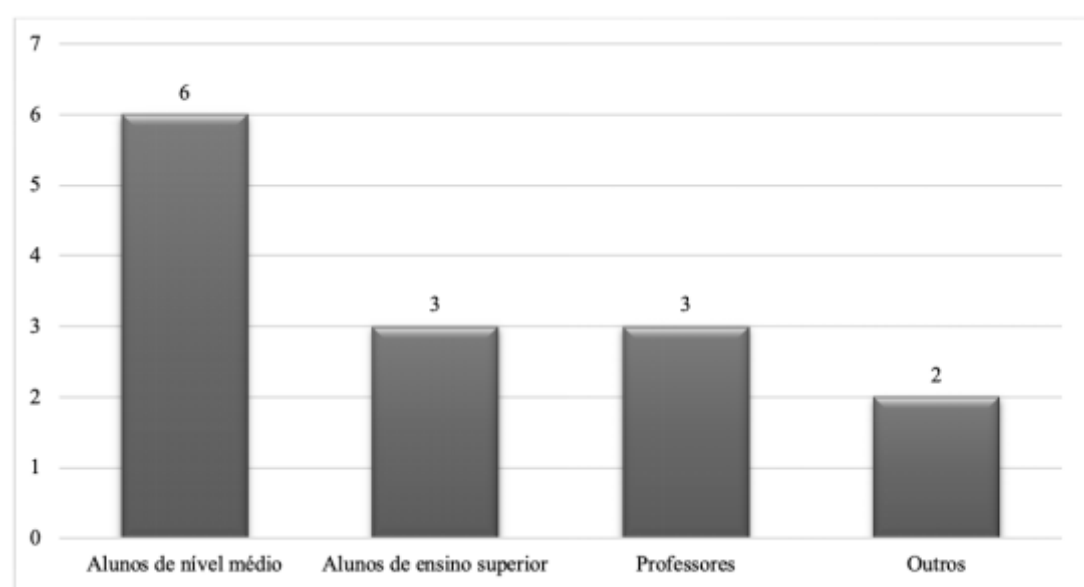
No que se refere ao público-alvo contemplado nos artigos, elaborou-se um gráfico a fim de auxiliar o processo de análise. Na Figura 2, apresenta-se o quantitativo de artigos e os diferentes públicos-alvo identificados nas pesquisas.

Com base na Figura 2, observa-se que, dos onze artigos analisados, seis tiveram alunos do ensino médio como público-alvo, sugerindo um maior interesse por parte dos pesquisadores em explorar as percepções e experiências dos estudantes de nível médio em

Tabela 4: Conteúdos abordados com o auxílio de laboratórios virtuais.

Artigo	Conteúdos
A01	Ligações químicas; propriedade dos materiais – densidade, impenetrabilidade, fluuabilidade, empuxo, forças, volume, massa e peso.
A02	Densidade; pH; polaridade.
A03	Interações moleculares.
A04	Métodos de separação de misturas – destilação.
A05	Reações químicas inorgânicas
A06	Eletroquímica.
A07	Ácidos e bases.
A08	Estrutura atômica; processos de separação de misturas; reações ácido-base; e efeito da concentração nas reações químicas.
A09	Normas e equipamentos de segurança do laboratório.
A10	Estrutura atômica.
A11	Forças intermoleculares.

Fonte: Autores.

Figura 2: Público-alvo dos artigos analisados.

Fonte: Autores.

