

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

ISABELLA RIZZO CONTARINI

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO
SOBRE AS CONCEPÇÕES DE DOCENTES DE QUÍMICA

ITAJUBÁ – MG
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

ISABELLA RIZZO CONTARINI

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO SUPERIOR: um estudo sobre as
concepções de docentes de química

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do
programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências (PPGEC) da Universidade federal de Itajubá,
na linha de pesquisa: Educação e Tecnologias como
exigência parcial para obtenção do título de Mestra em
Educação em Ciências

Área de Concentração: Educação em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Mikael Frank Rezende
Junior

ITAJUBÁ – MG
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

ISABELLA RIZZO CONTARINI

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO SOBRE AS
CONCEPÇÕES DE DOCENTES DE QUÍMICA

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior (Orientador)

Pfro. Dra. Jane Raquel Silva de Oliveira

Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho

ITAJUBÁ – MG
2024

Dedico este trabalho aos meus avós paternos (*in memoriam*),
Julieta Contarini e Agostinho Pereira

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem seu amor minha vida não teria sentido. E é por este amor que eu vivo.

Agradeço aos meus pais, Jacques Contarini e Luciana Rizzo, por me ampararem dando condições e forças para seguir em frente, e ao meu irmão Igor, por ser uma pessoa de bom coração.

Agradeço ao Bruno, meu companheiro, que busca me fazer sorrir e torna minha vida mais leve, você conhece e faz parte dos meus processos e evoluções. Obrigada por me auxiliar nas minhas ressignificações.

Agradeço aos meus colegas Ana Caroline, Elias, Isabella Bauducci, Cintia Torres e minha amiga, Lorena Fadini.

Agradeço ao meu orientador Prof. Mikael pelo apoio, paciência e, principalmente, por confiar em mim.

Aos professores do PPGEC, obrigada pelas formações, especialmente a professora Alessandra Rodrigues que apresentou um novo olhar sobre as TDIC, ao professor João Ricardo Neves da Silva que demonstrou que Ensino Superior e Educação Básica podem e devem ocupar e convergir em seus espaços, ao professor Evandro Rozentaliski pelo material cedido, a professora Juliana Furlani pelas conversas, desabafos e pela oportunidade de experienciar a sala de aula com você e, por fim, ao carinho especial da professora Geise Ribeiro que me acompanha desde minha graduação e tem grande importância em minha formação.

Ao Grupo De Pesquisa Tecnologias E Cultura Digital Na Educação Em Ciências (TeCDEC) pelas leituras e discussões que me aproximaram de um novo cenário de possibilidades, ao Grupo de Estudos em História, Filosofia e Ensino de Ciências (GEHFEC) por me despertar o desejo de investigar, ler e compreender mais sobre a Educação em Ciências e ao Grupo de Estudos Interdisciplinares e Formação de Professores (GEIFOP) que durante o ensino remoto foi essencial.

À Universidade Federal de Itajubá, pelo financiamento desta pesquisa, que me auxiliou no processo de dedicação e que me formou.

Agradeço a todos que me apoiaram e que contribuíram de alguma forma para esta pesquisa.

ABSTRACT

With the establishment of Emergency Remote Teaching (ERT) motivated by the COVID-19 pandemic and in light of the advances and use of Digital Information and Communication Technologies (DICT) to aid pedagogical practice at different levels of education, this research aims to analyze the understandings that chemistry teachers from a Higher Education Institution (HEI) have about the use of computational simulators (CS). In this sense, this research is configured as a qualitative study in which data were obtained through semi-structured interviews with seven teachers and subsequently analyzed in such a way that two main groupings emerged: a) Experimentation in Chemistry Teaching: scenarios, proposals, and teacher understandings, which investigated the occurrence of practical disciplines during ERT, the adaptations made by teachers, and their understandings of the laboratory and experimental activities; and b) Computational Simulations in Undergraduate Chemistry Courses: applications, domains, and criteria, which investigated the contexts of use and application of CS, seeking the knowledge and domains teachers have on the subject. In addition, the necessary criteria for the application of CS in the didactic context in which they operate were investigated. It was identified that the methods used in practical classes during ERT were not satisfactory for teachers who understand experimental practice as an important element in the chemistry course, and it could not be replaced by tools mediated by DICT. Thus, the laboratory is understood as a preparatory space with the purpose of qualifying students for the professional market. Regarding the understandings of CS, various possibilities were pointed out, including exploring different conceptual levels of chemistry and assisting research carried out in experimental laboratories. On the other hand, some obstacles were identified, such as the need for students to differentiate models from real objects, the limited time available in classes, the lack of teacher training, and the unfamiliarity with platforms and software.

Keywords: Computational Simulations, Higher Chemistry Education, Teacher Understandings, DICT.

RESUMO

CONTARINI, Isabella Rizzo. **SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO SOBRE AS CONCEPÇÕES DE DOCENTES DE QUÍMICA.** 2024.n^op.144. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Itajubá/MG. 2024.

Com o instaurar do Ensino Remoto Emergencial (ERE) motivado pela pandemia da COVID-19 e frente aos avanços e uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no auxílio à prática pedagógica em diferentes níveis de ensino, esta pesquisa tem o objetivo de analisar quais compreensões docentes de química de uma Instituição de Ensino Superior (IES), possuem sobre o uso de simuladores computacionais (SC). Neste sentido, essa pesquisa se configura como um estudo qualitativo em que os dados foram obtidos através de entrevistas semiestruturadas com sete docentes e, posteriormente, analisados de forma que emergiram dois agrupamentos principais designados em: a) *A Experimentação no Ensino de Química: cenários, propostas e compreensões docentes*, que investigou a ocorrência das disciplinas práticas durante o ERE, as adaptações realizadas pelos docentes e que compreensões possuem sobre o laboratório e as atividades experimentais; e b) *Simulações Computacionais nos cursos de Graduação em Química: aplicações, domínios e critérios*, que investigou os contextos de uso e aplicação das SC, buscando quais os conhecimentos e domínios os docentes possuíam sobre a temática além disso, foi investigado os critérios necessários para a aplicação de SC no contexto didático que atuam. Identificou-se que, os métodos utilizados nas aulas práticas durante o ERE não se configuraram satisfatórios para os docentes que compreendem a prática experimental como elemento importante no curso de química, não sendo possível ser substituída por instrumentos mediados pela TDIC, assim, o laboratório é entendido como espaço preparatório com a finalidade de qualificar os discentes para o mercado profissional. Quanto as compreensões sobre SC, foram apontadas diversas possibilidades entre elas, explorar diferentes níveis conceituais da química e auxiliar pesquisas realizadas em laboratórios experimentais. Por outro lado, configuraram como alguns obstáculos a necessidade dos discentes diferenciarem modelos de objetos reais, o pouco tempo disponível nas aulas, a falta de capacitação docente e o desconhecimento de plataformas e *softwares*.

Palavras-chave: Simulações Computacionais. Ensino Superior de Química. Compreensões Docentes. TDIC

SUMÁRIO

□ INTRODUÇÃO	9
1. A QUÍMICA COMO UMA CIÊNCIA EXPERIMENTAL	15
1.1 Diferenças entre Experiência e Experimentação, em Educação em Ciências	16
1.1.1 A relação entre a experiência e o senso comum	16
1.1.2 A relação entre a experimentação e o conhecimento científico	19
1.2 Práticas Experimentais no Ensino de Química	23
1.2.1 As atividades experimentais	28
1.2.2 Laboratório didático de química no Ensino Superior	28
1.2.3 A Experimentação e seu uso na elaboração do Pensamento Científico: O possível uso de Simulações Computacionais	33
2.SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA ...	37
2.1 Promoção do Ensino de Química por meio das TDIC	37
2.2 Simulações Computacionais no Ensino de Química.....	42
2.2.1 Definições, possibilidades e preceitos sobre o uso da SC	42
2.2.2 O que é modelo, modelagem computacional e simulação computacional?	46
2.2.3 O que dizem as pesquisas para o Ensino de Química?	51
3.PERCURSO METODOLÓGICO.....	53
3.1 Proposta Metodológica.....	53
3.2 A Coleta de Dados e os Participantes da Pesquisa.....	54
3.3 A Análise de Dados.....	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1 A Experimentação na Graduação em Química	58
4.1.1 Cenários, desafios, propostas e compreensões docentes.	59
4.1.2 O laboratório de química no Ensino Superior	67
4.1.3 Atividades experimentais no Ensino de Química.....	78
4.2 Simulações Computacionais no Ensino Superior de Química.....	90
4.2.1 Definições de simulação computacional	90
4.2.2 Aplicabilidades da simulação computacional	93
4.2.3 Critérios de escolha docente no Ensino Superior	105
CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
□ REFERENCIAS.....	131
▫ APÊNDICE A.....	138
▫ APÊNDICE B	141

INTRODUÇÃO

A inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no ambiente formal de ensino é acompanhada pelas mudanças nas relações sociais e, por consequência, nas formas de ensinar e aprender (RODRIGUES, 2019), por consequência, a sociedade requer de seus participantes o *status* de “alfabetizados digitalmente”. Entretanto, isso não é o suficiente para a “Sociedade da Informação”, visto que, esta alfabetização digital pode se refletir como fluência digital, significando “aquele que usa, compreende e sabe sobre tecnologia da informação” (TAROUCO, 2018, p.34) se restringindo em habilidades para o uso do computador e da internet e afetando as competências necessárias aos professores para “explorar plenamente o potencial das tecnologias digitais” (TAROUCO, 2018, p.33). No cenário da Educação Superior, os currículos de formação de professores em química e documentos oficiais, apontam para a necessidade de um domínio de ferramentas tecnológicas, mas, apesar da demanda o atual cenário é estabelecido por práticas onde o professor está no centro do processo de ensino e aprendizagem (REIS, LEITE e LEÃO, 2019).

Durante a pandemia da COVID-19, instaurada oficialmente em 11 de março de 2020 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (UNA-SUS, 2020) houve uma corrida para modificar e adaptar à nova realidade, ampliando o papel das TDIC para diversos espaços, incluindo cenários educacionais. Devido ao distanciamento provocado pela pandemia da COVID-19, o contato entre as pessoas e a presença em ambientes físicos não eram mais possíveis levando a um processo de reconfiguração do ensino, que quando aconteceu, se concretizou de forma virtual, afastando-se do habitual cenário conhecido pelos docentes. No Ensino Superior, compreendemos que a inserção das TDIC não é novidade, visto a modalidade de ensino efetuada pela Educação a Distância (EaD) que é mediatizada pelas plataformas e ambientes de ensino e aprendizagem virtuais. Essa modalidade de ensino há tempos vem sendo utilizada por Instituições de Ensino Superior (IES) públicas e privadas na oferta de cursos de graduação e pós-graduação (RODRIGUES, 2020). O emprego das TDIC já utilizadas anteriormente, na função de garantir, quando possível, a manutenção do ensino buscou estabelecer a possibilidade em dar continuidade aos calendários acadêmicos, assim, os docentes buscaram garantir a efetivação do ensino através do Ensino Remoto Emergencial (ERE) que substituiu até o dia 31 de dezembro de 2021 o ensino presencial.

É necessário ressaltar que o termo “Ensino Remoto” será adotado nesta pesquisa em convergência ao termo utilizado pela IES em que se realizou esta pesquisa, existindo outros

termos para se referir a este momento como “Ensino Virtual” como foi relatado e adotado por Leite (2020).

(...) escolas e universidades passaram adotar aulas denominadas de “ensino remoto”. Entende-se que tal termo não seja o mais adequado a ser utilizado, uma vez que trata da ideia de distanciamento geográfico (por exemplo, nos dicionários em língua portuguesa tratam a palavra remoto como algo que se encontra longe no tempo e/ou no espaço, como algo longínquo, o que não é o caso). A nomenclatura mais adequada seria Ensino Virtual (EV), já que toda ação de ensino acontece dentro do mundo virtual, ocorrendo uma mudança de ambiente (presencial para o virtual), através das (...) (TDIC) que permitem o contato de forma síncrona (por meio de videoconferências, por exemplo) e/ou assíncrona (utilizando ambientes virtuais de aprendizagem), ou seja, há sim uma separação geográfica, mas que não significa que estejam em locais “remotos” ou de difícil acesso, apenas não podem se encontrar presencialmente (LEITE, 2020, p. 67)

As atividades relacionadas ao ensino e pesquisa, em alguns casos, retornaram de forma remota ainda no primeiro semestre de 2020, havendo a necessidades do planejamento de algumas atividades que seriam ofertadas somente no semestre posterior. Cabe lembrar que, a “mudança para o ERE foi realizada com pouco ou nenhum planejamento, e as práticas e metodologias desenvolvidas por meio do ensino presencial, na maioria das vezes, foram apenas transferidas para o ensino remoto” (SILVA et al, 2020, p. 3). Esse impacto gerado pela pandemia afetou todos os níveis educacionais, modificando a práxis docente em diferentes frentes, Rodrigues (2020) descreve alguns dos desafios enfrentados pelos docentes como a falta de suporte tecnológico necessário aos discentes para o acesso as atividades promovidas em seus cursos. Este desafio nos leva a refletir sobre problemáticas de vertentes econômicas e de infraestrutura, reiterando que, para o estabelecimento do acesso as TDIC não se bastam o acesso ou garantia de equipamentos. Outro desafio aparente é quanto às normatizações das ações e dos procedimentos estabelecidos nas práticas docentes, ou seja, quanto aos regulamentos que orientam e gerem as disciplinas remotas.

Por não ser um hábito de todos os docentes, o uso das TDIC com finalidades educacionais conferiu outro desafio exposto por Rodrigues (2020) visto que os docentes estavam habituados com o ensino presencial estabelecido, geralmente, em aulas de 50 minutos. No caso do ERE, estas aulas podem se apresentar menos produtivas havendo uma tendencia a ser cansativas. Na busca de superar estes desafios, algumas IES ofertaram formações aos docentes, entretanto, estas ações nem sempre são suficientes visto a baixa adesão voluntária dos docentes. Por outro lado, os docentes que refletiram sobre sua prática pedagógica durante os cursos, buscaram superar os obstáculos identificados, entre eles, o ato de avaliar (RODRIGUES, 2020). De fato, compreender os por quês da avaliação adentra compreensões que estão além da ação em si, mas dos processos de ensino e de aprendizagem, e se desvia das compreensões onde deve-se “provar algo a alguém”, visto que o ato de avaliar se dá, por muitas vezes, pela avaliação somativa o que é praticamente uma tradição nos ambientes educacionais e ao empenhar

esforços para a compreensão de outras formas de avaliar podem configurar conflitos para alguns docentes.

Para os professores, foi necessário pensar e reelaborar a estrutura de suas disciplinas de maneira rápida, adaptando os materiais didáticos, as listas de exercícios e as aulas. Além disso, eles ainda precisaram aprender e dominar diferentes recursos tecnológicos para disponibilizar os materiais e as aulas. Com relação aos estudantes, foi preciso que eles desenvolvessem uma maior autonomia e organização do tempo, já que, no ERE, a dinâmica das aulas e das atividades são muito diferentes. Ainda, ambos os sujeitos do processo de ensino e aprendizagem enfrentam dificuldades com relação ao acesso à internet e precisaram conciliar diferentes tarefas. (SILVA et al, 2020, p.3).

Buscando aprofundar nos objetivos formativos do Ensino Superior, este nível de ensino tem como foco formativo a formação do cidadão que atuará no mercado de trabalho, assim as necessidades formativas dos alunos da graduação constituem-se, para além das necessidades formais, pois estão atreladas a formações de cunho social, ético e de ação crítica. A atuação dos professores no Ensino Superior também assume esse amplo espectro, em que se desempenham atividades de docência, pesquisa e, em alguns casos, de extensão. Alguns professores, não passam por formações pedagógicas em suas carreiras e têm na sua atuação profissional uma tendência a dar seguimento em práticas recorrentes de suas formações iniciais. É comum que professores universitários se identifiquem socialmente mais no campo científico do que como docentes (como professor de) por isso, as atividades acadêmicas que realizam, como a leitura de materiais, frequentar cursos, eventos e a produção de artigos, estão mais relacionadas à formação inicial enquanto bacharéis e profissionais liberais do que com a docência propriamente dita (JUNGES; BEHRENS, 2015).

Em relação aos professores de química que atuam em cursos de graduação são requeridas, habilidades no uso de laboratórios, manuseio de vidrarias, reagentes químicos, equipamentos etc. Além das habilidades práticas, é necessário que o docente integre o currículo, a prática pedagógica e as tecnologias, como definido pelo parecer CNE/CES 1.303/2001, que estabelece um novo currículo para os profissionais de química, requerendo, portanto, “uma mudança de postura institucional e um novo envolvimento do corpo docente e dos estudantes. Já não se pode aceitar o ensino seccionado, departamentalizado, no qual disciplinas e professores se desconhecem entre si.” (BRASIL, 2001, p.2) se referindo a divisão por áreas que ocorre nos cursos de química, onde os profissionais se restringem a trabalhar com seus pares. A Diretrizes Curriculares para os cursos de química do Brasil (CNE/CES 1.303/2001) também estabelecem que “A qualificação científica tornar-se-á inoperante se não for acompanhada da atualização didático-pedagógica, sobretudo no que se refere ao melhor aproveitamento do rico instrumental que a informática e a tecnologia renovam incessantemente”(BRASIL, 2001, p.2), ou seja, é necessário que os responsáveis pela formulação e execução dos cursos de graduação em

química busquem se atualizar, inclusive na incorporação das TDIC, com a finalidade de garantir uma renovação nos processos que envolvem a manutenção e produção científica.

Pensando especificamente no contexto dos cursos de Química Bacharelado e Química Licenciatura, que recorrentemente fazem o uso de laboratórios didáticos experimentais na finalidade de ministrar disciplinas práticas, a nova realidade impossibilitou que discentes e docentes frequentassem o ambiente do laboratório as mudanças afetaram as formas de avaliar os conhecimentos dos alunos, visto que já não era mais possível observar a postura discente nem requerer relatórios produzidos nas aulas práticas, as interações que ocorriam corriqueiramente com os equipamentos, materiais disponíveis nos laboratórios, com os docentes, e colegas de turma não eram mais possíveis. Assim, os docentes de química enfrentaram o desafio, no que se refere ao estabelecimento de atividades de ensino que tem como foco a formação profissional, visto que, para estes cursos a CNE/CES 1.303/2001, descreve que tanto na formação pessoal do profissional bacharel quanto do licenciado existe a necessidade do domínio de técnicas básicas de utilização de laboratórios, desta maneira as aulas práticas se apresentaram como um desafio, afinal como os docentes realizariam aulas práticas de forma virtual? Questiona-se também, quais impactos foram gerados nos graduandos? Compreende-se que, as atividades experimentais possuem contribuições na área de Educação em Ciências, entre elas estão a capacidade de motivar e despertar a atenção dos alunos; o desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo; desenvolver a tomada de decisão; estimular a criatividade; aprender a analisar dados e propor hipóteses; detectar e corrigir erros conceituais dos alunos; compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação; aprimorar habilidades manipulativas entre outras (OLIVEIRA, 2010).

O conhecimento científico é definido como um “conjunto de ideias elaboradas na tentativa de explicar fenômenos naturais e de laboratório” (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019, p. 197), esse conhecimento é formulado por meio de um conjunto de conceitos científicos que são definidos como “construções abstratas da realidade, não sendo, no entanto, a própria realidade” (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019, p. 197) essa definição abre margem para a modificação do conceito científico ao longo da história. A química, enquanto área de conhecimento das ciências da natureza, tem um forte caráter experimental que leva a um currículo fundamentado por aulas teóricas e práticas requerendo dos alunos e professores diferentes saberes. Esses diferentes enfoques são ampliados para os cursos de Licenciatura, que buscam, além do conhecimento conceitual científico formar professores para atuar, principalmente, na Educação Básica. Como já abordado, existem vertentes curriculares que apontam para a importância da inserção da cultura digital ao Ensino Superior como sua aliada beneficiando alunos e professores na manutenção da mensagem dialógica. Nonato, Sales e

Cavalcante (2021) afirmam que o processo de enculturação digital, para o professor, não se basta na visão tecnicista onde a tecnologia assume um papel único de ferramental, ou da aquisição do equipamento. Tal visão, reduz as possibilidades de acrescentar valores às estratégias de aprendizagem e possibilidades para a ação docente. A enculturação digital está na intencionalidade que se dá ao uso da tecnologia e aos processos educativos que lhe são incorporados. Entretanto, a transformação promovida no ambiente não se caracteriza por sua ação de forma independente, o movimento proposto deve buscar favorecer as trajetórias de aprendizagem e, conseqüentemente, a emancipação dos sujeitos

Assim, refletimos como a tecnologia, que já faz parte do cotidiano do professor de química do Ensino Superior, poderia auxiliar no processo de ensino e aprendizagem? Compreendemos que alguns docentes do Ensino Superior recorrentemente estão em contato com a produção de pesquisas científicas, justificando a constante renovação da sua prática como pesquisador e, portanto, a familiaridade com a tecnologia na elaboração de relatórios e artigos científicos, no manejo de instrumentos e demais formas que a tecnologia possa se apresentar na prática científica. Além disso, como exposto por Vasconcelos (2016) a tecnologia pode se apresentar com finalidades didáticas, corroborando para elucidar conceitos científicos no contexto educacional. Dentre os recursos tecnológicos a autora destaca que “os vídeos, as animações, as simulações ou softwares interativos, os modelos computacionais, podem auxiliar professores e alunos para efetivar o processo de construção do conhecimento científico.” (VASCONCELOS, 2016, p.3). No contexto do Ensino de Química as possibilidades são ainda mais claras, visto que os recursos possibilitam “representações do campo submicroscópico, e conseqüentemente, uma compreensão a nível atômico molecular dos fenômenos químicos que podem ser ensinados no contexto escolar” (VASCONCELOS, 2016, p.3). Dessa maneira, essa pesquisa se motivou em um objetivo geral: analisar quais compreensões docentes de química de uma IES pública, que lecionam para cursos de Graduação de Química, Licenciatura e Bacharelado, possuem sobre o uso de simuladores computacionais (SC) como potencial ferramenta para auxílio didático em sua prática de maneira a desvelar os processos que estão envolvidos na possibilidade da aplicação no ensino de química. Na intenção de responder o objetivo primário, formularam-se os seguintes objetivos específicos: 1) Identificar a compreensão de Professores de Química de Ensino Superior sobre a Experimentação; 2) Compreender e identificar as possibilidades do uso de Simuladores Computacionais no auxílio à prática docente no Ensino Superior. Devido ao contexto de pandemia e a amplificação do uso de TDIC por parte dos professores de Ensino Superior, o presente trabalho se guiou nas considerações dos docentes através de uma entrevista semiestruturada elaborada após os seguintes questionamentos: Quais concepções têm os docentes do Ensino Superior de Química

sobre o uso de Simuladores Computacionais? Que contribuições o uso de Simuladores Computacionais tem para a sala de aula, segundo os docentes?

Esta pesquisa foi organizada da seguinte maneira: no capítulo um, intitulado *A Química como uma ciência experimental* diz respeito ao conceito da experimentação em química e sobre as atividades experimentais além de abrir discussões sobre a implicação da prática na formação do Químico. O segundo capítulo intitulado *Simulações computacionais no contexto do Ensino de Química* discorre sobre a promoção do uso de simulações computacionais no Ensino de Química o conceito de simulações computacionais, modelos, modelagem computacional e uma breve análise sobre as pesquisas que investigam o cenário do Ensino Superior. O terceiro capítulo se dedica ao percurso metodológico a coleta de dados e as análises e, o quarto capítulo busca responder o objetivo principal da pesquisa discorrendo sobre dois blocos estruturados em: a) *A Experimentação no Ensino de Química: cenários, propostas e compreensões docentes; e b) Simulações Computacionais nos cursos de Graduação em Química: aplicações, saberes e critérios*. Por fim as considerações finais são apresentadas.

1. A QUÍMICA COMO UMA CIÊNCIA EXPERIMENTAL

A química é uma ciência natural organizada em torno de princípios e teorias. No Ensino Superior as disciplinas são divididas por áreas, onde o ensino é ofertado de forma teórica e prática. Esta relação guia a origem da química, se estabelecendo um dueto em que a teoria se apresenta relacionada as práticas experimentais realizadas usualmente em laboratórios. A existência de laboratórios no contexto da química é reforçada desde o século XVII, em que os profissionais, inicialmente vinculados a atividades da medicina, relatavam a existência de normas e comportamento de trabalho nestes espaços. Além disso, os roteiros experimentais também já constavam nas aulas práticas remontando ao que ainda se faz habitualmente em disciplinas práticas. Entretanto, a concepção da química como uma ciência autônoma não eram um consenso até o século XVIII, sendo vista como uma atividade utilitária a outras ciências, ou seja, de forma que fosse empregada de forma funcional, estando atribuída à medicina ou em atividades tecnológicas na mineração ou na indústria de açúcar (MAAR, 2004).

Para Kant, por exemplo, em *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften* (Princípios metafísicos das ciências naturais), de 1786, a química não é uma “ciência”, mas uma “arte sistemática”, isto é, ela não é uma ciência que investiga a natureza (ou o mundo externo) como atividade precípua, mas somente em função de sua utilidade (ou “produtividade”) para outras ciências (MAAR, 2004, p.59)

Após este período, a química passou a ser reconhecida como ciência natural, pode-se dizer que o ensino de química no Brasil, em nível superior, teve seu início por meio de três tipos de instituições: i) àquelas que se dedicavam a uma química prática (academias militares, laboratórios de museus); ii) as faculdades de medicina; iii) por fim, as escolas de engenharia (MAAR, 2004). Podemos compreender que a expansão da oferta de cursos de química pelo país assumiu uma condição onerosa, visto que dependem de suporte para implantação e funcionamento de laboratórios que são constituídos por equipamentos e reagentes (LIMA; LEITE, 2018). Assim, compreendendo que a química tem uma relação com a experimentação desde sua origem, e reconhecendo a importância da temática para melhor compreensão do que se compreende por experimentar nas ciências da natureza esse capítulo objetiva apresentar uma discussão partindo das diferenças entre a experiência e a experimentação e suas implicações no contexto histórico e filosófico. Além disso, busca compreender qual sua relação com o conhecimento científico a fim de amplificar discussões acerca das atividades experimentais vastamente aplicadas em situações didáticas tanto em aulas teóricas como em aulas práticas. Por fim, o capítulo se propõe em uma breve discussão, relatar sobre o laboratório didático no Ensino Superior buscando introduzir questões que abarquem o conhecimento químico e a possibilidade do uso de simulações computacionais.

1.1 Diferenças entre Experiência e Experimentação em Educação em Ciências

Entender a diferença entre senso comum e atividade científica nos capacita a compreender conceitos, que são recorrentemente aplicados em atividades científicas, teóricos ou práticos, são utilizados para compreender o que é o conhecimento. Segundo Alves Filho (2000), o conhecimento ou saber está baseado no pensamento e requer a interação do homem com seu entorno. Alves Filho (2000) em seu trabalho apresenta alguns termos que aparentemente são parecidos, mas que, demonstram suas divergências de significações, além disso, seu trabalho tem foco principal voltado para a compreensão da experimentação no Ensino de Ciências, no ensino de física.

A “Experiência” e a “Experimentação”, são definidos como “Procedimentos de maior ou menor grau de liberdade, com o controle das interações e do objeto de seu conhecimento” (ALVES FILHO, 2000, p.150), ou seja, são operações realizadas pelo homem, mas que seguem diferentes caminhos, em que ambos buscam o conhecimento. A experiência, neste caso, por ser parte do cotidiano humano, seria o procedimento de maior grau de liberdade, admitindo a especulação. Por outro lado, a experimentação sugere procedimentos mais regrados, elaborados com princípios investigativos, propondo a organização de pensamento, a fim de buscar respostas e estabelecer “verdades científicas”, tomamos por significado então, a experimentação como ferramenta para o constructo do conhecimento científico. Na química “A experimentação deve contribuir para a compreensão de conceitos químicos, tanto por meio do manuseio e transformações de substâncias, quanto na atividade teórica, ao explicar os fenômenos ocorridos.” (SANTOS; MENEZES, 2020 p.182)

1.1.1 A relação entre a experiência e o senso comum

Alves Filho (2000) define que “O senso comum tem por princípio aceitar que diferentes pessoas, frente ao mesmo fenômeno, sempre vêem a mesma coisa”, entretanto, aceitamos o fato de que a convivência cotidiana não resulta necessariamente que estes sujeitos tenham os mesmos pensamentos, mesmo convivências e lembranças assim são sugeridas negociações que buscam aproximar e minimizar possíveis divergências nas interpretações individuais. O objeto final destas negociações constitui o que conhecemos por senso comum ou conhecimento vulgar. Essa aceitação coletiva torna-se necessária, pois é a partir dela que essas “verdades” serão passadas adiante para as próximas gerações. “Constituir-se de explicações e comportamentos que se incorporam ao longo do tempo, tornando difícil seu questionamento. Aceitar novas verdades significa alterar formas de pensamento e valores coletivamente aceitos” (ALVES FILHO, 2000, p. 154). Marques e Fraguas (2021) compreendem que a sociedade é constituída por sujeitos ativos que constantemente interagem por ações,

pensamentos e questionamento, essas interações não necessariamente são críticas e intencionais, apesar de reconhecermos a existência de outros contextos, visto que se caracteriza como um movimento interno e individual “Constantemente, devemos filtrar a informação e envolvermo-nos na sociedade para sobreviver devido à pluralidade de formas de vida e maneiras de fazer.” (MARQUES; FRAGUAS, 2021, p. 3). As crenças pessoais, fomentam uma filosofia em que o sujeito vive por um conjunto de experiências pessoais, este nicho se apresenta por um saber popular que busca evidências geralmente em questões visuais que confirmam, ou não, se a prática foi satisfatória. A construção deste saber não busca se amparar em métodos que reproduzem o passo a passo, não há rigor em sua execução sobre as causas ou efeitos.

O senso comum costuma ser subjetivo, exprime sentimentos e opiniões individuais ou de grupos, variando de uma pessoa para outra ou de um grupo para outro, dependendo das condições em que vivemos. Por isso, torna-se heterogêneo e individualizador, em que cada coisa ou cada fato nos aparece como um indivíduo ou como um ser autônomo. Na maioria das vezes, o senso comum limita-se a resolver problemas de ordem prática. Portanto, se o conhecimento funcionar dando a resposta desejada a determinada situação, o mesmo conhecimento continuará sendo utilizado sem muitos questionamentos (MARQUES; FRAGUAS, 2021, p. 6)

O senso comum, apresenta na sua construção, um conforto no indivíduo visto que assumir uma nova postura frente a construção de seus conhecimentos exigiram a superação de um pensamento construído sob uma perspectiva imediatista, individualista e ingênua.

“pensar criticamente, a segurança e a certeza sobre determinado fato ou assunto deixa de prevalecer. Abre-se espaço para novas formas de pensar, não mais pautadas na subjetividade e na opinião própria, mas em opiniões que se constroem na cientificidade do conhecimento historicamente construído” (MARQUES; FRAGUAS, 2021, p. 6-7)

Tais compreensões, quando chegam à sala de aula podem causar algumas divergências, afinal se considerarmos que o senso comum é uma construção pessoal e que não dependeria consistentemente do ambiente formal de ensino para estabelecer sua existência, este conhecimento quando é conduzido a um ambiente que tem por base ensinamentos de cunho científico se estabelece em um momento que promove o conflito de conhecimentos distintos.

A experiência pessoal ou simplesmente experiência é um ato solitário que traduz em informações, em geral qualitativas, as opiniões decorrentes das interações sensitivas do sujeito com o objeto. Resumindo, a experiência é produto do mais natural e simples ato empírico que se faz presente no momento de especulação, seja espontâneo ou premeditado (ALVES FILHO, 2000, p. 155).

Assim, cada indivíduo apresentará, por consequência, uma experiência muito própria, pessoal. Compreender essa visão é importante para ressaltar uma concepção de educação que difere dos valores behavioristas, em que o estudante é representado como uma “tabula rasa”, nesta concepção o professor pressupõe um ambiente inóspito de quaisquer bagagens ou

conhecimento, devendo na sua função de educador marcar e depositar o conhecimento em seus alunos, essa é uma corrente teórica de aprendizagem mais recorrente em abordagens tradicionais na educação. Destoante desse pensamento, a corrente teórica - pedagógica construtivista propõe que “Mesmo que ingênuas, distorcidas ou limitadas, são elas que irão oferecer o lastro intelectual para que novos conhecimentos sejam aprendidos” (ALVES FILHO, 2000, p.156) ressaltando a importância das experiências vividas pelos estudantes para o ambiente formal de ensino. Entre os estudantes mais jovens, o professor busca maneiras de transformar do conhecimento informal em conhecimento científico, este conhecimento informal geralmente é adquirido pela observação e questionamentos que, até aquele momento lhe foram suficientes para suas interpretações e orientações cotidianas,, este conhecimento é parte das vivências do discente, pois é através dele que relações entre o que é aprendido e sua realidade adquirem significado (TAVARES et al, 2023; COLTRI; RUBIO, 2013).

Cabe ao professor, durante sua intervenção em sala de aula e por meio de sua interação com a classe, ajudar o aluno a transformar sua curiosidade em esforço cognitivo e a passar de um conhecimento confuso, sincrético, fragmentado, a um saber organizado e preciso. Portanto, faz-se necessário trabalhar com metodologias diferenciadas (aulas práticas, textos relativos ao assunto, jogos, recursos áudio visuais, entre outros) que auxiliem na construção do conhecimento científico. (COLTRI; RUBIO, 2013p 6)

A ideia de Senso Comum, pode se ampliar da perspectiva de aprendizagem de conceitos científicos por discentes, para o ensino, mais precisamente na sua ação.

“o conhecimento profissional construído pelos professores não é resultado apenas das apropriações feitas durante os estudos formais. Pelo contrário, são conhecimentos oriundos de um processo contínuo de socialização e internalização que acontece desde a entrada do indivíduo no ambiente escolar como estudante até o seu retorno ao mesmo ambiente no papel de professor” (LOPES; JUNIOR, 2014, p. 133)

Assim, ao adquirir um conhecimento que se mantenha pela tradição e que seja acrítica se movimentando apenas pelo ato de aceitar ou recusar práticas que vivenciaram, confere agir por experiência. Esses esquemas são incorporados de forma que a atuação docente os naturaliza na reprodução de métodos que pressupõem como suficiente aos discentes, visto que em sua experiência pessoal foi satisfatório. Por muitas vezes, essas reproduções de vivências anteriores se espelham em uma pedagogia tradicional (LOPES; JUNIOR, 2014)

Possibilitando enriquecer as possibilidades de um conhecimento científico sem descartar as construções prévias de um conhecimento baseado em opiniões e vivências pessoais, o construtivismo é uma corrente teórica da aprendizagem que defende que “A compreensão acerca da construção desse conhecimento na sala de aula sugere que deve ser construído de modo gradativo e não mediante a transmissão pura e simples pelo professor. Assim, a sala de aula passa a ser um laboratório de experimentação e cooperação” (PILETTI;

ROSSATO, 2011, p.81). Esses conhecimentos que advém de experiências podem, com a condição de passarem pelo trabalho em conjunto, ser conhecimentos de grande potencial para auxílio da compreensão do conhecimento científico, ou seja, se bem trabalhado em disciplinas de ciências podem convergir para uma atividade que busque superar interpretações equivocadas do estudante. Por fim, a busca por um ensino que explore as concepções que os alunos trazem para a sala de aula, considerando suas ideias e pensamentos, têm por consequência os modelos mentais construídos individualmente que estão baseados “nas interações socioculturais de cada indivíduo” (ALVES FILHO, 2000, p.158).

1.1.2 A relação entre a experimentação e o conhecimento científico

A compreensão do que entendemos ser o conhecimento científico começou a ser composta pelos filósofos gregos, e modificada durante os séculos com a contribuição de outros filósofos e/ou cientistas que participaram, principalmente, da revolução científica que se lançava pela Europa, durante o período renascentista. Esse o constructo, que compreende métodos experimentais para a validação de dados científicos, ganhou diferentes rumos e significados que perduram até os dias atuais. Para melhor compreensão destas questões o campo da História e Filosofia da ciência produzem pesquisas que contribuem para um entendimento mais claro sobre questões de cunho epistemológico. Portanto, esse capítulo terá contribuições de autores que visam discutir compreensões epistemológicas sobre o método científico e, como a perspectiva positivista influencia a ciência contemporânea e a nossa visão de como ensinar ciências. “A confiabilidade do caminho ou procedimento utilizado na elaboração do conhecimento verdadeiro, leva à crença de que o conhecimento assim alcançado também é verdadeiro” (ALVES FILHO, 2000, p.161).

A busca por um método que represente todo o rigor que faria jus ao constructo do “verdadeiro conhecimento” tem seu início com os gregos, inicialmente com Platão e a construção do raciocínio moderno em seus ensinamentos havia a proposição de dois mundos, o mundo sensível e o mundo inteligível. O primeiro mundo é designado para as experiências pessoais, entretanto é julgado como duvidoso e, portanto, “uma sombra do mundo real” (ALVES FILHO, 2000). O verdadeiro conhecimento residiria em um mundo que não admite o empirismo, que abre margem para opiniões imperfeitas e não verdades, os sentidos, o verdadeiro conhecimento estaria localizado no mundo das ideias. Em contraposição a Platão, seu discípulo Aristóteles admitia que “As primeiras interações do homem com o mundo físico tinham significado e, de certa forma, informaram sobre uma realidade concreta” (ALVES FILHO, 2000, p. 163). Portanto, as sensações, poderiam configurar uma primeira instância do conhecimento verdadeiro. Para Aristóteles a experiência seria a etapa onde os fenômenos

seriam reconhecidos, essa forma de conhecimento é reconhecida como o empirismo. Alves Filho (2000) considera Aristóteles como um mediador entre o racionalismo e o empirismo, pois contemplava o pensamento e a experiência “O conhecimento vinha do objeto para o sujeito” (ALVES FILHO, 2000, p.165).

O pensamento aristotélico perdurou por toda Idade Média, o exercício de compreender os fenômenos da natureza se estabeleciam pela lógica, o acesso ao plano dos fenômenos ocorria por meio dos sentidos elementares do ser humano, orientando-o por uma relação natural com o fenômeno a ser compreendido. “Na ausência de instrumentos inanimados de medição, a observação - numa dimensão empírica - era o principal mediador entre o sujeito e o fenômeno. Aliada à lógica - numa dimensão teórica -, a observação natural sustentou na sua base empírica a Metafísica no exercício de compreensão da Natureza.” (GIORDAN, 1999, p.2). A partir do século XVII, a experimentação assume papel essencial nas ciências naturais, “na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica seqüencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência.” (GIORDAN, 1999, p.2), assim a relação entre natureza, o homem e o divino se rompem, é neste momento que as investigações guiadas pelo senso comum dão lugar a proposta de uma metodologia científica pautada em racionalizar procedimentos. Neste instante da história é que a indução e a dedução ocupam espaços, o filósofo Francis Bacon também buscou conceituar “o conhecimento científico” com contribuições ao método experimental, se contrapondo ao empirismo de Aristóteles, admitiu que o uso de sensações e observação para qualificar os fenômenos não cabia mais na definição e no papel desempenhado pelas ciências da natureza, essa agora, exigia um novo raciocínio indutivo e verificacionista que correspondesse à realidade. Para isso, seriam necessários experimentos e descrições matemáticas que consigam explicar os fenômenos da natureza.

Francis Bacon, foi um filósofo que defendia uma visão utilitarista do conhecimento científico, com o lema “Saber é poder”. Sua intenção se traduzia no domínio da natureza, para assim garantir o progresso científico em prol do bem-estar do homem. O empirismo indutivista de Bacon tem na natureza a fonte de dados para o estudo.