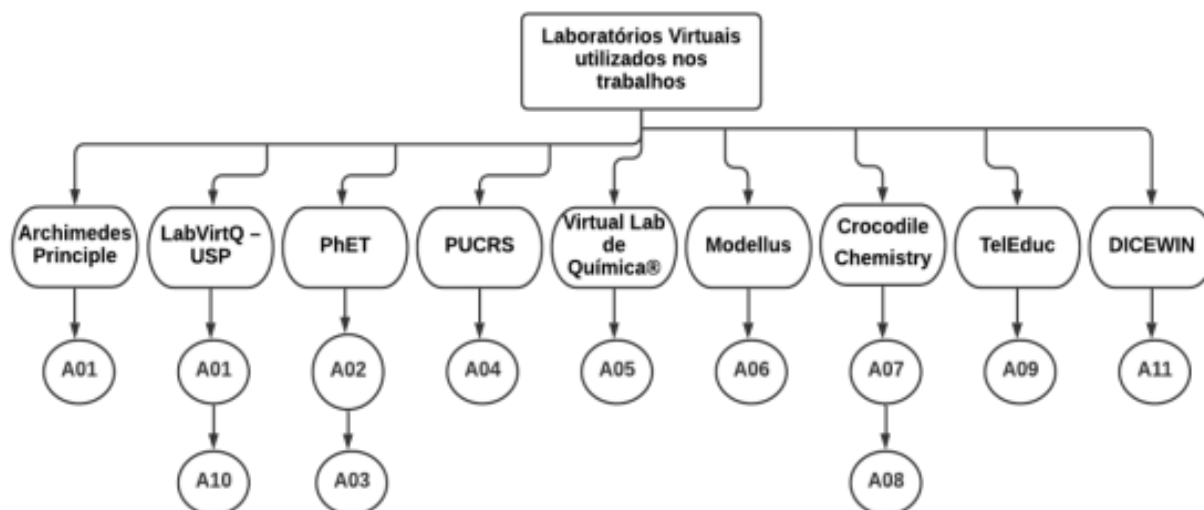
relação ao uso dos laboratórios virtuais. Além disso, evidenciou-se outros públicos-alvo, como é o caso dos alunos do ensino superior e de professores. Destaca-se que compreender o fenômeno em outros níveis de ensino e a partir de outras lentes é fundamental para o avanço das práticas pedagógicas envolvendo este recurso. De forma especial, investigar a percepção dos professores parece ser de grande relevância, uma vez que o docente é o agente responsável por aplicar esse recurso em sala de aula.

QS3: Quais laboratórios virtuais estão sendo utilizados para trabalhar o ensino de química?

Em relação aos laboratórios virtuais utilizados no ensino de química, observou-se que há variedade de *softwares/simuladores/aplicativos* utilizados. A Figura 3 apresenta os nomes dos laboratórios virtuais e o código dos artigos em que cada laboratório foi utilizado.

Com base na Figura 3, observa-se que os laboratórios “LabVirtQ – USP”, PhET e “Crocodile Chemis-

Figura 3: Laboratórios virtuais utilizados nos trabalhos.



Fonte: Autores.

try” foram os únicos utilizados em mais de um artigo, sendo eles A01, A10, A02, A03, A07 e A08. Além disso, observa-se que o artigo A01 utilizou mais de laboratório em sua pesquisa, são eles: “Archimedes Principle” e “LabVirtQ – USP”. De modo geral, observa-se que há diferentes laboratórios virtuais sendo utilizados/investigados nas pesquisas, sugerindo que há uma ampla gama desse recurso a ser implementado em sala de aula, o que parece ser algo positivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi possível analisar como o uso dos laboratórios virtuais no ensino de química tem sido desenvolvido no decorrer dos anos, suas limitações e melhorias e como os usuários dessa ferramenta se manifestam em relação ao seu uso. Foi possível observar também que o uso desta TDIC se iniciou com o intuito de fazer uma conexão entre os conteúdos estudados e o cotidiano dos alunos, e da carência de laboratórios físicos e de materiais (equipamentos, vidrarias, reagentes etc.) em algumas unidades de ensino.

Inicialmente, as dificuldades encontradas se tornavam mais expressivas devido à falta de recursos e conhecimentos tecnológicos dos alunos e professores, dificultando o uso dos LV durante as aulas. Atualmente, o uso dessa ferramenta passa a ser mais viável em todas as escolas, devido ao grande avanço tecnológico. Porém, cursos de formação ainda são necessários para que esses ambientes sejam utilizados com eficiência e seus recursos sejam corretamente sugeridos para o processo educativo.

Nesse panorama, é explícito o aumento da quantidade de LV de química disponíveis para uso, porém a quantidade de estudos sobre a temática nessa área de conhecimento carece quando comparada com a disponibilidade desse recurso. Apesar disso, é perceptível o aumento do uso dessa ferramenta não apenas na educação básica, como também no ensino superior, o que contribui para o preparo e a formação de docentes que farão uso futuramente em suas aulas, seja no ensino fundamental ou no ensino médio.

De acordo com os trabalhos investigados, as instruções e a vivência com os LV aumentaram o envolvimento dos usuários com os conteúdos estudados, aumentando a curiosidade para os fenômenos que foram explorados. Isso evidencia que essa nova proposta de aula prática, que deve ser desenvolvida em paralelo com as aulas teóricas, cumpre o papel de despertar no aluno o interesse na disciplina estudada.

Portanto, estes estudos sinalizam que ainda há bastante espaço para o aprofundamento dessa temática, tanto na educação básica como no ensino superior. Existem diversos LV na área de química que têm potencial de serem explorados, tanto pela facilidade de seu uso como pela abrangência nos conteúdos abordados. Com isso, o uso dessa e de outras TDICs mostram que a capacitação de professores para seu uso ainda deve ser considerado, pois trata-se de um campo que evolui de maneira rápida e abrangente, levando muitos professores a não fazerem uso por conta dessa falta de formação.

REFERÊNCIAS

- ACHUTHAN, K.; KOLIL, V. K.; DIWAKAR, S. Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. **Education and Information Technologies**, Springer, v. 23, n. 6, p. 2499–2515, 2018.
- ALMEIDA, S. d. N.; SAMPAIO, C. de G.; VASCONCELOS, A. K. P.; SILVEIRA, F. A.; SILVA, S. A. da. O uso da informática como recurso didático-educativo no ensino de química. **Caminhos da Educação Matemática em Revista (Online)**, v. 8, n. 2, p. 115–127, 2018.
- BERALDO, A. L. d. S.; OLIVEIRA, T. de; STRINGHINI, D. Laboratórios remotos e virtuais no Brasil com foco no ensino: Uma revisão sistemática da literatura. **RENOTE**, v. 19, n. 1, p. 330–340, 2021.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018.
- BRASILEIRO, L. B.; MATIAS, J. C. Simulações computacionais no ensino de química: estudando as microondas. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 217–228, 2019.
- COSTA, A. S.; SILVA, G. N.; FILHO, F. F. D. O uso do crocodile chemistry como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 14, p. 1–11, 2016.
- Costa Neto, D. J.; COSTA, E. S. da S. Desafios do professor presencial para o trabalho em ambientes virtuais em épocas de pandemia. **Revista Científica Educ@ção**, v. 4, n. 8, p. 1061–1070, 2020.
- Faraum Junior, D. P.; CIRINO, M. M. A utilização das TIC no ensino de química durante a formação inicial. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 2, n. 2, p. 102–113, 2016.
- FEHLBERG, E.; VARGA, G.; COSTA, L. Andreatta-da. A utilização de laboratórios virtuais no ensino de química para a educação de jovens e adultos. **RENOTE**, v. 14, n. 2, p. 1–10, 2016.
- FERREIRA, Y. P. U. M.; MACHADO, A. F.; MOURA, D. B.; SILVA, C. E. da. O estudo da diferença de potencial (ddp) a partir de reação de oxirredução (pilha) e aplicação da modelagem e simulação computacional. **Revista Sustinere**, v. 4, n. 1, p. 61–81, 2016.
- GAMBARI, A. I.; KAWU, H.; FALODE, O. C. Impact of virtual laboratory on the achievement of secondary school chemistry students in homogeneous and heterogeneous collaborative environments. **Contemporary Educational Technology**, v. 9, n. 3, p. 246–263, 2018.
- GOMES, A. L. et al. Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio: uma pesquisa-ação. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 499–519, 2019.
- GUAITA, R. I.; GONÇALVES, F. P. A experimentação na educação a distância: reflexões para a formação de professores de ciências da natureza. In: UFSC. **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA**. Florianópolis: ESUD, 2014. v. 11, p. 1461–1475.
- HAWKINS, I.; PHELPS, A. J. Virtual laboratory vs. traditional laboratory: which is more effective for teaching electrochemistry? **Chemistry Education Research and Practice**, Royal Society of Chemistry, v. 14, n. 4, p. 516–523, 2013.
- INFANTE-MALACHIAS, M.; NAVAS, A.; NUNES, C.; SANTOS-GOUW, A.; FEJES, M. Elaboração em grupo de roteiros de simulações de química: uma aproximação à aprendizagem significativa colaborativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 49–61, 2007.
- LIU, D.; VALDIVIEZO-DÍAZ, P.; RIOFRIO, G.; SUN, Y.-M.; BARBA, R. Integration of virtual labs into science e-learning. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 75, n. 1, p. 95–102, 2015.
- LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. Tics no ensino de química: um recorte do “estado da arte”. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 7, p. 1–12, 2015.
- LUCENA, G. L.; SANTOS, V. D. dos; SILVA, A. G. da. Laboratório virtual como alternativa didática para auxiliar o ensino de química no ensino médio. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 21, n. 02, p. 27, 2013.
- PEERAER, J.; PETEGEM, P. V. Ict in teacher education in an emerging developing country: Vietnam’s baseline situation at the start of ‘the year of ict’. **Computers & Education**, Elsevier, v. 56, n. 4, p. 974–982, 2011.