Bacon tem, na natureza, a fonte para a realização de observações que permitiam a coleta e registro de dados sobre os fenômenos físicos a serem estudados. A ele o investigador deveria se dirigir “puro”, sem preconceitos (entenda-se hoje, sem uma pré-teoria), para fazer suas observações. destas observações seriam produzidas tabelas a partir dos dados coletados, procurando pontos comuns ou coincidentes que, através da indução, finalmente levassem ao enunciado de teorias ou leis mais gerais (ALVES FILHO, 2000, p. 179)

Desta forma, o método científico empírico - indutivista é inserido se organizando pelas seguintes etapas: observação; elaboração de hipótese; experimentação; e conclusão. Esse

método impõe não somente um homem que observa a natureza inerte a ela, ele também a analisa e investiga, não permanecendo nas primeiras impressões, ele se aprofunda com uma intenção bem definida: a de dominar e extrair o conhecimento científico com o uso da natureza. As etapas descritas (observação e elaboração de hipóteses) são derivadas da experimentação, essas etapas permitem a elaboração de enunciados genéricos, que posteriormente podem se apresentar como leis ou teorias, esse processo é caracterizado como indução (GIORDAN, 1999)

Um exemplo simples de aplicação do método indutivo em situações de ensino pode ser analisado numa atividade de laboratório, onde se pede para vários alunos registrarem independentemente a temperatura de ebulição da água. Supondo que estes alunos façam seus experimentos numa cidade litorânea e que todos eles tenham registrado a temperatura de ebulição em 100 °C, pode-se levá-los à conclusão, pelo método indutivo baseado no acúmulo de evidências experimentais, que a temperatura de ebulição da água é 100 °C. No pensamento indutivista, não há lugar para a contradição, ou seja, as evidências empíricas devem todas concordar com os enunciados genéricos (GIORDAN, 1999, p.3)

Após a indução, o filósofo René Descartes, que se opoia a Francis Bacon, compreendia uma matematização da natureza, ou seja, enxergava as propriedades matemáticas em um primeiro plano, sugerindo que a experimentação estava sujeita à razão, “penso, logo existo” reflete esse pensamento. René Descartes entra o que conhecemos por dedução. Confere a dedução o papel de concluir as hipóteses levantadas, a experimentação cabe confirmar e validar o enunciado.

Descartes, conhecido como racionalista por almejar a matematização do conhecimento (projeto cartesiano), não promoveu ou ofereceu nenhuma novidade referente ao uso da experiência/ experimentação dentro de seu método de produção do conhecimento. Ao contrário, colocou-se em um plano secundário, de onde só seria chamada se necessário (ALVES FILHO, 2000, p. 181).

Mesmo com a experimentação em um plano diferente ao matemático, o racionalismo cartesiano, nos confere também uma fundamentação em busca do conhecimento científico verdadeiro precedido pela razão e experimentação.

o método experimental é um construto construído pelos investigadores dos fenômenos da natureza, para elaborar explicações acerca dos mesmos. Em nenhum momento do percurso histórico do método experimental houve alguma menção de que seria também um processo para ensinar conhecimento científico (ciência). O método experimental, portanto, foi/é um processo elaborado historicamente para construção do conhecimento científico. (ALVES FILHO, 2000, P.197)

O caminho percorrido pelas contribuições Aristotélicas para o conhecimento científico até o método quantitativo baseado na razão passou por oposição daqueles que ao longo dos séculos contribuíram para a construção de um Método Científico que tem na sua intenção contribuir para o desenvolvimento do progresso científico.

Na química, o modelo mecanicista/reducionista cartesiano é observado principalmente nas concepções cartesianas sobre a matéria, que não aceitam a realidade do “átomo”, mas que não se opõem a uma arbitrária subdivisão da matéria, permitindo assim a aplicação de leis mecânicas ao estudo da matéria em princípio contínua (MAAR, 2004, 46)

Para Galileu, “O papel da experimentação, (...) não é mais fornecer simplesmente os dados empíricos, através da observação especializada. A experimentação assume o papel questionador da natureza. Mas para questionar é necessário existir uma pergunta e uma forma de fazê-lo” (Alves Filho, 2000, p. 184). Os nomes mais conhecidos são os de Galileu, Francis Bacon e René Descartes, isso não significa que foram os únicos, visto que o campo da História da Ciência sempre está a pesquisar por diferentes personalidades que atuaram na ciência e acabam sendo apagadas ao longo do tempo. Como citado por Alves Filho (2000), Galileu foi um desses contribuintes com fundamentação do método experimental unindo a teoria com a prática, argumentando que a passagem do pensamento empírico de Aristóteles para o pensamento de Galileu sugere a matemática como linguagem e a experimentação como mecanismo de refinamento e questionamento. Giordan (1999) direciona as influências dessa lógica metodológica nas práticas pedagógicas no ensino de ciências, em que a educação científica é constituída pelo saber criterioso, lógico e que exige controle sobre os eventos experimentais, pois é a partir dessa construção que o conhecimento científico passa a ser legitimado.

Parece ter sido o desenvolvimento dessas competências o principal objetivo da experimentação no Ensino de Ciências, e de Química em particular, até o final dos anos 60, quando os programas de educação científica recebiam uma forte influência do pensamento lógico-positivista e comportamentalista. Tratava-se de aplicar as etapas supostas do Método Científico nas salas de aula, confiando que a aprendizagem ocorreria pela transmissão destas etapas ao aluno, que indutivamente assimilaria o conhecimento subjacente. (GIORDAN, 1999, p.4)

O método não tem por finalidade ensinar, mas se impor sobre os cientistas como uma linha de raciocínio que é funcional e útil aos meios de produção. Para o ensino, garantir a presença da experimentação não significa necessariamente um bom ensino, podendo contribuir para uma imagem deformada sobre a ciência (ALVES FILHO, 2000).

Esta popularização dos laboratórios e da experimentação científica junto às escolas técnicas francesas, pode parecer que foi para auxiliar o ensino de ciências. Obviamente o “modismo” favoreceu sua introdução, mas com outra finalidade (...). O objetivo era uma maior aproximação dos alunos aos meios de produção através dos laboratórios, diminuindo as características puramente teóricas oferecidas pela escola. (...). Pelo uso da experimentação era possível promover a aquisição de procedimentos e o domínio de instrumentos e de máquinas, que poderiam vir a serem utilizados nos meios de produção ou facilitar o desenvolvimento de técnicas produtivas mais eficientes.” (ALVES FILHO, 2000, p.209)

Mesmo que presente no plano didático, a experimentação promovida nos laboratórios didáticos nem sempre se enquadravam com as funções pedagógicas. Sua presença mais se

reforçava pelo entendimento de que a ciência necessitava e necessita da presença deles seguindo os moldes de um entendimento empirista. Diferente do momento teórico onde é exigida uma postura de silêncio e atenção, as aulas de laboratório promovem a interação dos alunos se tornando um ambiente mais agradável, esses aspectos acabam favorecendo a aprendizagem, mas não necessariamente a assegurando (ALVES FILHO, 2000). Com isso, é importante se atentar para a finalidade do uso do laboratório pelo docente, não se perdendo a função didática em prol de um espetáculo científico com a finalidade de distrair os discentes.

No Ensino de Química, a abordagem da experimentação ainda se revela com um caráter tecnicista em que são aplicadas práticas com uso de roteiros com pouco grau de liberdade, nesse caminho os alunos reproduzem os procedimentos com o intuito de memorizar técnicas e posicionamentos em um ambiente experimental.

No entanto, a maneira como a experimentação vem sendo abordada no cotidiano escolar tem caráter tecnicista e limitada ao uso de roteiros com pouco grau de liberdade, ditos 'receita de bolo', onde os alunos atuam como meros reprodutores, a fim de obter resultados esperados pelo professor. Sob esta abordagem, a experimentação pouco contribui na construção do conhecimento científico, bem como no exercício da cidadania. Embora desta maneira consiga dinamizar o processo de ensino, defende-se que ela precisa ser elaborada e aplicada a fim de alcançar uma aprendizagem mais significativa e prazerosa, adotando, por exemplo, a experimentação investigativa como ferramenta (SANTOS; MENEZES, 2020, p.182)

A experimentação deve estar aliada ao processo de investigação, visto que a formação do pensamento e atitudes devem estar fundamentadas por construções investigativas (GIORDAN, 1999). A demonstração de um fenômeno não basta para a sua aprendizagem, visto que essa prática fomenta a compreensão de que a prática comprova a teoria, além disso o foco das aulas experimentais não está definido em formular uma teoria, ou mesmo comprovar, visto que o aprendiz realiza práticas dentro de um roteiro pré-definido que tem "começo, meio e fim". Como relatado por Gonçalves e Galiazzi (2004) a formulação de teorias, como ocorre durante a atividade científica requer outras condições, além de tempo.

os experimentos (...) Não são realizados no "vácuo teórico", isto é, as predições, observações e inferências são sempre originadas a partir de uma teoria. É preciso aprender a observar, porque toda observação é feita a partir das teorias do observador, mesmo que implícitas. (...) é preciso superar a visão de que a atividade experimental tem a função única e exclusiva de comprovação da teoria. (GONÇALVES; GALIAZZI, 2004, p.327)

Para isso, é proposta uma discussão na próxima seção, pretendendo estabelecer compreensões sobre a experimentação no Ensino de Química e o uso dos Laboratórios Didáticos Experimentais (LDE) mediante um planejamento didático, visando o objetivo didático inicial reconhecido pelo docente.

1.2 Práticas Experimentais no Ensino de Química

A química está correlacionada a área das ciências da natureza, desta forma, os conteúdos abordados em química apresentam a experimentação como parte estruturante dos conhecimentos construídos, cabe ressaltar que a experimentação na ciência, segundo Gibin e Souza Filho (2016), tem por objetivo desenvolver e elaborar teorias e tecnologias, ou seja, produzir conhecimento científico e tecnológico, assim a experimentação científica difere da experimentação didática. O uso da experimentação como recurso estratégico para o Ensino de Ciências consolidou-se na segunda metade do XX. No Brasil, o trabalho de laboratório tem início no século XIX, sendo inserido conhecimentos teóricos nas aulas de ciência voltados para aplicações práticas por interesses econômicas, como o de atividades de extrativismo mineral, entretanto somente no início do século XX ocorreu a regulamentação para a implementação de atividades experimentais em aulas de ciência de instituições de ensino. Na década de 30, o Ensino de Ciências busca se aproximar das propostas do educador John Dewey em que o aluno deve realizar a prática, assim as escolas buscam implementar atividades experimentais na prerrogativa de conectar o aluno com o pensamento reflexivo em substituição aos métodos teóricos e passivos. A década de 50 foi marcada por grandes projetos que influenciaram a produção de materiais para o Ensino de Ciências, no Ensino de Química, o projeto americano *Chemical Bond Approach* (CBA)¹ foi o responsável por conduzir o ensino prático em prol da fundamentação conceitual (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019). Segundo os autores, estes projetos influenciaram a elaboração de livros didáticos (LD) brasileiros até a década de 1990 havendo a retirada dos conteúdos experimentais e mantendo apenas os conteúdos teóricos. As mudanças nos LD só foram ocorrer após o programa Nacional do livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) em 2004 que retomaram a importância da experimentação no Ensino de Ciências.

Entretanto, Gibin e Souza Filho (2016) apontam que muitos LD para o Ensino Básico ainda fornecem muita ênfase à parte teórica, reduzindo a abordagem de materiais que apresentam uma visão construtivista sobre a experimentação no Ensino de Ciências, como por exemplo, as Atividades Experimentais Investigativas (AEI). Rosa (2004) destaca que mesmo as atividades experimentais propostas em laboratório acabam seguindo as mesmas finalidades concebidas da atividade teórica, ou seja, por mais que o aluno esteja realizando uma atividade

¹ No Brasil, o projeto foi introduzido pelo Instituto Brasileiro de educação, Ciência e Cultura (IBECC) (LIMA; LEITE, 2018). O material foi distribuído pela editora Universidade de Brasília e pela EDART - São Paulo Livraria promovido pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências sendo ambas traduções publicadas em 1964. A foto de um exemplar do Vol I pode ser consultada em: <http://www.materiaiseducativos.geenf.fe.usp.br/items/view/42> e em <http://www.materiaiseducativos.geenf.fe.usp.br/items/view/29>

prática, não há uma reflexão sobre a atividade que está sendo realizada e, complementa argumentando que o conteúdo teórico não foge muito desta estrutura, sendo desenvolvido pela verificação, por meio de atividades que seguem o mesmo padrão com o intuito de aprimorar cálculos e o conhecimento sobre leis.

As atividades práticas, geralmente seguem roteiros experimentais pré-estabelecidos, organizadas passo-a-passo, se desviando da investigação compreendendo aos alunos, em ambos os momentos, apenas o papel de reproduzir, atribuindo a este uma passividade em sua aprendizagem, tanto teórico quanto prático (ROSA, 2004). Complementando a autora, o objetivo da prática sempre está bem descrito, portanto já é de conhecimento do discente o resultado e as considerações finais do experimento, assim o papel do discente fica a cargo de manipular os instrumentos, compreender os fenômenos, visualizar os procedimentos entre outros.

Receputi e colaboradores (2020) apontam que o termo experimentação é polissêmico na química podendo se relacionar com a pesquisa científica ou nas aulas práticas laboratoriais. Silva, Machado e Tunes (2019, p. 198) apresentam uma definição para a experimentação no ensino sendo “uma atividade experimental que permite a articulação entre fenômenos e teorias.” estabelecendo “uma relação constante entre fazer e pensar” assim, para o campo de ensino, a atividade experimental está correlacionada a aplicação da experimentação durante o processo de aprendizagem visto a constante necessidade de realizar correlações. Na química isso infere na articulação conceitual de teorias e fenômenos, para os professores a atividade experimental como uma estratégia de ensino que oportuniza a “concretização” de teorias científicas, facilitando a aprendizagem do discente. Gonçalves e Galiazzi (2004) argumentam a favor das atividades experimentais como “um dos instrumentos do discurso das Ciências”, assim esses discursos entre professores e alunos devem integrar as atividades experimentais durante o processo de construção do conhecimento científico promovendo questionamentos, discussão e validação de argumentos visando extrapolar o espaço da sala de aula.

Gibin e Souza Filho (2016) admitem que a atividade experimental possa potencializar questionamento e compreensão de inúmeros conceitos científicos. Ainda assim, particularmente o ensino de química e física, podem carregar concepções que os autores julgam equivocadas. A primeira, a concepção intuitiva, que está mais presente no Ensino Básico por meio das feiras de ciências, onde o aluno deve aprender o conceito baseado na observação. E a segunda concepção, o laboratório didático, presente no Ensino Superior e, às vezes, no Ensino Básico se basear no método dedutivo, na função de “treinar” os aprendizes para “se tornarem cientistas” se baseando nos procedimentos de coleta de dados, análise e obtenção de resultados previamente conhecidos. Há, portanto, a instrução do Método Científico com abordagem

verificacionista, em que os resultados obtidos são comparados com a literatura de materiais tradicionais. As classificações das atividades experimentais podem se apresentar de forma diferente dependendo do autor, Leite (2018) apresenta a possibilidade de seis categorias: I) Empírico-indutivista; II) Demonstrativas; III) Ilustrativas; IV) Investigativas; V) Conceituais; VI) Técnicas. Costa e Costa (2018) apresentam quatro categorias I) Demonstração; II) Exercício; III) Atividades Ilustrativas; e IV) Investigações A definição apresentada por Gibin e Souza Filho (2016) se dispõem em três categorias que buscam sistematizar visões comumente enunciadas.

i) Demonstrativa: Em que é realizado um experimento pelo professor, geralmente pelo único equipamento existente, em que os alunos não têm acesso ao equipamento e sua participação é observacional. Geralmente a experimentação precede a teoria.

ii) Tradicional: Geralmente, essa abordagem se desenvolve com o uso de roteiros, coleta de dados e posteriormente a análise dos dados, se assemelham com os laboratórios didáticos onde a produção se encerra por meio da produção de relatórios escritos. Nessa abordagem, a ciência é retratada como objetiva e acabada.

iii) Investigativa: A abordagem investigativa, não utiliza de meios roteirizados, mas de situações-problema. Há graus de liberdade do aluno para propor e planejar as atividades e defender seus pontos de vista, também não é objetivo que haja apenas uma resposta correta, mas que o aluno planeje a atividade com o intuito de explorar o fenômeno estudado, assim o objetivo é desenvolver aspectos formacionais, onde o aluno deve compreender a estrutura do experimento realizado, capacidade de coletar e interpretar medidas, construir gráficos, tabelas entre outras atribuições, e também cognitiva, em que se preza pela aquisição do conhecimento e conceito, o raciocínio lógico-dedutivo. Assim, a abordagem experimental no ensino não é única.

As AEI são atividades que consideram concepções cotidianas do estudante, e o professor, portanto, se vê na possibilidade de elaborar atividades que consideram os conhecimentos prévios do estudante. De caráter construtivista, as situações – problema não se restringem a atividades práticas e/ou experimentos e questões extremamente abertas sem a assistência do docente. Dessa forma, o objetivo da AEI, é que esta seja planejada para se adequar ao estudante com o propósito de construção do conhecimento. No ensino o foco dessas atividades experimentais se voltam para o objetivo da natureza pedagógica, buscando para os estudantes o aprendizado de conceitos ou procedimentos e para os docentes atingir objetivos claros de cunho pedagógico como, por exemplo, aprender sobre ciência, a visão crítica sobre a natureza da ciência (NdC); aprender ciência, a abordagem orientada, por descobertas para o

processo e de caráter construtivista; fazer ciência, que reflete em um trabalho prático de investigação de fenômenos, considerando os interesses e habilidades dos alunos (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016). O modo como o professor apresenta a atividade experimental interfere na maneira que o aluno receberá a ação pedagógica, assim é apresentado como a atividade experimental pode corroborar para a manutenção de visões distorcidas sobre a ciência: i)A empirista: podem contribuir para visões distorcidas da NdC atrelando a ciência a necessidade de uma “comprovação da teoria” contribuindo para o entendimento da existência de uma ciência neutra; ii)A visão empírico-indutivista e ateórica: O experimento é priorizado se apresentando em um plano superior onde as teses e hipóteses são ignoradas na construção da pesquisa científica (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016).

Essas distorções da NdC próprias do indutivismo não permitem o desenvolvimento de uma ciência que considera o contexto histórico, nem compreende a importância da existência de uma comunidade científica e suas implicações éticas. “Isso aponta para uma questão importante a considerar no planejamento de atividades experimentais, que é a possibilidades de enriquecer o conhecimento sobre a natureza da ciência, pois esses conhecimentos influenciam a aprendizagem dos estudantes na atividade experimental” (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004, p.327). Gonçalves e Marques (2012) discutem que as atividades experimentais estão presentes nos cursos de química, seja na graduação ou na pós-graduação de forma implícita, não é intenção tornar as atividades experimentais um conteúdo, mas que sejam trabalhadas e visíveis dentro dos conteúdos já existentes, para que quando abordada propicie uma “tomada de consciência” a fim de não propagar metodologias insuficientes e visões problemáticas.

A questão não é propriamente que as atividades experimentais venham a se tornar um conteúdo do desenvolvimento profissional dos formadores e das suas ações com os licenciandos, mas sim torná-lo explícito (este e outros conteúdos a elas relacionados) na licenciatura e na pós-graduação stricto sensu em Química, entre outros espaços importantes no desenvolvimento profissional dos formadores. Tacitamente, a experimentação esteve presente no desenvolvimento profissional dos formadores e na formação dos licenciandos, e por isso aprenderam acerca desse conteúdo, mesmo que em muitos casos o tenham feito sem tê-lo estudado explicitamente. (GONÇALVES; MARQUES, 2012, p.485)

Por fim, Silva, Machado e Tunes (2019,) compreendem que o conceito de atividades experimentais é amplo, bem como o que compreendemos por laboratório, nesta definição a promoção destas atividades não necessariamente precisam ocorrer em um laboratório didático podendo ocorrer em diversos espaços, desde que atenda os interesses propostos inicialmente.

1.2.2 Laboratório didático de química no Ensino Superior

Os filósofos da ciência constantemente discutem questões relativas a teorias e representações da realidade, mas raramente dizem alguma coisa a respeito dos experimentos, da tecnologia ou da utilização do conhecimento para alterar o mundo. Isso é um tanto estranho. Afinal, originalmente, a expressão “método experimental” era outro nome para “método científico”. De fato, por muito tempo, a imagem popular (e grosseira) do cientista era de alguém vestido num jaleco branco e metido num laboratório. Entretanto, é claro que a ciência é mais antiga que os laboratórios (HACKING, 2012, p.235)

A ideia do que é um laboratório não é algo novo, no século XVI em 1597 Libavius, um professor acadêmico, descreve como deveria ser a construção, instalação e organização de um laboratório de química, de seu projeto, em 1623, originou-se o primeiro laboratório de química construído em uma universidade (MAAR, 2004). A partir da segunda metade do século XVIII generaliza-se o Ensino de Química nas Universidades, sabendo que não existia uma norma ou currículo, cada Universidade se guiava por objetivos próprios dos cursos (Medicina, Farmácia e etc), o mesmo valia para o Ensino Experimental de Química que se destinava aos interesses práticos. Somente no século XIX surgiram os laboratórios de ensino, que apresentavam objetivos pedagógicos específicos representando “o modelo do moderno laboratório universitário de química”, um deles é o laboratório do professor Liebig, localizado na Alemanha.

O laboratório de Liebig não é um laboratório de demonstração ou um laboratório em que se ensina a química experimental, nem um laboratório que leve a redescobrir as leis da natureza através do experimento, mas um laboratório que ensina a pesquisar em química. A ênfase não está na preparação de compostos, mas na análise química (...). Embora cada aluno de Liebig pesquisasse seu próprio assunto, todos os assuntos eram discutidos em grupo, para proveito comum. (MAAR, 2004, p.71)

A Alemanha, no século XIX passou por uma reforma universitária que sugeria a pesquisa indissociável ao ensino. Com a crescente de alunos e a promoção de discussões em grupos, surge o que conhecemos atualmente por grupo de pesquisa, também é promovido no laboratório de Liebig a ideia de orientação de estudos em que os alunos mais adiantados acompanhavam os mais novatos, assim se estabelece a concepção de ensino e pesquisa, esse modelo proposto se espalhou para outras universidades da Europa. Contudo, o Brasil se guiava pelo modelo de educação francês estabelecido por uma estrutura centralizada de poder que controlava a pesquisa científica, o modelo de Liebig não foi muito reproduzido pelos químicos na América Latina, em geral (MAAR, 2004).

Atualmente, a prática experimental universitária se guiam pelo modelo pesquisa e ensino principalmente na pós-graduação, com a concepção de orientação por um professor atuante na IES que formam grupos de pesquisa que envolvem desde outros docentes a alunos mais avançados da pós-graduação (mestrado e doutorado), esse modelo rompe as barreiras ao

chegar nos alunos de graduação pelos programas de Iniciação Científica fomentados por órgãos federais e estaduais de pesquisa que, por vezes, participam dos grupos de pesquisa. Na graduação em Química, as Licenciaturas e Bacharelados têm em seu currículo aulas práticas como previsto pelo CNE/CES 1.303/2001, as aulas são realizadas em Laboratórios Didáticos Experimentais (LDE). Segundo Goi e Santos (2020) as aulas ainda são estabelecidas de forma tradicional, se caracterizando por experimentos que testam conhecimentos já elucidados previamente e que são guiadas por roteiros fixos vinculando a experimentação ao trabalho de repetição do contexto da redescoberta científica. Assim, limitando o papel essencial das aulas práticas, visto que não oportunizam necessariamente possibilidades de aliar os conhecimentos prévios dos discentes na elaboração de hipóteses e na construção de conhecimentos científicos relacionados com a prática realizada.

A experimentação aliada ao ensino de química baseado em investigações pode contribuir na promoção de debates de problemas reais, quando contextualizadas (LEITE, 2018), assim as aulas experimentais podem apresentar diferentes configurações e objetivos visto o método de ensino utilizado. Alves Filho (2000) apresenta três classificações de ensino para os usos das experimentações em laboratórios:

- a) Ensino Tradicional: o laboratório cumpre o papel de verificar a teoria, o professor planeja os experimentos que serão realizados e os alunos executam. Assegura-se um cenário em que a repetição tem papel fundamental, onde os aprendizes imitam o professor;
- b) Ensino pela Redescoberta: O laboratório busca a teoria, ou seja, que a experimentação descreva e reconstrua a descoberta daquele conhecimento científico;
- c) Ensino pelo Método dos Projetos ou pela Descoberta: é o método investigativo, ou seja, o aluno no laboratório conduzirá um processo que simule a pesquisa científica.

Ou seja, a experimentação e seu papel no laboratório se mostram condicionada aos usos dados por docentes na tentativa de que seus discentes realizem práticas que corroboram com o processo de ensino e aprendizagem. Entretanto, o espaço físico e as atividades realizadas não asseguram a compreensão do conceito científico, há diferentes formas de se realizar a prática, desde uma maneira que implique maior segurança e domínio do docente com práticas roteirizadas até práticas mais livres que instigam a investigação por parte do discente. Dessa forma, mesmo que amplamente utilizados como recursos didáticos em cursos de graduação em química, o uso de LDE não implicam diretamente em uma apropriação discente resultando em uma maior compreensão da química, requerendo um debate entre professores e alunos, a fim de evitar os obstáculos e interpretações inadequadas sobre conceitos científicos (LÔBO, 2012). Entre concepções inadequadas por discentes de graduação em química sobre o trabalho

experimental como recurso didático, Lôbo (2012) descreve a ideia de comprovar teorias, realizar observações e investigações buscando realizar correlações com as aulas teóricas a fim de comprová-las, a autora também descreve as concepções docentes do LDE destacando-se a ideia de comprovar a teoria, reforçar e assimilar a teoria com a prática assegurando o aprendizado de conceitos químicos e o desenvolvimento de habilidades técnicas. A pesquisa de Lôbo (2012) corrobora com Goi e Santos (2020) ao afirmar que as atividades experimentais realizadas nos LDE se guiam pelo modelo de ensino tradicional descrito por Alves Filho (2000), visto que há uma crença docente em que a falta de conhecimentos teóricos discentes é um obstáculo na aprendizagem de conceitos químicos não havendo preocupações em planejamentos que estabeleçam correlações entre os conceitos químicos (produtos da ciência) o seu processo de produção (conhecimento sobre a química), ou seja relações entre o teórico-conceitual e o fenomenológico do conhecimento químico (LÔBO, 2012).

A experimentação para o Ensino de Química pode se apresentar em diversas configurações, a formação dos professores se demonstra valiosa na função de fomentar discussões que apresentem as diferentes possibilidades de inserir práticas em cursos de graduação de cunho investigativo. As aulas realizadas nos LDE se apresentam como auxiliares na apresentação de conceitos científicos, entretanto se reforça a necessidade de realizar reflexões pelo docente para cumprir seus objetivos didáticos com seus discentes possibilitando reflexões, análises e reconsiderações por parte dos discentes. Por fim, o mapeamento de teses e dissertações realizada por Souza, Cabral e Queiroz (2019) durante o período de 2004 a 2013, revelou a necessidade de mais pesquisas sobre a experimentação seus métodos, usos e abordagens no Ensino Superior, as autoras exploraram a temática da experimentação no Ensino de Química no Brasil através de 143 documentos concluindo que a temática é pouco explorada por pesquisas do tipo Estado da Arte , este segmento é importante por fortalecer tendências atuais de ensino que se desviam de visões indutivistas, usualmente atreladas às práticas experimentais.

Segundo Souza, Cabral e Queiroz (2019) dentre os trabalhos selecionados, 27,3% abordam o Ensino Superior totalizando 39 trabalhos dentre estes, onze pesquisas abordam a experimentação na formação continuada e seis na formação inicial de professores essa baixa incidência de tópicos relacionados à experimentação na formação inicial e continuada de professores de química, pode revelar que há um baixo volume de pesquisas realizadas no cenário brasileiro que busquem refletir como a experimentação está inserida nos cursos de química, refletindo um desinteresse de analisar correntes teóricas e pedagógicas voltados para a experimentação, os trabalhos em geral, que se aproximavam de temáticas que propunham

repensar a formação inicial de professores abordavam investigações sobre a interação verbal e atividades de práticas investigativas. Além disso, a pesquisa apontou que as atividades demonstrativas-investigativas foram propostas por meio do uso de ambientes virtuais. Como menor aparição, temos as pesquisas que abordam a experimentação em currículos e programas, totalizando quatro pesquisas. Buscando discutir um pouco sobre o papel do laboratório, Higa e Oliveira (2012) apresentam um quadro baseado no trabalho de Sandoval e Cudmani (1992).

Quadro 1 – O papel do laboratório experimental

ATIVIDADES PRÁTICAS	MODELO DE APRENDIZAGEM	CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS	OBJETIVOS E CARACTERÍSTICAS
MERA ILUSTRAÇÃO DA TEORIA	Transmissão-recepção de conhecimentos já elaborados. Aluno é sujeito passivo receptor dos conhecimentos que emanam do professor	Orientação rígida e dogmática.	Verificar princípios e fatos já aprendidos, inquestionáveis. Aulas teóricas separadas de aulas práticas
ESTRATÉGIA DE DESCOBERTA INDIVIDUAL E AUTÔNOMA	O aluno é indivíduo intuitivamente questionados, capaz de reconstruir o conhecimento de forma autônoma	Conhecimento científico é reduzido a elaboração individual baseado no senso comum, fruto do processo indutivo da observação de fatos	Atividades não só centradas no aluno, mas também dirigidas por eles.
TREINAMENTOS NOS “PROCESSOS DA CIÊNCIA”	Supõe que os métodos da ciência são generalizáveis através de diferentes domínios	Admite o “método científico” como um algoritmo do qual é possível abstrair todo o conteúdo conceitual	Introduzir os alunos nos “métodos da ciência”
QUESTIONAMENTO DE PARADIGMAS	Aprendizagem por mudança conceitual, enfatizando o conflito cognitivo.	Trabalho de questionamento de paradigmas	
INVESTIGAÇÕES COLETIVAS EM TORNO DE SITUAÇÕES PROBLEMA	Modelo construtivista de elaboração histórica e genética do conhecimento científico.	Filosofia da ciência construtivista; a construção do conhecimento é pela tentativa de dar respostas a situações problemáticas; método e conteúdo são inseparáveis.	Tratamento coletivo de situações problemáticas abertas, significativas e que podem ser desenvolvidas sob orientação do professor.

Fonte: Adaptado de Higa e Oliveira (2012)

Os autores apresentam cinco tipos de atividades práticas executadas em laboratórios de ensino de ciências que vão de tendências epistemológicas mais antigas até as mais atuais, de cima para baixo. Inicialmente as propostas se baseiam em modelos de aprendizagem de transmissão e recepção de conhecimentos, as aulas teóricas e práticas são separadas e cada uma cumpre seu objetivo uma de apresentar a teoria e o outro de ilustrar a teoria através da prática, esse é um modelo de ensino tradicional, analisando a disposição de separar a teoria da prática é notável que o mesmo ocorre nos cursos de graduação de química. Em um segundo momento, buscando confrontar esse modelo inicial, propõe-se aulas práticas que o discente incorpora um “pequeno cientista” assumindo as propostas experimentais como possibilidade de reconstruir o momento da descoberta, este modelo de ensino foi aplicado principalmente pelo projeto CBA. Em um terceiro momento, as propostas voltam-se para a proposta de um método em que a ciência em geral se guia por um passo a passo conduzindo a produção do verdadeiro conhecimento científico, essa concepção de ciência ainda persiste nos cursos de graduação de química como abordado anteriormente por Lôbo (2012), principalmente ao analisar que existe uma menor possibilidade de discentes dos cursos de bacharelado entrarem em contato com questões que reflitam a filosofia da ciência e o papel do laboratório perpetuando uma concepção de ciência de processos segmentados. Após o pairar do método científico como única forma de “fazer ciência” busca-se quebrar essa tendência através de um conflito cognitivo, esse momento resulta no modelo construtivista, em que o conteúdo teórico e os métodos da ciência, bem como as ocorrências históricas possibilitam o constructo do conhecimento científico com participação de professores mediando as problemáticas discutidas por discentes, diferente do terceiro modelo a ciência executada em LDE está sujeita a propostas abertas, questionamentos, investigações e interpretações de resultados e a possibilidade de diálogo discente-discente e discente-docente mediando os processos.

Rosa (2004) discute que a sala de aula não é considerada um espaço onde é realizado um trabalho investigativo, e por consequência, não é considerado um tipo de pesquisa, isso se deve a concepção que é passada aos professores na sua formação inicial. O reforço da importância do ambiente laboratorial como único espaço para a promoção de experimentos reforça estereótipos que afastam a possibilidade de promoção de espaços onde a teoria e a prática podem ser trabalhadas de forma colaborativa, ou seja, em que os experimentos não cumpram papéis somente de demonstrar fenômenos, mas que possam cativar pela curiosidade dos discentes em se questionar e investigar os conceitos químicos ali trabalhados. Portanto, as aulas práticas não devem ser utilizadas superficialmente visando seu caráter predominante

visual para fins de unicamente cativar o discente. Outro ponto destacado, as atividades experimentais não garantem necessariamente a aprendizagem, algumas práticas podem se basear exclusivamente em momentos roteirizados em que o discente, sem produzir inferências, reproduz o experimento de forma acrítica.

A prática experimental não está isenta de sofrer com algumas dificuldades, Lôbo (2012) discute sobre concepções pedagógicas que docentes e licenciados do curso de química têm sobre atividades experimentais, é destacado as recorrentes dificuldades de manipulação de materiais de laboratório e baixo nível de compreensão de fenômenos pelos alunos. Outra problemática são os problemas relacionados a correlação entre teoria e prática, podendo ser justificada pela baixa compreensão teórica por parte dos discentes. Em contrapartida, Santos e Nagashima (2017) destacam a importância da experimentação e a possibilidade de orientar o aluno em seu raciocínio promovendo reflexões sobre os conhecimentos que estão ali sendo trabalhados, contribuindo com a função de envolver e auxiliar o aluno em sua aprendizagem. No objetivo de propor novas vertentes de ensino para os cursos de graduação e química e demonstrar que é possível preparar um profissional por meio de propostas investigativas é necessário repensar a formação do docente de química.

1.2.3 A Experimentação e seu uso na elaboração do Pensamento Científico: O possível uso de Simulações Computacionais

Descrever a sociedade contemporânea como um local suscetível a mudanças não é algo que causa estranheza, afinal a humanidade passou por inúmeras mudanças, algumas delas reconhecemos como evolução, outras como revolução e em outras até compreendemos retrocessos. Lima (2012) descreve a sociedade contemporânea suscetível a mudanças de nível global, o que leva a um cenário de amplas possibilidades de riscos e incertezas. Essa dinâmica vivida pelo homem de obstinada a modernizar e (re)adaptar evidência um *modus operandi* necessário a um cenário mutante. Este cenário é impulsionado pela presença da tecnologia na forma digital oportunizando a informação e comunicação dos participantes dessa sociedade, assim o que conhecemos por TIC marca a efetivação de mudanças que remodelaram as vivências que agora se guiam por um avanço cada vez mais apressado.

A química, como já descrita anteriormente atinge, junto com outras ciências a sociedade. Visando a química como uma ciência da natureza que perpassou por todos os movimentos históricos e filosóficos até o momento atual e visto sua contribuição no desenvolvimento e no aprimorar das tecnologias práticas é possível perceber que não somente a humanidade que faz a ciência passou por mudanças, mas os conceitos elaborados, as práticas e as estruturas também. O conceito de experimentação, abordado durante o tópico 1.2 se mostrou sempre associado as ciências da natureza como a estratégia que permite o homem

chegar ao conhecimento válido nesse contexto, Giordan (2013) discute a legitimação do método científico posto como estrutura de validação da experimentação ainda vigente na ciência moderna o conceito também se sustenta nas práticas pedagógicas no ensino de ciências. Na educação em ciências, a experimentação ganha força inicialmente como contribuinte dos conceitos teóricos no propósito de explicar, posteriormente a experimentação se molda com as novas contribuições da psicologia buscando a participação de discentes e docentes em práticas investigativas, não sendo muito comum no Ensino Superior.

Não há dúvidas que as atividades promovidas com a experimentação, se planejadas com objetivos claros trazem grandes contribuições Giordan (2013) apresenta, apoiado na literatura, um olhar sobre a experimentação. Para o autor os estudantes enxergam essa atividade com “um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos” (GIORDAN, 2013, p. 181) e que para os professores “a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas que estão em pauta” (2013, p.181). Para o Ensino Superior de Química as mudanças da experimentação não são tão claras, como já discutido por algumas pesquisas as práticas ainda se desenvolvem em roteiros fechados e sem elaborar muitas reflexões no discente sobre os processos executados por ele durante a atividade experimental. Entretanto, as mudanças tecnológicas chegam aos ambientes de ensino.

Voltando um pouco para o século XX, a educação científica passa a ser influenciada por uma cultura de pesquisa que colocava em questão qual seria o papel do experimento na educação científica na Educação Básica. Surge também, um destaque para o papel desempenhado pelo erro experimental no progresso da ciência, essas contribuições surgem do filósofo francês Gaston Bachelard, apesar de não ser o foco desta pesquisa o filósofo apresenta grandes contribuições ao campo do ensino, principalmente o de química. Assim, a experimentação que atende expectativas de erros e acertos abre espaço para a aprendizagem do aluno, pois há a incorporação por parte do aluno na formulação de estratégias para alcançar possíveis resoluções para a problemática vigente, Bachelard tem notoriedade por suas contribuições no campo de Educação em Ciências por abordar os obstáculos epistemológicos no processo de ensino, o filósofo atuou como professor de ciências do Ensino Básico, apresentando sempre questionamentos sobre experiências e os conhecimentos. (GRANDO; AIRES; CLEOPHAS, 2020).

Um exemplo a ser abordado é durante a representação do comportamento e a “aparência” de um átomo, entramos num caminho perigoso que ruma ao estabelecimento do que foi conceituado como obstáculos pedagógicos. Em suma, quando o estudante entra em contato com o modelo e não há mediação por parte do professor, não existe o estabelecimento de comparativos, ou seja, aquele modelo que antes era apenas uma representação acaba por

assumir o papel de realidade para o estudante, que se atrai pela facilidade com que pode ser compreendido e reproduzido, porém, sem entender a essência do conceito em questão gerando, assim, um obstáculo epistemológico. (GRANDO; AIRES; CLEOPHAS, 2020). Esse breve relato descreve que na tentativa de facilitar a compreensão do discente frente ao modelo atômico, sem o intermédio de reflexões que busquem explicitar as finalidades representacionais de um modelo, podemos instigar possíveis compreensões em que o discente assume o modelo como apropriada realidade, assim ao abordar os conceitos e fenômenos descritos pela química pode-se cair em compreensões errôneas pelo discente.

Pensando na representação de fenômenos químicos, Johnstone é um pesquisador conhecido na química pela proposta de um triplete que articula três níveis do conhecimento químico (SCHNETZLER; ANTUNES-SOUZA, 2019).