- RAMO, L. B. Metodologias para o ensino de química na modalidade eja: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, n. 2, p. 109–125, 2019.
- RATAMUN, M. M.; OSMAN, K. The effectiveness of virtual lab compared to physical lab in the mastery of science process skills for chemistry experiment. **Problems of Education in the 21st Century**, Scientia Socialis Ltd., v. 76, n. 4, p. 544, 2018.
- RAY, S.; SRIVASTAVA, S. Virtualization of science education: a lesson from the covid-19 pandemic. **Journal of Proteins and Proteomics**, Springer, v. 11, n. 2, p. 77–80, 2020.
- RODRIGUES, C. R.; DINIZ, J. M.; ALBUQUERQUE, M. G.; SANTOS, N. P. D.; ALENCASTRO, R. B. de; LIMA, D. de; CABRAL, L. M.; SANTOS, T. C. dos; SANTOS, D. O.; CASTRO, H. C. Ambiente virtual: ainda uma proposta para o ensino. **Ciências & Cognição**, v. 13, n. 2, p. 71–83, 2008.
- RODRIGUES, G. C.; NASCIMENTO, E. Q. Sequências didáticas como apoio ao ensino de densidade, polaridade e ph por meio dos simuladores virtuais phet. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 10, n. 1, p. 188–197, 2020.
- SANTOS, A. C.; FERNANDES, F. S.; SILVA, J. B. da. O uso de laboratórios online no ensino de ciências: uma revisão sistemática da literatura. **ScientiaTec**, v. 4, n. 1, p. 143–159, 2017.
- SANTOS, F. M. T. d.; GRECA, I. M.; SERRANO, A. Uso do software dicewin na química geral. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências. Porto Alegre. Vol. 3, n. 1 (jan./abr. 2003), p. 58-69**, v. 3, n. 1, p. 58–69, 2003.
- SILVEIRA, F. A.; MEDEIROS, S. d. N. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; NETO, M. B. dos S.; SALES, G. L. Misturex: um objeto de aprendizagem no processo de ensino e aprendizagem de química. **Caminhos da Educação Matemática em Revista (Online)**, v. 9, n. 3, p. 71–85, 2019.
- SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; ALMEIDA, S. N.; NETO, M. B. S. Investigação dos obstáculos epistemológicos no ensino de química: uma abordagem no tópico modelos atômicos. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 9, n. 1, p. 31–46, 2019.
- SOUZA, F. G.; MARTINS, H. G.; RODRIGUES, C. K.; RODRIGUES, G. C. Caderno de sequências didáticas: uma construção dos licenciandos em química para a utilização do laboratório virtual. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 6, n. 1, p. 164–172, 2016.
- TAVARES, R.; SOUZA, R. O. O.; CORREIA, A. de O. Um estudo sobre a “tic” e o ensino da química. **REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS**, v. 3, n. 5, p. 155–167, 2013.
- TULHA, C. N.; CARVALHO, M. A. G. de; COLUCI, V. R. Uso de laboratórios remotos no brasil: uma revisão sistemática. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 22, n. 2, p. 1, 2019.