- i) Nível Macroscópico ou fenomenológico: designado por observações e determinações experimentais;
- ii) Nível Representacional: composto pela linguagem química (símbolos, fórmulas, índices, coeficientes, letras e equações);
- iii) Nível Microscópico ou Teórico-Conceitual: caracterizado por se fundamentar sob modelos e teorias a fim de obter explicações e previsões do nível macroscópico;

Essa proposta inicial, segundo Schnetzler e Antunes-Souza (2019) sofreu modificações por outros autores. A linguagem química (nível representacional) deixaria sua função representativa assumindo a proposta de estabelecer uma relação entre os modelos e conceitos dos níveis macroscópico e o microscópico. Essas representações da linguagem química são compostas, usualmente por letras, símbolos e números, comumente equações químicas são descritas ao mesmo tempo por letras maiúsculas e minúsculas, números que podem estar sobrescritos, subscritos ou no nível convencional da escrita e, por fim, há a presença de símbolos como setas em diversas direções, às vezes até setas duplas apontando para a direita e para a esquerda, traços e outras variedades de símbolos possíveis, essa discussão é aprofundada por Schnetzler e Antunes-Souza (2019) na possibilidade de representar as transformações químicas

Significar o sinal de mais (+) nas equações químicas, distinguindo-o da ideia de soma (o que levaria à ideia de justaposição de substâncias, configurando misturas) pode ser uma forma de sistematização do conceito de interação química, fundamental no processo de ocorrência de transformações químicas. No entanto, isso não quer dizer que o nível macroscópico ou fenomenológico do triplete de Johnstone possa ser interpretado de forma meramente sensorial, com base apenas na percepção e no imediato-concreto. Isso porque, ao significar o que vê, o aluno está mobilizando conhecimentos anteriores, que foram mediados por outras pessoas, e trazendo palavras/conceitos constituídos nas relações sociais. Por tal razão, os três

termos do triplete requerem pensamento abstrato. Na medida em que o ensino de Química pressupõe articulações entre aqueles três níveis de conhecimento, podemos compreender que a construção de conhecimentos químicos escolares implica e desenvolve nos alunos um pensamento eminentemente abstrato, de alta generalidade, no qual a razão e a imaginação desempenham um papel essencial. (SCHNETZLER; ANTUNES-SOUZA, 2019, p.949)

Assim não é possível assegurar a aprendizagem de conceitos de química apenas ao experimento e a manipulação de vidrarias e equipamentos, é necessário estabelecer discussões mediando as ações ali realizadas com o pensamento abstrato, essas articulações entre teoria e prática são importantes visto que posteriormente restará ao discente a tarefa de escrever um relatório experimental que destaca os níveis macroscópicos de procedimentos, materiais e métodos utilizados durante as observações e secundariza as explicações de teorias, conceitos e modelos e da linguagem (Schnetzler; Antunes-Souza, 2019).

Segundo Giordan (2013) as experimentações devem considerar as dimensões sociais, instrumentais e mentais. Além destas, é destacado a dimensão cognitiva representada por modelos mentais. Os modelos mentais operam em um plano interno do sujeito buscando estabelecer relações entre o fenômeno e a representação, operando na função de intermediário entre a realidade e a representação. Segundo Valente (1999) a aprendizagem pode ocorrer de duas maneiras a memorização de informações ou pelos processamentos de informações pelos esquemas mentais, neste caso a construção de conhecimento enriquecendo e reorganizando estruturas já existentes. Estes conhecimentos podem ser aplicados a situações de problemas e desafios.

Nesse caso, o aprendiz pode resolver o problema, se dispõe de conhecimento para tal, ou deve buscar novas informações para serem processadas e agregadas ao conhecimento já existente. Assim, o mecanismo de construção de conhecimento pressupõe a existência de estruturas mentais ou de conhecimento organizado, que podem ser observados em comportamentos (habilidades) ou declarações (linguagem) (VALENTE, 1999, p.71).

A interação promovida pelo computador entre as informações e o aprendiz se mostra como um recurso que facilitar o processo de construção de conhecimento (VALENTE, 1999). Assim, ao pensar a química como uma área que dispõe de diferentes níveis representacionais com uma complexa linguagem que utiliza de vários símbolos, o uso do computador pode auxiliar no processo de construção de conhecimentos.

Alguns softwares apresentam características que favorecem a compreensão, como no caso da programação; outros, nos quais certas características não estão presentes, requerem Cada um dos diferentes softwares usados na Educação, como os tutoriais, a programação, o processador de texto, os softwares multimídias, as simulações, modelagens e jogos, apresenta características que podem favorecer o processo de construção do conhecimento (VALENTE, 1999, p.71-72).

Assim, não é função de um experimento realizado por simulação, ou seja, proposto sob um modelo substituir a experimentação fenomenológica original. A simulação é uma forma de

mediação distinta para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições assim, a experimentação virtual não tem por finalidade substituir a experimentação natural (GIORDAN, 2013). Podemos compreender então que, no caso do Ensino de Química a Simulação Computacional pode contribuir no papel de representar fenômenos macroscópicos e microscópicos também podendo ser entendida como um instrumento que busca complementar e facilitar a compreensão sobre os processos abordados por esse campo de estudo.

2.SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA

Compreendendo que as simulações computacionais correspondem a um ferramental digital contido no campo das TDIC, este capítulo se inicia explorando a necessidade do docente a priori em planejar e compreender sobre o uso das TDIC como ferramenta didática antes de iniciar sua aplicação em sua prática. Tal planejamento se propõe a compreender quais objetivos e competências o docente visa alcançar em seus discentes, além disso o capítulo busca compreender as relações entre a Química, uma ciência da natureza que se utiliza vastamente das tecnologias computacionais e a possibilidade de aproximações com as TDIC na sua forma didática.

Em um segundo tópico, o capítulo inicia uma série de discussões acerca das definições das simulações computacionais, apresentando também algumas definições que buscam diferenciá-las das animações e dos laboratórios virtuais. O capítulo discorre sobre a concepção de modelo e modelagem computacional, apontado em algumas pesquisas como estágios diferentes. Por fim, buscamos abordar o que as pesquisas têm relatado sobre a simulação computacional no Ensino de Química através de mapeamentos que demonstraram um número escasso de pesquisas que relacionam a SC e o Ensino Superior, abrindo espaços para a discussão sobre a necessidade de mais pesquisas.

2.1 Promoção do Ensino de Química por meio das TDIC

O ensino tradicional é marcado pela centralização do professor no processo de ensino e aprendizagem é reconhecido pelas aulas expositivas e avaliações somativas que “provam” se o discente está apto ou não a seguir para o próximo estágio de ensino “No ensino tradicional, o assunto a ser ministrado é determinado pelo currículo e não pelo aprendiz. A ênfase é centrada no conteúdo que deve ser memorizado e não nas habilidades que permitirão um efetivo uso desse conteúdo” (VALENTE, 1999, p. 40). Esse modelo de ensino é popularmente difundido pela

formação ambiental, a prática se reproduz nas ações dos docentes que raramente submetem suas práticas a reflexões, assim colaborando para uma espécie de perpetuação nos ambientes formais de ensino. Visar mudanças nos ambientes de ensino exige atenção contínua, visto que o docente que se propõe a se distanciar do habitual necessita incorporar o ato de se questionar como algo natural de seu cotidiano (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011). É na mudança que se apresentam a oportunidade de inserir novas práticas, porém, a ação não se basta na inserção visto que, independentemente da nova estratégia ou metodologia que o docente busque para suas aulas é importante realizar o planejamento evitando a retomada de ações tradicionais. É nesse caminho que Heinsfeld e Pischetola (2019) discutem sobre a tecnologia ser entendida como configuradora da cultura e da sociedade, ponderando as relações dos locais/sistemas em que se inserem indo além das capacidades técnicas e operacionais no âmbito escolar e dialogando com um contexto mais amplo.

As iniciativas de inserção das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) na educação brasileira se evidenciaram a partir da década de 80, com a idealização e execução de políticas públicas que tinham foco nas Instituições de Ensino Superior (IES). A educação é considerada um dos pilares das políticas de inclusão digital, visto que é por meio do fomento a formação profissional e estabelecimento de programas que invistam na infraestrutura escolar e na formação de professores, que a população pode ter contato inicial com as TDIC. Entretanto, o processo de apropriação das TDIC nos setores produtivos, de telecomunicações e na evolução da ciência não encontram o mesmo dinamismo efusivo nos diferentes níveis da educação, tampouco nas escolas, havendo carências principalmente na infraestrutura (VALENTE; ALMEIDA, 2020). É por meio de políticas públicas que a internalização de uma cultura digital² nas universidades se torna mais viável de ocorrer, isso significa que, é por meio de implicações sociais que demandas serão levantadas ao Estado, que posteriormente buscará por supri-las por meio de ações. Assim, a inserção de TDIC não deve ser feito descolada da realidade, considerando aspectos formativos docentes e objetivos que constam no propósito do ensino universitário.

Profissionais de Química formados nas modalidades de Bacharelados e Licenciatura são regulamentados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (CNE/CES 1.310/2001) que institui a dependência de uma constante atualização didática e

² A Cultura Digital pode ser compreendida como Cibercultura. A Cibercultura é a consolidação da sociedade moderna pela convergência entre transformações sociais e tecnológicas. (1999, LÉVY; 2002, LEMOS apud 2012, LIMA)

pedagógica a fim de se aproveitar ao máximo as TDIC no papel de promover maior qualificação científica ao currículo.

As atividades curriculares dependerão da ação participativa, consciente e em constante avaliação de todo o corpo docente. A qualificação científica tornar-se-á inoperante se não for acompanhada da atualização didático-pedagógica, sobretudo no que se refere ao melhor aproveitamento do rico instrumental que a informática e a tecnologia renovam incessantemente. As instituições precisam compreender e avaliar seu papel social; precisam redefinir e divulgar seu projeto pedagógico. Aos estudantes caberá buscar um curso que lhes propicie, com qualidade, a formação desejada (CNE 1303/2001).

As DCN para os Cursos de Química foram homologadas em 2001, ano que a possibilidade de ter um *smartphone* ou trocar informações via redes sociais não eram uma realidade. De fato, as mudanças provocadas pelas TDIC permeiam a sociedade de modo que para alguns a “cultura digital” é uma cultura nova que emergiu a partir dos anos 80 e ganhou força no começo dos anos 2000, entretanto para os atuais discentes dos cursos de química o que conhecemos por “cibercultura” pode se configurar apenas por “cultura”, visto que um mundo sem internet não faz parte de sua realidade.

Diferentes expressões vêm sendo utilizadas para caracterizar os nascidos a partir da década de 80 do século passado (...) qualquer que seja o termo adotado, o sentido embutido no mesmo revela os atributos de uma geração que nasceu e cresce na cibercultura. Para eles o que vem sendo denominado e apresentado até aqui como “cultura digital” é simplesmente “cultura”, dada sua imersão no contexto. (...) não conheceram um mundo sem Internet, (...) que as formas de comunicação não presenciais são igualmente baseadas em dispositivos digitais –geralmente móveis (smartphones, tablets, notebooks, SMS, Skype, MSN etc.), seus relacionamentos sociais extrapolam as questões espaço-temporais (Twitter, Orkut, Facebook etc.). Isso se deve ao fato de que as inúmeras tecnologias que permeiam a ação humana na atualidade já existiam quando eles nasceram (LIMA, 2012, p. 21)

Custódio e Rodrigues (2023) discutem que apesar do pensamento das novas gerações se desenvolverem no cerne da cultura digital, não significa que seu uso já incorpore uma ação reflexiva podendo ser anestesiado pelo uso passivo. Dessa forma, se reafirma a importância dos espaços formadores e das políticas públicas voltadas para as IES as posicionando como local oportuno para o estabelecimento de relações entre as TDIC e a população, visando os currículos formadores estabelecidos por Diretrizes Nacionais que configuram as TDIC como parte importante para a Graduação. Especificamente na Química é preciso (re)pensar sobre os participantes que compõem os cursos visto que atualmente, os discentes que chegam aos cursos de graduação e buscam por uma formação inicial são em maioria nascidos em uma sociedade arraigada a uma cultura digital portanto, deve-se questionar sobre os desafios e as mudanças que docentes perpassam e perpassarão nesses espaços modificados pelas TDIC buscando ofertar formações que atendem ao mercado profissional.

Indiscutivelmente, o papel da universidade –enquanto núcleo responsável pela formação de professores –se renova. Se, em parte, a questão da disponibilização/acesso à infraestrutura tecnológica vem sendo superada, novas ordenações são impostas à rotina universitária. Entre

elas está a de se consolidar como um espaço de ensino, produção e socialização de saberes mais sensível às exigências da cibercultura –o que não se efetiva sem a adesão de seus colaboradores. E seguem novos desafios, como o da indispensável (re)estruturação das licenciaturas, que precisam articular mais efetivamente as competências técnicas e pedagógicas, consonantes com a cultura digital. Ignorar esses aspectos significa reforçar as diferenças culturais entre os sujeitos da educação e o descompasso da escola em relação ao seu tempo. Negligenciar a cibercultura é negar o contexto da educação, insistindo em processos de ensino-aprendizagem deficientes, ultrapassados e desconexos da realidade (LIMA, 2012, p. 26)

Buscando uma visão que se distancia de noções basicamente práticas, Valente (2019) estabelece nas competências digitais uma possibilidade de desenvolver uma nova formação para os cidadãos que constituem a sociedade do conhecimento³. Entre elas estão listadas: a) as competências conceituais: o pensamento crítico e reflexivo; b) as competências práticas: que compreendem as habilidades de aprendizagem e como lidar com informações no trabalho e na vida, requerendo um letramento informacional; e por fim c) competências humanas: a cidadania digital, colaboração virtual, habilidades com redes sociais e habilidades de interação transcultural são pretendidas (VALENTE, 2019). Assim, essa nova configuração social requer, de seus cidadãos, um pensamento crítico e reflexivo pressupondo indivíduos ativos e questionadores que se estruturam por um espectro de novas habilidades, aos que permanecem passivos podemos considerar como receptores de informação, mas não necessariamente conhecedores correndo risco de ficar à margem.

A facilidade de acesso à informação (e à desinformação) decorrentes das TDIC indica outra necessidade premente da sociedade atual: a educação científica, capaz de formar pessoas para o exercício de uma cidadania crítica e consciente, compreendendo o papel da ciência e da tecnologia na sociedade e seus efeitos nas relações humanas profissionais, pessoais e afetivas. Na articulação entre letramento digital e educação científica encontra-se o trabalho do professor nas mais diversas disciplinas do currículo escolar e, mais especificamente no recorte deste estudo, do professor de ciências da natureza (CUSTÓDIO; RODRIGUES, 2023, p.4)

A pesquisa de Custódio e Rodrigues (2023) revelou por meio de entrevistas que docentes, de cursos de Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia) de uma Universidade Pública, interpretam as TDIC como “instrumentos” a serviço do currículo e que, a naturalização dos usos das TDIC se torna mais presentes à medida que aparecem nos processos educativos compreendidos nos currículos. Os docentes participantes da pesquisa compreendem as TDIC como motivadora e necessária à preparação para o mercado de trabalho abrindo novas

³ A sociedade do Conhecimento foi descrita por Valente (1999) como uma mudança de paradigma da sociedade em que fatores tradicionais (capital, trabalho, matéria-prima) ganham papel secundário frente ao conhecimento, principalmente em seus processos de aquisição, o que afeta diretamente os processos de aprendizagem. Diante da mudança de paradigma emerge uma necessidade de competências e novas posturas a fim de sobreviver na nova configuração social.

oportunidades aos discentes além de buscarem constituir uma cidadania mais ampla em seus discentes por meio de intervenções questionadoras, entretanto, as autoras destacam que vários docentes não compreendem as tecnologias como bem cultural capaz de interferir nos processos de ensino e aprendizagem. Faccioni e colaboradores (2022) ao realizar uma análise de Projetos Pedagógico de Curso (PPC) de três cursos de uma Universidade Pública do Paraná evidenciou que o curso de Licenciatura em Química não apresentava nenhuma disciplina obrigatória que previa alguma relação com as TDIC. Assim, o cenário universitário se encontra com defasagens no currículo de ciências da natureza evidenciando que para a sua reversão será necessário mais do que inserir disciplinas que contenham a palavra “tecnologia” ou “TDIC” nos componentes curriculares, as mudanças necessárias para atender a profissionalização requerida são mais profundas e vão de conceitos e competências necessárias a docentes e discentes às infraestruturas.

Compreendendo então, que há docentes que compreendem a importância das TDIC para formação de graduandos em química pode-se levantar a possibilidade de explorar o uso de diferentes recursos digitais educacionais. Lambach e Lomas (2021) apontam para a existência de tabelas periódicas interativas, *softwares* de representação 3D e 2D de moléculas, *softwares* que simulam reações e situações, jogos *online* e aplicativos para *smartphones* podendo auxiliar tanto a Educação Básica quanto o Ensino Superior de Química para formar licenciando e bacharéis. Entretanto, não podemos considerar que todos os docentes fazem o uso das TDIC. Em uma análise de 58 artigos publicados de 2016 a 2021 em 19 periódicos, Lambach e Lomas (2021) apontam que o Ensino Superior de Química não é muito explorado em publicações que envolvem o uso de recursos digitais correspondendo a 4 artigos dos 22 desta categoria, podendo estabelecer suposições que professores raramente fazem uso e quando fazem se refere ao uso de digitalizações em slides de aulas com o uso do quadro branco e giz.

Veloso e colaboradores (2023) analisaram dados de um formulário ofertado na componente curricular de curso de especialização “EduTec” ofertado em 2022 a professores pela UFSCar, o formulário contou com 499 respostas. Nas questões abordadas, os docentes poderiam selecionar mais de uma alternativa, os dados analisados revelam que ao apontarem áreas do conhecimento para uso das TDIC, 163 respostas (maior número de respostas) apontam para a possibilidade de uso em ciências no geral, neste caso a química está inclusa como uma área que pode ser explorada pelas TDIC. Quanto a possibilidade de uso das TDIC em níveis educacionais 27, 5% (maioria) apontou que todos os níveis podem se beneficiar do uso de TDIC, seguidos pelo Ensino Médio, Ensino Fundamental II e Ensino Superior. Assim, é possível analisar que os docentes que buscaram pela formação continuada reconhecem as

potencialidades do uso das TDIC nos diferentes níveis educacionais, inclusive no superior além de estabelecer correlação entre o uso dos recursos digitais com disciplinas científicas.

Delamuta et al (2020) investigou o cenário das TDIC no Ensino de Química em 56 periódicos (A1, A2 e B1) durante um período de 10 anos (2008-2018), as análises promovidas por categoria revelaram a existência de 53 publicações sobre a temática. Desse total 8 abordavam a temática “Simulações/Animações Computacionais” o que foi considerado um destaque frente a outras categorias. Quanto ao nível educacional, 22 artigos abordavam o Ensino Superior se revelando como cenário de interesse dos pesquisadores. A categoria do Ensino Superior se dividiu em três subcategorias, em que duas versam a formação de professores, inicial e continuada, somando 17 artigos, esse quantitativo é desproporcional frente aos 5 artigos de temáticas oferecidas a cursos de bacharelado/engenharia. Assim é notável a pouca existência de artigos que se debruçam a estudar sobre TDIC em disciplinas específicas de química, tal informação leva ao questionamento: Como uma área que está atrelada diretamente aos meios de produção e a tecnologia possui poucos estudos sobre as TDIC e seu currículo formador?

Por fim, apresentado o cenário das publicações sobre TDIC no Ensino Superior de Química como escasso e visto a importância de se reconhecer parte de uma sociedade imersa em uma cultura digital para o atual paradigma proposto, além de destacar que os docentes reconhecem as possibilidades e benefícios nos usos das TDIC a próxima seção buscará dialogar com o uso ferramental de Simulações Computacionais apontando as definições e dialogando com pesquisas publicadas acerca da temática com o Ensino de Química.

2.2 Simulações Computacionais no Ensino de Química

2.2.1 Definições, possibilidades e preceitos sobre o uso da SC

Buscando estabelecer o uso do computador no ambiente escolar, Giordan (2013) denomina o uso de os ambientes computacionais de simulação, que, segundo o autor também podem ser compreendidos por “Ambiente de Manipulação Direta”. Esse tipo de ambiente não demanda por um domínio exigente de ferramentas matemáticas pelos usuários, além de subsidiar um maior grau de interação e o engajamento dos alunos, esse ambiente computacional busca transpor fenômenos naturais sendo passível de ser classificado de três maneiras: i) Pela reprodução de filmagens dos fenômenos; ii) Por animações derivadas de uma sequência de ilustrações; e iii) Pela simulação computacional através do uso de um conjunto de variáveis de modo que busque reproduzir o fenômeno. Buscando dar enfoque na temática de simulações computacionais (SC), nos restringiremos a discutir somente o que tange este assunto não abordando o tópico de vídeos e animações.

As SC possuem diferentes definições dependendo do autor, assim Santos e Silva (2020) definem como “programas computacionais que proporcionam a visualização, a exploração e a experimentação. (...) proporcionam aos sujeitos consultarem, investigarem e analisarem os fenômenos naturais existentes” (2020, p. 842) essa definição relaciona as SC como uma possibilidade de experimentar o mundo natural. Para Khalil (2013) as SC são programas que representam situações reais na tela do computador e possibilitam ao usuário a interação com o processo virtual. O usuário pode introduzir dados e parâmetros novos no sistema, possibilitando tomar decisões em diferentes cenários de modo a obter resultados decorrentes dessas decisões e analisá-los para melhor compreender suas consequências. As SC também podem se classificar como modelos definidas como “representações parciais de alguma entidade, elaborada com um, ou mais, objetivo(s) específico(s) e que pode ser modificada” (JUSTI, 2019, p. 176).

Silva e Mercado (2019) diferenciam SC de animações, apontando que o termo “simulação” deriva do latim “*simulatus*” que significa “imitar”, atribuindo um significado de representação à palavra e possibilitando a interpretação de representação dos fenômenos da natureza. Já a palavra “animação” deriva do latim “*animato*” que tem como significado a “qualidade do ser animado” recuperando ideia de qualidade do movimento, não havendo a obrigação de representar/imitar o objeto de referência. Giordan (2013) também destaca essa diferença alertando que muitos *softwares* se apresentam como simulações, mas são animações, representações ilustrativas. Com isso, as SC frequentemente podem ser confundidas com animações além disso, devido a essas incoerências classificativas existe a possibilidade de escassez de informações necessárias ao fenômeno representado visto a incapacidade das animações em abstrair certas características teóricas e conceituais próprias da química.

De modo geral, a simulação tem sido pouco empregada como meio para transpor o fenômeno para o computador. Na maior parte dos casos, animações são embutidas em ambientes de aprendizagem, as quais estão integradas a outras aplicações. Nem mesmo para a representação do experimento tem sido observada a programação de aplicativos no sentido de fazê-los reproduzir alguma lei, mesmo que seja empírica. No caso da representação do nível atômico-molecular, seja para tratar de movimento ou de transformação, é comum observar a utilização de leis da mecânica molecular, mas não da dinâmica molecular⁴, na programação de aplicativos. (GIORDAN, 2013, p.130)

⁴ Dinâmica Molecular (DM) é um tipo de SC considerada como uma das técnicas computacionais mais versáteis para o estudo de macromoléculas biológicas, pode auxiliar no planejamento de fármacos baseado em estrutura, a metodologia da DM é fundamentada nos princípios da Mecânica Clássica e fornece informações sobre o comportamento dinâmico microscópico, dependente do tempo, dos átomos individuais que compõem o sistema. Para se obter as propriedades macroscópicas de interesse a aplicação da mecânica estatística é requerida, a qual tem a função de calcular propriedades observáveis macroscópicas (pressão, energia interna, volume, temperatura, entropia, energia livre, etc), a partir de outras microscópicas (NAMBA et al, 2008).

Por fim, os softwares de SC também podem ser definidos por transpor “o fenômeno para o plano simulado mediante a programação do computador, de forma a reproduzir as leis físicas que regem o fenômeno e de modo também a representar visualmente o fenômeno na tela do computador” (GIORDAN, 2013, p.127). Quanto as classificações dos tipos de SC existentes Gonçalves (2006) apresentam as SC interativas como uma ferramenta que em caráter educacional possibilita que o usuário realize alterações de variáveis, explore suas hipóteses e estabeleça possível confronto com outros modelos, a exemplo do modelo físico concreto. Coelho (2002) apresenta duas definições para as SC, podendo se apresentar como estáticas ou dinâmicas. Essa definição assemelha a SC dinâmica com as SC interativas definidas por Gonçalves (2006) conceituando a possibilidade modificar os parâmetros.

Podemos ainda dividir as simulações em dois grupos: as estáticas e as dinâmicas. Nas simulações estáticas, o estudante tem pouco ou nenhum controle sobre os parâmetros da simulação. Já nas dinâmicas, estes parâmetros podem ser modificados com um grau de liberdade bem maior, de modo que o estudante possa verificar as implicações de cada variável no resultado do fenômeno estudado, tendo assim maior autonomia, tanto com o professor presente quanto sozinho ou em grupo (COELHO, 2002, p. 39).

Diferente de Gonçalves, Veit e Silveira (2006) e Coelho (2002), Giordan (2013) apresenta três classificações que o programador pode adotar para codificar as leis físicas em uma SC. Assim, as simulações computacionais podem ser diferentemente classificadas, e em seus diversificados entendimentos buscam alcançar objetivos diferentes.

- i) Simulação por primeiros princípios: As SC interpretam fenômenos a partir de representações algébricas derivadas de modelos teóricos, se configura por fórmulas de maneira que é puramente representada por cálculos;
- ii) Simulação Semiempírica: Este tipo de SC codifica as leis que contêm parâmetros ajustados para reproduzir medidas experimentais, ou seja, tenta reproduzir o objeto real por meio de fórmulas;
- iii) Simulação Empírica: A construção é baseada em leis puramente empíricas, são representações algébricas que fazem o uso de medidas experimentais advindas da observação.

Devido ao grande caráter empírico destacado, a SC pode ter algumas dificuldades representacionais quando se trata de compreender a teoria, entretanto, este cenário é propício para a elaboração cognitiva do aluno, visto que pode contribuir na produção de significados e sentidos, isso é possível mediante a combinação das diferentes formas de representação e ação. Ao usar uma SC que proponha a variação de energia térmica, o discente pode se referir aos

fatores empíricos representados pela alteração na aparência do sistema, medidas de temperatura, intensidade de fonte de calor, entre outros e pelos fatores teóricos que buscam a relação de proporcionalidade calor/variação térmica, representações gráficas da variável etc, com isso é possível observar o quão gerais ou abstratos serão os termos que os discentes buscam para se referir ao fenômeno apresentado (GIORDAN, 2013).

Destacando as contribuições e possibilidades dos SC para a Educação em Ciências, a ferramenta possibilita a apropriação dos dispositivos sócio-técnicos, ou seja, a capacidade de perceber e determinar regularidades, estabelecer premissas, fazer previsões, ou ainda a elaboração de narrativas explicativas sobre os fenômenos em seu meio natural com base nas representações visuais do fenômeno simulado, tais contribuições podem ser úteis na relação estabelecida entre a possibilidade do uso de SC como ferramenta didática (GIORDAN, 2013). No ensino de química, os objetivos se aplicam principalmente em: facilitar e simplificar o entendimento de entidades complexas; oportunizar a comunicação de ideias; mediar a teoria e a realidade modelada; propor explicações para fenômenos representados entre outros, as SC então se definem mais especificamente como modelos visuais, implicando representações bidimensionais que favorecem a visualização de aspectos tridimensionais (JUSTI, 2019). As SC no Ensino de Química admitem aulas dinâmicas e interativas permitindo a participação dos alunos visto que tem potencial para chamar a atenção para discussões sobre conceitos abordados, além de evocar conteúdos ministrados anteriormente em aulas teóricas (MARTINS et al, 2020).

Além do mais, as SC se apresentam como ferramentas de baixo custo frente a estrutura de um laboratório convencional, auxiliando na sua popularização (GIORDAN, 2015; SILVA; MERCADO, 2019). Dentro do contexto de atividades experimentais Silva, Machado e Tunes (2019) complementam afirmando que as SC podem ser utilizadas no ensino como uma possibilidade de explorar experimentos investigativos, adaptadas aos objetivos propostos pelo docente, atribuindo a ferramenta uma possibilidade metodológica investigativa. Também compreendem que deve ser evitado realizar experimentos que possuem elevado custo e que apresentam periculosidade/toxicidade e demandam de muito tempo, nestes casos as SC podem ser empregadas a fim de que o conteúdo seja abordado sem a exposição a possíveis riscos durante o procedimento experimental. Da mesma forma Silva e Mercado (2019) reiteram que por ser um ambiente intermediado pelo computador as SC têm potencial para abordar experimentos que dificilmente seriam realizados em laboratórios convencionais, possibilitam ampliar o número de sujeitos que manipulam o experimento, oportunizam a maior abordagem de fenômenos em menor tempo, e possibilitam manipular os diferentes parâmetros físicos.

Contudo, o uso da SC requer atenção por parte do docente além de ser responsável na seleção da SC, o docente é parte do ambiente educacional delineando as formas em que os recursos serão aplicados possibilitando ampliar, ou não, as possibilidades da ferramenta tecnológica, visto que os discentes, caso não reflitam sobre as possibilidades e limites das SC podem confundir os objetos representados pelo virtual com a realidade ou com fenômenos que não são observáveis. O discente, também pode pressupor que a mesma facilidade com que se manipula parâmetros em situações virtuais pode ser aplicada ao mundo real, idealizando uma falsa concepção. Outra dificuldade encontrada no uso de SC está na pouca oferta de SC que abordem tema diversificado, que possuam rigor e qualidade requisitando atenção a possibilidade de erros conceituais que interferem negativamente na aprendizagem, além disso as SC não podem ser consideradas substituintes dos laboratórios convencionais além de não exprimir a possibilidade de simular sensações físicas não possuem os mesmos objetivos propostos pela prática. Por fim, é necessário que estejam no idioma do usuário, no caso em português, (SILVA; MERCADO, 2019).

2.2.2 O que é modelo, modelagem computacional e simulação computacional?

De forma geral, ao longo da história as teorias foram desenvolvidas para explicar os fenômenos observados. Na chamada Ciência Moderna, no entanto, as teorias desenvolvidas têm um elevado poder de previsão de alguns fenômenos decorrentes da Mecânica Quântica, como o desenvolvimento dos raios laser. Apesar disso, a relação experimento-teoria é sempre mantida (SILVA; MACHADO; TUNES, 2019, p. 197)

O Ensino de Química implica a aprendizagem de diferentes níveis representacionais, como abordado anteriormente no capítulo 1.2.5. Segundo Giordan (2013), por um consenso da literatura o conhecimento químico pode ser resultado da articulação das três dimensões da realidade: macroscópica, submicroscópica e representacional. Por se aprofundar em questões que investigam fenômenos e processos, a química empenha-se em mensurar determinadas informações macroscópicas por meio do sensorial físico, seja pela visão, olfato ou tato os químicos buscam mensurar e interpretar seus resultados na formulação de leis e na previsão de comportamentos das propriedades em geral. O conhecimento químico não permanece somente nas interpretações da esfera macroscópica, se aprofundando nas interpretações sob a ótica atômico-molecular que realiza da natureza, essas informações buscam constatar os fenômenos ocorridos no âmbito das partículas da matéria e a partir das interpretações geradas, além de uma teoria fundamentada, os químicos admitem uma nova dimensão que investiga fenômenos atribuídos pelas interações e movimentações das partículas, essa dimensão, é admitida como representacional(GIORDAN, 2013)

As dimensões macroscópicas e submicroscópicas admitem construções específicas da semiótica, visto que “Em uma dimensão representacional, substâncias, partículas e transformações, suas propriedades e comportamentos, são indexados por meio de símbolos, fórmulas e equações químicas, bem como expressões algébricas, gráficos, números, além de palavras, gestos e imagens” (GIORDAN, 2013, p.179), ou seja, o conhecimento químico utiliza de uma linguagem própria admitindo que suas dimensões macroscópicas e submicroscópicas sejam representadas e entendidas em diferentes âmbitos e lugares “As representações químicas são metáforas, modelos ou constructos teóricos da interpretação química da natureza e da

realidade” (GIORDAN, 2013, p.179). Dessa forma, é por meio dessa interpretação, em particular, que a química se difere das outras ciências, segundo Duso e colaboradores (2013) autores devem tomar atenção quanto a definição de modelo, a depender do contexto que o termo está inserido pode expressar diferentes significados. Desta forma, é sugerido a classificação de três maneiras (1980, KNELLER, *apud*, 2013, DUSO et al).

i) O modelo representacional: caracterizado por representar objetos/entidades de forma tridimensionais, este tipo de modelo é vastamente explorado pelas ciências em museus ou escolas na forma de maquetes;

ii) O modelo teórico: este modelo é composto por reunir hipótese, teorias entre outras enunciações da ciência sobre um objeto ou sistema. Pode ser descrito matematicamente, e é considerado por Kneller (1980) o modelo de maior relevância para a ciência, são exemplos o modelo atômico de Dalton (Bola de Bilhar), modelo molecular helicoidal do DNA;

iii) O modelo imaginário: É um modelo construído a partir de hipóteses na intenção de elaborar descrições que possibilitem melhorar a compreensão. Essas descrições têm a finalidade de idealizar o objeto ou sistema a fim de testar condições, um exemplo é o modelo do campo eletromagnético, modelo ressonante do benzeno.

Compreendendo então, que um determinado fenômeno pode ser classificado de diferentes maneiras, é necessário que ao propor sua simulação no computador o usuário promova adequações ao sistema alterando-o e interpretando. Na modelagem computacional (MC), o modelo do fenômeno é criado pelo usuário e implementado pelo sistema, o objeto que resulta deste processo pode ser utilizado como simulação (VALENTE, 1999).

Na modelagem, o modelo do fenômeno é criado pelo aprendiz, que utiliza recursos de um sistema computacional para implementá-lo. Uma vez implementado, o aprendiz pode utilizá-lo como se fosse uma simulação. Portanto, a diferença entre o software de simulação e o de modelagem está em quem escolhe o fenômeno e em quem desenvolve o seu modelo. No caso da simulação, isso é feito a priori e fornecido ao aprendiz. No caso da modelagem, é o aprendiz quem escolhe o fenômeno, desenvolve o seu modelo e implementa-o no computador. (VALENTE, 1999, p. 79-80)

Baranauskas *et al* (1999) compreendem que a modelagem é uma técnica utilizada para estudar o comportamento de fenômenos reais, a autora elabora três fases que envolvem o processo de MC de fenômenos reais ou hipotéticos. A primeira consiste na fase de construção do modelo, o modelo precisa representar aspectos relevantes do sistema estudado, a segunda fase é a de experimentação e análise do modelo criado, esta fase que é responsável pela execução do modelo e a análise de resultados se denomina simulação, e a MC se definiria pela

atividade do uso do computador para demonstrar o modelo, assim a SC é responsável por desenvolver e fornecer *feedbacks* a modelagem por definir os rumos da investigação/atividade. Por fim, na terceira fase ocorre a comparação do modelo construído com sistemas reais.

Considerando um cenário típico de uso de um ambiente de modelagem e simulação, o usuário constrói um modelo do fenômeno/objeto que deseja estudar, utilizando primitivas específicas para representação do modelo, fornecidas em geral por um editor de modelos, presente no ambiente computacional. Construído o modelo, o sistema o executa (simula) e apresenta resultados da simulação, em geral por meio de representações gráficas, animações etc. O usuário observa a simulação e pode então analisar os resultados obtidos e recomençar o ciclo de atividades (BARANAUSKAS et al, 1999, p. 52)

Para Valente (1999), a modelagem se assemelha à atividade de programação por exigir do usuário o ciclo de descrição-execução-reflexão-depuração-descrição. Esse ciclo é composto pelo ato de resolver um problema, assim o usuário deve descrever um fenômeno de interesse especificando, por meio de linguagem de programação, informações no intuito que o sistema descreva, execute e forneça dados. O usuário é responsável por refletir sobre as informações cedidas pela interface gráfica com o intuito de resolver o problema inicial, num processo que busca novas informações (conceitos) ou pensamento transformando-as em conhecimento⁵ e finalizando o ciclo proposto com a sua repetição. Valente (1999) descreve o processo de reflexão e depuração do usuário por níveis de abstração:

- i) Abstração Empírica: As informações extraídas do objeto se referem a características observáveis a exemplo da cor e forma;
- ii) Abstração Pseudo-Empírica: Há dedução do conhecimento por parte do usuário, ou seja, uma interpretação e reconhecimento do resultado obtido;
- iii) Abstração Reflexionante: Essa abstração compreende uma evolução, pois o resultado sai de um nível cognitivo mais baixo para um mais elevado (ou a reorganização), há reflexão sobre as razões que geraram a descrição, promovendo um “diálogo” com suas próprias ideias.

Esse processo se finda em duas ações, a primeira é quando o problema está resolvido, ou seja, o resultado obtido corresponde com suas ideias iniciais não promovendo modificações. O segundo, se descreve quando o resultado difere de sua ideia inicial.

Percebe-se que neste tipo de atividade é necessário ao usuário um domínio sobre linguagem computacional e sobre o conceito a ser estudado. O resultado é o fornecimento de *feedback* imediato e fiel do que foi solicitado, não há acréscimos ou interferências, que explicita

⁵ Relembrando, para que uma informação se transforme em conhecimento é necessário as mudanças de estruturas internas do indivíduo. A reflexão significa que o estágio mental anterior se modificou para acomodar novas informações mais complexas gerando a possibilidade de novos conhecimentos.

o raciocínio do usuário executor, ou seja, se houver a ocorrência de erros é fruto do pensamento do autor. “Esta resposta fiel é extremamente importante para que ele possa se dar conta do que sabe e do tipo de informação que necessita conseguir para depurar suas idéias.” (VALENTE, 1999, p.74). Assim, o processo de programação é proveitoso, visto que por “descrever” um raciocínio interno outro indivíduo pode “ler” e entender o pensamento de quem executou a ação oportuniza cenários de resolução de problemas com a discussão de ideias, habilidades de aprender e firmar estratégias de soluções. Valente (1999) alerta pela necessidade de mediação de um profissional durante este processo auxiliando na construção de um significado, que por fim resultará na aprendizagem, pois o ciclo não acontece simplesmente pela interação frente ao computador.

No caso dos processos de simulação, esta pode ser classificada como aberta ou fechada. No caso da simulação aberta, os processos cognitivos se assemelharão aos da programação, o usuário fornece informações sobre o fenômeno de interesse, como leis ou parâmetros que podem ser situações previamente definidas ou complementares ao sistema “Isso requer que ele se envolva com o fenômeno, procure descrevê-lo em termos de comandos ou facilidades fornecidas pelo programa de simulação e observe as variáveis que atuam no fenômeno e como elas influenciam o seu comportamento.” (VALENTE, 1999, p. 80), uma diferença para a programação é que o processo de descrição é mais contextualizado. Durante o processo de simulação no computador, o usuário realiza intermédios por meio de hipóteses que deverão ser validadas ao estabelecer relação com o fenômeno portanto, o computador permite elaborações a fim de que o usuário compreenda o fenômeno de interesse. No caso da simulação fechada, este processo cognitivo se assemelha a de um tutorial, Giordan (2005) expõem controvérsias quanto ao uso dos computadores no ensino, visto que não necessariamente todos os pesquisadores estavam, inicialmente, interessados em uma abordagem mediada pelos professores, como é o caso do desenvolvimento dos tutoriais.

Programar o computador para substituir o professor na sala de aula foi desde o princípio o objeto do desejo de uma parcela dos especialistas em instrução assistida pelo computador (...) a elaboração de tutoriais de ensino tem sido adotada como solução para essa controvertida finalidade, seguindo inicialmente os princípios da teoria comportamentalista, cuja estratégia, resumidamente, era obter respostas do aluno às perguntas suscitadas pelo aplicativo e avaliá-las mediante o critério de ajustamento ao conteúdo previamente exposto.(GIORDAN, 2005, p.285)

Não é objetivo do tutorial explorar criatividade ou solucionar problemas abertos, o *software* apresentará informações que possibilitarão a prática por meio de exercícios, que podem ser avaliados pelo próprio computador, induzindo o comportamento de memorização, seu objetivo é apresentar ao usuário informações organizadas que pressupõem duas situações (VALENTE, 1999).

Na primeira, há uma organização sequencial por parte do *software* que controla a ordem do que pode, ou não ser apresentado ao usuário. Na segunda o usuário é livre para escolher a informação que deseja, mas nas duas situações as informações presentes não foram construídas pelo usuário pois são pré-definidas então a interação não permite uma descrição do raciocínio construído, os caminhos seguidos são definidos pelo computador dificultando reconhecer se este processo ocorre puramente de forma mecânica (seguindo um passo a passo de memorização) ou se o usuário estão compreendendo, apresentando domínio sobre a temática investigada (VALENTE, 1999). Giordan (2005) complementa uma possível contribuição deste tipo de *software*, que é condicionado habitualmente por questões de múltipla escolha, não podendo se “desprezar o fato de a fusão de mídias no computador [permitem] criar narrativas, que até então não conheciam meio de difusão semelhante.” (GIORDAN, 2005, 285). Assim, este tipo de interação corresponde ao começo das propostas de inserção do computador nos ambientes escolares. Uma forma de certificar a aprendizagem é através de situações-problema em que as informações fornecidas pela SC são necessárias para o desenvolvimento de uma solução. Assim, na simulação fechada os parâmetros definidos pelo sistema, podem ser manipulados pelo usuário que assistirá o fenômeno por meio de uma reprodução idealizada pelo programador, neste caso as hipóteses, testes, análises e (re)construção de conceitos não necessariamente ocorrerão. Desta forma, a diferença entre modelagem, simulação, programação e, tutorial, se refere ao nível de descrições que o sistema permite (VALENTE, 1999).

As distintas análises realizadas sobre a MC geraram interesse aos pesquisadores da Educação em Ciências, que definiram aspectos próprios correlacionados ao campo de interesse, se caracterizando por argumentações de origens filosóficas e epistemológicas, a exemplo da Teoria de Modelo Mentais⁶, apoiada pelo cognitivismo e as Análises de MC na Educação em Ciências enfatizada por teorias educacionais e pedagógicas (DUSO et al, 2013). Para Baranauskas e colaboradores (1999) os propósitos dos ambientes computacionais de modelagem para o contexto educacional devem proporcionar ao discente a possibilidade de construção, teste e aprimoramento do modelo de forma mais concreta possível. Assim é necessário que em situações de interesse didático o docente forneça condições que amplifique o potencial da ferramenta viabilizando que o discente elabore suas hipóteses e busque discutir sobre seu raciocínio compartilhando as informações e conhecimentos com outros alunos e com

⁶ A Teoria dos Modelos Mentais se define por meio da aquisição de informações que se combinam, e quando necessário se reestrutura, esse processo interno visa a elaboração de modelos mentais que tem por objetivo permitir a seu idealizador iniciar deduções (1983, JOHNSON-LAIRD, apud, 2016, SANTOS et al).

o professor a fim de construir aprendizados sobre o fenômeno abordado em aula. A mediação do docente é importante, na medida que auxilia na construção de conceitos apropriados preservando as definições e distanciando o discente de visões distorcidas, além de proporcionar uma transição mais harmoniosa para o discente que deve reconhecer que existem diferenças e limites entre o real e o virtual (VALENTE, 1999).

2.2.3 O que dizem as pesquisas para o Ensino de Química?

O Ensino de Química, segundo Valente e Almeida (2020) já se beneficiavam do uso de SC desde 1973, por iniciativa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) através do Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde (NUTES) e o Centro Latino - Americano de Tecnologia Educacional (CLATES). Entretanto, mesmo que as pesquisas sobre o uso de SC tenham se iniciado no século passado nas IES, o contexto atual não reflete muitos avanços uma vez que não há quantidade expressiva de pesquisas sobre a temática que investigam o uso de SC para a aprendizagem de química no Ensino Superior, como já abordado. Duso et al (2013) enfatizam que o uso de modelagens computacionais no Ensino de Química e Biologia não alcançou tantos espaços quanto o Ensino de Matemática e Física.

Acreditamos que isso se dá em decorrência da natureza conceitual dessas diferentes áreas do conhecimento, aliado à forma e ao tipo de modelos e processos de modelização que foram traduzidos para o contexto escolar. Os modelos aceitos e as teorias científicas da Física e da Matemática, em sua maioria, estão fortemente relacionados com a identificação de regularidades fenomenológicas, que resultam em descrições matemáticas. Já na Biologia e na Química, os modelos consensuados e as teorias, em geral, não possuem esta mesma característica, ou seja, as descrições matemáticas não são tão presentes (DUSO et al, 2013, p. 31)

Por outro lado, pesquisadores continuam acentuando o uso de MC⁷ como alternativa favorável a Ciências e a Educação em Ciências. O uso de MC chega ao ambiente escolar principalmente por meio de disciplinas como Matemática e Física, pressupondo que a ferramenta conduza a modelos descritos, em sua maioria, por cálculos (DUSO et al, 2013). Buscando analisar o cenário da química, Giordan (2015) apresentou um levantamento de trabalhos publicados durante o período de 2005 a 2014, na revista Química Nova na Escola (QNEsc), o levantamento ressaltou o baixo índice de pesquisas que envolviam a temática “Educação em Química e Multimídia⁸” visto que durante esse período cerca de sete artigos foram publicados nos últimos dez anos. Com isso, o autor levanta questionamentos sobre o uso

⁷ Como já descrito por Valente (1999) e Baranauskas et al (1999), as SC representam uma das etapas da MC, portanto ao se referir a MC implicitamente a SC está beneficiada.

⁸ A seção “Educação em Química e Multimídia” tem o objetivo de aprimorar o leitor das aplicações das tecnologias comunicacionais no contexto do ensino-aprendizagem de Química (GIORDAN, 2015, p.154)

de *softwares* que buscam simular experimentos no Ensino de Química e sua pouca investigação pelos pesquisadores da área de ensino e aprendizagem.

Santo e Silva (2020) em mapeamento realizado no período de 2008 a 2017 em vinte periódicos da área de Educação em Ciências, buscaram por trabalhos que abordavam a temática de SC no Ensino de Química, o número de artigos encontrados neste período foi baixo identificando uma média de zero a dois artigos publicados sobre a temática. Em onze periódicos não foi encontrado nenhuma publicação, as revistas “Revista Química Nova na Escola” com seis artigos publicados, a “Revista Brasileira de Ensino de Química” e a “Areté- Revista Amazônica de Ensino de Ciências” cada uma com três artigos publicados, se mostraram exceções. Dos conceitos químicos mais explorados por SC, o mapeamento apresentou apenas o estudo de modelos atômicos e interações intermoleculares dessa forma, potenciais temáticos não são exploradas, requerendo mais pesquisas. A pesquisa enfatiza que as SC são consistentemente aplicadas em apenas quatro Modalidades de Ensino se destacando, principalmente, o Ensino Médio. Houve três menções ao Ensino Superior uma se relacionava a curso de grau Bacharelado e duas em Pós-Graduação, no Doutorado, não havendo nenhum artigo que abordasse o Ensino Superior com o Foco na Formação de Professores, apesar de escasso, o mapeamento apresenta que há pesquisadores fomentando a possibilidade de uso dos SC no Ensino Superior em Química.

Paula (2017) discute a constante abordagem em pesquisas sobre as TDIC em que são realizadas validações do tipo pré-teste e pós-teste, ou por meio de comparação de resultados educacionais em turmas são utilizadas em caráter amostral, havendo abordagens do tipo usaram ou não determinada TDIC. Tais trabalhos não buscam nem orientar, nem caracterizar adequadamente o uso das TDIC em contextos educacionais.

Avaliar a utilização de simulações e laboratórios virtuais no ensino de ciências pode representar um avanço em uma área na qual ainda prevalecem estudos dedicados à validação do uso de TICs mediante instrumentos do tipo pré-teste e pós-teste, ou por meio da comparação de resultados educacionais obtidos em turmas que usaram, ou não, uma determinada Tecnologia de Informação e Comunicação (PAULA, 2017, p.80).

A SC se diferente dos Laboratórios Virtuais (LV), nos LV se busca representar Laboratórios Reais compreendendo um grau de interação que pode variar do baixo ao alto, as SC admitem variáveis que são manipuladas pelo discente com o intuito de observar comportamentos representados pelo modelo, apesar de poder apresentar informações quantitativas, essa não é uma característica predominante das SC, pois seus interesses se voltam para as representações de entidades e processo que constituem modelos científicos. O uso de LV, como um recurso didático apresentam a possibilidade de aumentar o protagonismo de estudantes, pois os possibilitam conduzir experimentos e, por vezes, realizar investigações e

interpretações sobre os resultados. O avanço da TDIC nesse segmento aumenta a interatividade dos estudantes que antes compreendiam os conceitos químicos baseados em descrições de textos e imagens (PAULA, 2017).

Antigamente, por exemplo, alguns experimentos que desempenharam um papel crucial na história dos processos de produção e validação do conhecimento científico só podiam ser descritos para os estudantes por meio de imagens, vídeos e textos. Essa descrição ficava a cargo dos próprios professores ou dos textos didáticos por eles adotados. Questões ligadas ao custo, à segurança ou ao tempo necessário para a ocorrência de certos fenômenos, sempre impediram que diversos experimentos importantes fossem reproduzidos no ambiente escolar. Atualmente, porém, com o surgimento das TIC, existem aplicativos que criam, no computador, laboratórios virtuais semelhantes aos laboratórios reais. Esses laboratórios virtuais eliminam os problemas ligados à segurança ou ao tempo necessário para a realização de um experimento. Com esses aplicativos, os próprios estudantes conduzem experimentos cruciais ao entendimento dos conceitos, modelos e teorias das ciências, sendo também desafiados a interpretar os resultados desses experimentos. (PAULA, 2017, p. 81)

Esses recursos, SC e LV, auxiliam na representação de fenômenos naturais de difícil compreensão, por apresentar possibilidades de explorar a escala submicroscópica e apresentam conteúdos de elevados níveis de abstração (BRASILEIRO; MATIAS, 2019). Sobre os limites dos usos das SC e LV o docente deve buscar estar ciente dos objetivos pedagógicos que orientam o curso pelo qual é responsável para que assim tenha condições de identificar as potencialidades e limitações do recurso que mediará às atividades realizadas pelos discentes. Por fim, o cenário de pesquisa das TDIC para a Educação em Ciências é dinâmico, isto ocorre visto a rapidez com que os cenários mudam em decorrência do surgimento de novos *softwares* utilizados (PAULA, 2017). A mudança destaca que as emergências não se restringem as adequações para a Sociedade do Conhecimento em que o sistema de ensino deve se adequar o uso das TDIC, realizando o uso das ferramentas de forma pensada para que auxiliem no fomento de valores culturais. As mudanças sociais emergenciais podem afetar a forma que vivemos, nos relacionamos e aprendemos, o caso da COVID-19 apresentou uma conjuntura em que a educação foi condicionada a cenários virtuais em que muitos não se sentiram confortáveis, assim emerge a necessidade de compreensões mais aprofundadas sobre a temática, em especial, discussões que se voltem para o Ensino Superior.

3.PERCURSO METODOLÓGICO

3.1 Proposta Metodológica

Esta pesquisa, do ponto de vista macro, segue uma metodologia de perspectiva qualitativa que consiste em considerar

[...] que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no

processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem. (PRODANOV; FREITAS 2013, p. 70)

O método de coleta de dados ocorreu por entrevistas semiestruturadas, reforçando o caráter qualitativo

[...] entrevistas são muito utilizadas em estudos exploratórios, com o propósito de proporcionar melhor compreensão do problema, gerar hipóteses e fornecer elementos para a construção de instrumentos de coleta de dados. Mas também podem ser utilizadas para investigar um tema em profundidade, como ocorre nas pesquisas designadas como qualitativa (GIL, 2008, p.114)

Dessa forma, essa pesquisa buscou analisar o ambiente em que os formadores dos cursos de Graduação em Química Bacharelado e/ou Licenciatura de uma Universidade Pública do Sul de Minas Gerais atuam, com o intuito de investigar suas compreensões acerca da possibilidade do uso didático de Simulações Computacionais. Além disso, a pesquisa buscou compreender aspectos da Formação Inicial e Continuada dos docentes entrevistados, e qual relação os aspectos formativos possuem com a atuação desses docentes nos em Ambientes Virtuais instaurados no Ensino Remoto Emergencial do período de 2020/1 a 2021/2, decorrente da pandemia causada pelo vírus *SARS-CoV-2*, popularmente nomeada de COVID-19. É na compreensão dos docentes, que os resultados e análises foram construídos investigando aspectos pessoais sobre conceitos relativos à área de química, assim se destaca a experimentação e sua relação com o ambiente das disciplinas práticas e a simulação computacional, suas definições sobre possíveis usos e os critérios de escolha.

Assim, esta pesquisa teve por finalidade, realizar a análise de um cenário de formação de profissionais de química durante uma realidade emergencial que recorreu ao amplo uso de TDIC, encontramos nessa premissa a possibilidade de investigar o uso de SC em um nível educacional que tem escassez de pesquisas sobre essa temática, apesar de, em diversas pesquisas, pesquisadores e docentes reconhecerem benefícios.

3.2 A Coleta de Dados e os Participantes da Pesquisa

Esta etapa da pesquisa consiste na aplicação do instrumento da coleta de dados, no caso desta pesquisa o instrumento selecionado a fim de compreender as concepções dos docentes foram as entrevistas semiestruturadas, conhecidas também como entrevista diretiva ou entrevistas semiabertas (MANZINI, 2004). Este tipo de instrumento de coleta de dados também pode ser definido como uma entrevista

que em geral [...] parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante.

Desta maneira, o informante, seguindo espontaneamente a linha de seu pensamento e de suas experiências dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa (TRIVIÑOS, 1987, p. 146).

Manzini (2004) complementa argumentando que as entrevistas semiestruturadas pressupõem um roteiro com questões previamente elaboradas, ao qual possui um tema principal, e que são complementadas por outras questões diante das circunstâncias que emergem por meio da entrevista e direcionam para respostas mais livres sem se ater a padrões e condicionamentos. Assim é por meio deste instrumento de coleta de dados que se constituiu o *corpus* de análise. A coleta de dados portanto, seguiu a construção de um roteiro da entrevista semiestruturada. Como já foi exposto, esse método de coleta de dados tem a finalidade de investigar, de forma mais livre, aspectos da pesquisa em educação, em geral, são instrumentos de coleta descritivos, havendo citações dos trechos coletados para subsidiar uma afirmação ou ponto de vista (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p. 13).

O roteiro elaborado inicialmente, (Apêndice A) seguiu os objetivos que esta pesquisa buscava alcançar. Dividido em quatro blocos, o roteiro contou com três blocos investigativos e um bloco de encerramento, totalizando 15 questões. O primeiro bloco, com 3 questões, se referiu à prática e formação do docente, o uso das tecnologias e sua experiência de ensino durante o ERE; o segundo bloco com 5 questões investigou as práticas experimentais, o laboratório e às atividades experimentais realizadas no cotidiano do docente; o terceiro bloco, com 7 questões, buscou investigar as simulações computacionais procurando por definições, seus usos e critérios de escolha; e, por último, o quarto bloco com 1 questão que encerrava a entrevista e buscava conferir a necessidade de complementos ao roteiro. O roteiro da entrevista foi enviado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, parecer de número 56022222.3.0000.5094, possibilitando iniciar a entrevista piloto, que ocorreu de forma presencial e compõem como um dos docentes analisados. A entrevista piloto tem na sua intencionalidade contribuir para a verificação do roteiro elaborado, em alguns casos há a necessidade de reformular ou acrescentar questões a fim de melhorar a compreensão dos objetos abordados e evitar ambiguidades com adequações importantes, por exemplo, quanto a ordem da apresentação das questões (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A escolha dos participantes se deu pelos critérios: i) Atuar como docente do Ensino Superior na IES escolhida; ii) Atuar no curso de graduação de Química na modalidade de Bacharelado ou Licenciatura. Os docentes foram convidados a participar da pesquisa por *e-mail*, de modo que a entrevista poderia ocorrer na modalidade virtual, pela plataforma *Google Meet* ou presencial, a entrevista piloto foi realizada de maneira presencial com um docente que atua na área de Ensino de Química. Após a entrevista, por consequência foi necessário realizar alterações de alguns termos, bem como, a inclusão de uma questão o intuito destas alterações

foi ajustar o instrumento e aprimorar conseqüentemente o estabelecimento entre objetivos e resultados. “Uma vez constatadas as falhas, reformula-se o instrumento, conservando, modificando, ampliando, desdobrando ou alterando itens” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p.227). Com isso, deu-se continuidade a realização das entrevistas (Apêndice B), totalizando sete entrevistados, para a construção do processo analítico vamos nos referir aos docentes por (D), seguindo uma numeração D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7. A seguir apresentamos um quadro dos docentes entrevistados com informações sobre a IES e área que atuam, sua Formação Inicial e a modalidade escolhida para realizar a entrevista.

Quadro 2- Identificação dos sujeitos da pesquisa

Docente	Área de Atuação	Instituição e curso de Formação Inicial	Entrevista
D1	Ensino de Química/ História e Filosofia da Química	Química Licenciatura/ Bacharelado-UFPR	De forma Presencial
D2	Físico - Química Orgânica/Computacional	Farmácia -UFMG	De forma Presencial
D3	Físico-química/ Química teórica / Computacional	Química Licenciatura/ Bacharelado - UFJF	De forma Presencial
D4	Química Inorgânica/ Química de Materiais	Química Bacharelado/ Licenciatura - UFPR	De forma Presencial
D5	Química Orgânica/ Síntese Orgânica	Licenciatura/ Bacharelado - UFV	De forma Presencial
D6	Química Analítica/ Química Ambiental	Química Bacharelado - UNICAMP	De forma Virtual
D7	Ensino de Química/ Métodos e Técnicas de Ensino	Engenharia Química - UFMG	De forma Presencial

Fonte: Dados da pesquisa

A entrevista realizada na modalidade virtual levou em consideração o fato da docente entrevistada fazer parte do grupo de risco da COVID-19, todos os outros optaram por realizar a entrevista de forma presencial seguindo as normas de segurança e prevenção sanitárias impostas na época. As entrevistas tiveram uma duração média de 40 minutos a 1h. Inicialmente houve uma conversa, buscando ambientar o docente sobre os objetivos da pesquisa, e o Termo de Consentimento livre e Esclarecido (TCLE) permitindo o início da entrevista, bem como, a gravação dos áudios.

Quadro 3 - Data e Tempo de Realização das Entrevistas

Docente	Data	Tempo de Realização
D1	06/05/2022	57 min 39 s

D2	26/05/2022	33min34s
D3	17/05/2022	30 mim 42 s
D4	19/05/2022	1h03min39s
D5	24/06/2022	40min46s
D6	31/05/2022	27min46s
D7	22/06/2022	1h05min06s

Fonte: Dados da pesquisa.

Com isso, foi possível passar para a análise dos dados presentes no próximo tópico.

3.3 A Análise de Dados

As análises dos dados foram realizadas mediante leitura e interpretação das entrevistas se guiando pelo estabelecimento de agrupamentos a partir das informações identificadas nas respostas. Dessa forma, utilizamos da seguinte proposição com os dados: a) Transcrição das entrevistas; b) Leitura e identificação das respostas; c) Composição dos Agrupamentos.

A primeira fase consistiu em transcrever os áudios das entrevistas para um melhor entendimento e compreensão das respostas dos entrevistados, e isso possibilita uma melhor interpretação, organização e levantamento de dados. Os áudios presentes no gravador e celular foram transcritos para um documento de texto no computador da pesquisadora. A segunda fase, requer atenção da pesquisadora, visto que foi realizada a leitura das transcrições no intuito de reconhecer nas respostas informações que apresentam em conjunto semelhanças no que tange o sentido, ou seja, que estabeleceram padrões compondo os futuros agrupamentos durante a fase de interpretação. Por fim, é neste momento que o pesquisador gera os agrupamentos com base nas interpretações da etapa anterior, também é importante reconhecer que esta etapa pode gerar agrupamentos não previstos inicialmente.

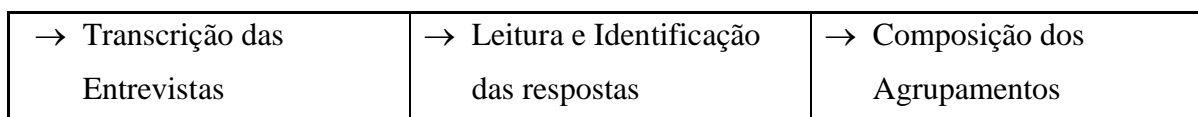


Figura 1 - Sequência das etapas de análise

Fonte: A autora

Após a leitura e identificação, emergiram agrupamentos presente no capítulo a seguir. Dentro dos agrupamentos principais emergiu o agrupamento secundário e, para sua discussão, foi utilizado de codificação no intuito de classificar os excertos das entrevistas, sinalizando a relação entre a fala dos docentes entrevistados com o agrupamento alocado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como a entrevista foi dividida inicialmente em dois blocos principais, com base nos objetivos da pesquisa, é por eles que o estabelecimento de agrupamentos se guiou emergindo os grupos principais: 1) *A Experimentação no Ensino de Química: cenários, propostas e compreensões docentes*; e 2) *Simulações Computacionais nos Cursos de Graduação em Química: aplicações, saberes e critérios*.

Quadro 4 - Agrupamentos que emergiram das entrevistas

Agrupamento Primário	Agrupamento Secundário	Código de Identificação
A Experimentação no Ensino de Química: cenários, propostas e compreensões docentes	Ocorrência de disciplinas Experimentais, segundo contexto de ERE	E - UL
	O Laboratório de Química: Concepções do Ambiente Profissional e Didático	E-CL
	Atividades Experimentais em Química	E-AE
Simulações Computacionais nos Cursos de Graduação em Química: aplicações, domínios e critérios.	Compreensão dos Simuladores Computacionais	S - DS
	Uso dos Simuladores Computacionais	S-UA
	Critérios de Escolha Docente: O uso de SC no ES	S - CR

Fonte: Dados da pesquisa

4.1 A Experimentação na Graduação em Química

Este bloco da entrevista investigou como os docentes entrevistados vivenciaram o período de ensino remoto emergencial (ERE) em que abordaram as maiores dificuldades enfrentadas ao lecionarem disciplinas teóricas e práticas e quais meios utilizaram para tentar se adaptar à nova realidade estabelecida. Além disso, é de interesse da pesquisa levantar quais as compreensões os docentes possuem sobre o laboratório e as atividades experimentais (AE) no contexto da experimentação em química no ensino superior, visto que as pesquisas e aulas realizadas nos laboratórios experimentais e as atividades realizadas nos laboratórios didáticos experimentais (LDE) foram diretamente afetadas.

Tais questões são importantes pois nos currículos das graduações de química as áreas ensinadas contam com o uso da experimentação como atividade essencial para a prática científica visando por meio dela elaborar e explicar conceitos e teorias. Na intenção didática, a experimentação está contida em disciplinas teóricas e práticas que estudam formas de compreender os conceitos e transformações da matéria, de forma que se propõe em explicar fenômenos. Desta forma, ao se utilizar da experimentação como recurso didático a fim de articular o manuseio de equipamentos, instrumentos e se atentando para a compreensão de fenômenos e da teoria, é relevante o ato de pensar a respeito dos objetivos, execução e implementação do uso para que a atividade realizada disponha de significado, ou seja, é na proposição de uma atividade experimental que buscamos compreender como os docentes a entendem e se utilizam no âmbito didático.

4.1.1 Cenários, desafios, propostas e compreensões docentes.

No Ensino Superior, as disciplinas práticas geralmente ocorrem nos ambientes dos laboratórios didáticos experimentais. Com o distanciamento de atividades presenciais promovido pela pandemia da COVID-19 as aulas que ocorreram durante o ERE conferindo o período de 2020/1 a 2021/2 passaram por reconfigurações em que os docentes que ministravam disciplinas práticas (D2, D4, D5 e D6) necessitaram elaborar adaptações em suas disciplinas se utilizando de recursos digitais. A seguir foi elaborado um quadro reunindo informações dos docentes entrevistados citando a disciplina lecionada por ele e as modalidades do curso.

Quadro 5 – Docentes que lecionaram disciplinas experimentais no período ERE

DOCENTE	DISCIPLINA	MODALIDADE DO CURSO
D2	Química Orgânica Experimental I e II	Bacharelado e Licenciatura

D4	Química Inorgânica Experimental	Licenciatura
	Química Inorgânica Experimental II	Bacharelado
D5	Química Orgânica Experimental I e II	Bacharelado e Licenciatura
D6	Química Analítica Qualitativa Experimental e Química Analítica Quantitativa Experimental	Bacharelado e Licenciatura
	Química Analítica Instrumental Experimental	Bacharelado

Fonte: Dados da pesquisa

Os docentes D1, D3 e D7 não ministraram disciplinas práticas de química durante o período analisado, além disso é necessário ressaltar que os docentes D1 e D7, geralmente, não ministram aulas práticas em sua atividade docente, atuando principalmente em disciplinas específicas da Licenciatura. Entretanto, isto não significa que não abordem a experimentação em suas disciplinas, o docente D1 ao lecionar a disciplina “Prática de Ensino III” aborda a temática de experimentações na proposta de atividades que contam com o desenvolvimento e execução de um plano de aula com o uso de atividades experimentais elaboradas pelos discentes. A docente D7, na disciplina “Prática de Ensino I” ofertada no primeiro período do curso desenvolve algumas atividades experimentais em sala de aula no contexto investigativo com alunos ingressantes.

Eu tenho uma disciplina [Prática de Ensino III] que fala de experimentação, mas mesmo ela presencial o foco dela é muito mais que os alunos, primeiro, entendam a importância, as diferentes abordagens e que com isso eles consigam produzir [...], um plano de aula que vise desenvolver uma atividade experimental. (E-UL-D1)

[...]a gente propunha para eles o uso do fazer os experimentos simples que eram com seringa, aquecimento do balão para dilatação, então era: compressão do ar, dilatação do ar, né? E um vácuo parcial em um frasco que era um vácuo meio simulado, assim, e simulado que eu digo assim porque não era um vácuo, é um vácuo no sentido de ter tirar uma certa massa de ar, né? Do volume lá do kitasato, e em cima desses três, os alunos propunham modelos. Tá? É cada um com um experimento, depois eles trocavam, para eles poderem, os grupos um apresentar para o outro, é e chegar na discussão e depois voltavam no grupo original. (E-UL-D7)

Os docentes que lecionaram durante este período analisado ao relatarem sua experiência destacaram os desafios enfrentados ao tentar realizar experimentos em aulas práticas de química de forma remota e quais as possibilidades de recursos e adaptações se utilizaram para dar continuidade ao calendário letivo. A seguir, reuniu-se no quadro desafios e adaptações comuns aos docentes.

Quadro 6 – Desafios e adaptações promovidas pelos docentes durante o ERE

DOCENTES	DESAFIOS RELATADOS	ADAPTAÇÕES PROMOVIDAS
D2, D4	Aulas práticas ocorrendo de maneira remota.	Uso de vídeos dos experimentos gravados pelos técnicos de laboratório e aulas elaboradas em slides.

D5, D6	Aulas práticas ocorrendo de maneira remota.	Uso de vídeos dos experimentos gravados pelos mesmos e aulas elaboradas em <i>slides</i> .
D1, D2, D4, D5, D6	Os vídeos das aulas práticas não possibilitavam indicativos sensoriais presentes nos experimentos considerados importantes para a compreensão do experimento realizado.	A fim de contornar a situação, os docentes buscaram enriquecer as explicações e materiais com indicativos, falas e informações para pontos que consideravam de relevância para os discentes.
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7	A execução da prática experimental mediada integralmente pela tecnologia. Para os docentes, a não realização dos processos pelos discentes não caracteriza a aprendizagem de habilidades necessárias a prática.	Segundo os relatos, as aulas experimentais precisam ser mediadas pelo presencial visto que envolvem uma série de saberes que vão desde as habilidades práticas e processuais, observações e a compreensão do ambiente de caráter profissional. Desta forma, os déficits encontrados decorridos deste período serão perceptíveis nas disciplinas presenciais.

Fonte: Dados da pesquisa.

Como apresentado no quadro 6, o desafio de não poder utilizar os LDE presencialmente levou aos docentes de química adotarem estratégias. Diante dessa limitação, os docentes D2 e D4 recorreram aos vídeos gravados pelos técnicos dos laboratórios didáticos de química da IES, os técnicos executavam os experimentos ao mesmo tempo que documentavam as observações da maneira que era possível. Esses vídeos foram disponibilizados para os professores, permitindo que cada um elaborasse suas aulas de acordo com suas preferências e métodos de ensino, no entanto, essa abordagem se revelou, em parte, improdutiva, uma vez que a utilização dos vídeos pré-gravados tornou o processo de ensino passivo, conforme explicado pelo docente D4.

Foi assim... muito improdutivo, novamente, se tornou algo passivo porque foram gravados vídeos, né, os técnicos gravaram vídeos dos experimentos (E-UL-D4)

[...]os técnicos do laboratório de química gravavam os experimentos, filmavam as observações tanto quanto era possível, disponibilizaram esses vídeos para nós professores, e cada um montou a sua aula da forma que ficou melhor, tá? Algumas aulas, né? Foram completas, né? [...] na minha opinião, deu para poder aproveitar bem e tem outras que realmente não tinha muito o que fazer. [...] eu recebia as gravações dos vídeos e eu apresento, montava uma apresentação em PowerPoint, e eu gravava. (E-UL-D2)

O docente D2, que optou por elaborar apresentações em *PowerPoint* chegando a adquirir a licença de um *software* para gravar suas aulas utilizando sua *webcam* e disponibilizando virtualmente suas aulas para os alunos, de forma que a disciplina ocorreu de forma assíncrona. Os vídeos ficaram disponíveis para que os alunos pudessem acessá-los, enquanto também era estabelecido um horário específico para entrar em contato e esclarecer dúvidas com o docente.

Essa abordagem, apesar de suas limitações, representou uma solução encontrada em face das restrições impostas à modalidade do ERE.

Eu cheguei até adquirir a licença de um programa para poder gravar, então aqui na webcam mesmo gravava as aulas. Foi a minha primeira experiência como YouTuber, por assim dizer. Então, gravava as aulas e depois, né, dependendo do tamanho, fazia em partes, né? Ou dependendo do tempo da aula, e quanto tempo a garganta aguentava falar e aí então eu ia disponibilizando esses vídeos para os alunos, virtualmente. [...] portanto, ele seria não síncrono porque até pelo tempo de preparar os vídeos, disponibilizar foi a alternativa mais viável. Alguns aí eu deixava disponível. É um horário para que os alunos pudessem entrar em contato e tirar dúvidas. (E-UL-D2)

Os docentes D5 e D6 adotaram uma abordagem diferente, uma vez que eles gravaram os experimentos no laboratório didático da IES. No caso do docente D5, que conduziu os experimentos, relata também a gravação de vídeos com desenhos e modelagens. Vale ressaltar que, o docente expressou uma preferência por não utilizar vídeos de outros professores, considerando isso uma prática desfavorável em sua abordagem de ensino.

eu desenhei, fiz o modelinho e gravei o modelinho. Então também usei isso como prática. Não gostava muito de usar, [...] vídeos de outros professores. [...] gravei muitos vídeos de aula prática, né? Que a gente teve que fazer essa transição, o que também é muito ruim porque eu não sou editor de vídeos, né?(E-UL-D5)

O docente D5 mencionou desafios práticos e de segurança associadas à gravação em que era necessário manter uma distância adequada entre a câmera e o experimento, a fim de evitar acidentes, acrescentando certa complexidade ao processo. Outro ponto foi a necessidade de ter alguém executando o experimento e outra pessoa filmando, muitas vezes, apenas com um celular apresentando dificuldades logísticas. O docente reconheceu que, apesar dos esforços, a experiência remota foi considerada pouco produtiva, especialmente para disciplinas mais introdutórias e sensoriais como a Química Geral.

Porque assim, pra gravar o vídeo você tinha que ter alguém fazendo, alguém gravando e aí você tinha que aí era tudo pelo celular [...]você tinha que ajustar, aí você tinha que filmar perto, mas você também não pode chegar muito perto, porque você pode sofrer um acidente. Então, ou seja, tudo isso atrapalhou. Mas assim, fizemos o máximo que a gente conseguiu, mas com certeza a volta do presencial foi muito boa. (E-UL-D5)

No relato da docente D6, também se destacou o uso do celular para gravar os experimentos no laboratório didático de química, em que a técnica responsável executava os experimentos enquanto a docente gravava. Em um esforço adicional para aprimorar a qualidade dos vídeos, a docente investiu na compra do *software Wave*, para a edição dos vídeos.

[...] eu gravei. Eu fui lá no laboratório, eu gravei com o celular mesmo. Então a técnica fazia o experimento, eu ficava gravando. [...] E aí consegui editar, comprei um software chamado Wave para fazer edição de vídeo. (E-UL-D6)

Os relatos, no geral, refletem a busca por se adaptar ao novo cenário diante da necessidade de transição para o ERE. A busca pela superação dos desafios incluiu o envolvimento dos docentes e servidores técnicos da IES, o uso de recursos pessoais tais como o celular do docente e a aquisição de *softwares* de edição de vídeo. Essa abordagem prática demonstra nos docentes a necessidade de explorar recursos digitais adaptando-os como ferramenta didática, mesmo reconhecendo as dificuldades e limites associadas a estes. Por fim, os docentes reconhecem o período como pouco produtivo para os discentes podendo trazer impactos para a formação profissional.

Quanto aos indicativos sensoriais muito explorado durante a execução de práticas, os docentes D1, D2, D4, D5, D6 relataram por exemplo, a ausência de indicativos que, em situação presencial, poderiam ser percebidas com o toque ou a observação tornando difícil transmitir aspectos considerados pelos docentes essenciais para a compreensão do experimento realizado.

[...] não adianta, síntese química, não dá simplesmente para você mostrar um vídeo. Porque tem muitos pormenores. [...] você faz uma reação e você sente o tubo de ensaio aquecer e eu até falo “Toca no tubo de ensaio aí para vocês verem que ele está quente” então está sendo um processo exotérmico e, no vídeo, eu tive que comentar isso “Ó, vocês vão ter que acreditar em mim que está aquecendo o tubo” [...] se fosse eu fazendo, eu iria colocar um termômetro, uma solução para mostrar a temperatura [...] subindo! [...] porque você toca aí você percebe “Ah, então tá esquentando!” (E-UL-D4)

Eu trabalhei com duas disciplinas de prática durante a pandemia. Uma turma de química geral e as turmas de orgânica, né? As turmas de química geral saíram mais prejudicadas. Porque a química geral é uma disciplina muito introdutória. Então por mais que eu mostre pro aluno que isso aqui é um becker se ele não pegar no becker, não ver o becker, não mediu... eu acho que isso não funciona, né? Fica muito prejudicado. [...] ela é muito sensorial, muito visual. [...] se eu fizer algumas reações tinha que precipitar ou algumas reações que, por exemplo, quando você vai fazer titulação ficou rosa, mas que tanto de rosa? Isso você só consegue enxergar lá na hora, né? No vídeo você vai ver lá, mas aquele feeling de você ter que fechar a bureta na hora certa, né você tem a sua mão, calibrar a sua mão pra poder fechar, não abrir muito, não abrir pouco. Isso é só na aula prática. (E-UL-D5)

O maior impacto que nós tivemos, obviamente, foi nas disciplinas experimentais. Porque qualquer que seja o curso, você tem disciplinas experimentais o aluno tem que botar a mão na massa, tem que ir para o laboratório, aprender a segurar uma vidraria, medir isso. Por mais que você faça um vídeo completo e demonstrativo. Isso não substitui a experiência do aluno estar ali, na hora mesmo. Então eu acredito que, mais do que as aulas teóricas, o prejuízo maior para os alunos, principalmente, foram disciplinas experimentais. (E-UL-D2)

Conforme observado, as concepções docentes sobre a necessidade do LDE para o real aprendizado se voltam mais as preocupações sobre as habilidades e realização de processos se voltando para o método experimental, essa hipótese é reforçada por Alves Filho (2000) ao citar que em muitos casos as aulas experimentais são independentes das aulas teóricas.

Em muitos cursos universitários existem “disciplinas experimentais” totalmente dissociadas das “disciplinas teóricas”. Isto confirma que o objetivo subjacente maior é o ensino do método experimental”. [...] O controle total do professor, chegando ao limite em determinar o erro máximo aceito nas medições, denota que o objetivo do laboratório está dirigido ao ensino de procedimentos, técnicas e habilidades experimentais. Não podemos esquecer o aspecto de puntualidade do laboratório, isto é, em cada aula é realizada uma prática que trata

de um dado tópico do saber, cuja relação com outras atividades é de total independência [...]. Decorre que muitas vezes o tópico tratado no laboratório já foi discutido na aula teórica. Esta falta de ressonância entre os saberes tratados em sala de aula e o laboratório reforça nossa crença de que o objeto de ensino do laboratório é o método experimental, não o saber físico (Alves Filho, 2000, p.246).

Outro ponto ressaltado pelos docentes foi a reprodução de cores especialmente em compostos de coordenação em que não era bem definidas nos vídeos gravados o que prejudicava a visualização e interpretação de aspectos visuais considerados importantes.

[...]eu acho muito difícil algumas nuances, assim, dependendo da câmera que é utilizado, [...] você se guia muito pela cor do composto que está sendo gerado ali. Às vezes, você vê mistura de cores, quando você mexe no balão [volumétrico] [...] você percebe que tem uma mistura de cores um roxo, um azul junto, né? Ou então, o verde, você sabe que tem ali "Opa! Esse verde aqui na verdade é um amarelo, e o azul junto então é a mistura de dois compostos" né? E, às vezes, com a resolução da câmera varia um pouco essa tonalidade e já não fica perceptível isso, [...] então disciplinas [...] envolvendo síntese de compostos é muito complicado. (E-UL-D4)

É perceptível que mesmo com a ocorrência da caracterização do composto realizada de forma instrumental é considerado pelo docente que seus discentes compreendam e aprendam a observar os processos de síntese do experimento reconhecendo e identificando os compostos como uma etapa de maior relevância. Assim, o treinamento do observar, manipular e interpretar é condicionado como uma habilidade necessária ao graduando de química que somente será alcançada caso ele o realiza de forma prática.

A caracterização ali é tranquila, né, você mostra o equipamento, você explica como é que é o equipamento, mostra como que faz o preparo da amostra e tal, e aí, você gera o dado, e aí você interpreta, mas a parte de gerar o composto, a síntese em si. (E-UL-D4)

O docente D1, apesar de não ministrar disciplinas práticas, quando questionado sobre as aulas práticas no período ERE, expressou uma concepção muito parecida com a dos docentes que ministraram aulas práticas se baseando na importância da observação, compreendendo que as aulas práticas presenciais e virtuais possuem objetivos distintos.

por melhor que seja uma explicação sobre como faz uma titulação, você precisa ir lá segurar a bureta, mexer [...] o erlenmeyer e ficar controlando muito bem as gotas que vão caindo tem uma questão observacional de saber a tonalidade, você não precisa, a viragem não é quando tá super rosa [referência ao ponto de viragem da fenolftaleína em um experimento de titulação do tipo ácido-base] é quando tem uma pontinha de rosa, será que a captação por melhor da câmera ela vai dar essa qualidade da informação para você? Mas mesmo que dê, esse trato ali ela vai substituir? Eu acho que não. Eu acho que são modalidades diferentes, não é que uma é melhor que a outra, elas têm objetivos diferentes, tá? (E-UL-D1)

Essa falta de fidelidade sensorial nas gravações, somado a resolução imprecisa das câmeras, dificultou a explicação de conceitos químicos, que geralmente são explorados nas aulas práticas como forma de ilustrar os conteúdos de aulas teóricas. Outra problemática levantada foi quanto ao tempo das gravações o docente D5 relatou que os vídeos gravados, por vezes, chegavam a horas de gravação. Por fim, o docente D5 relatou que para o ensino presencial, a utilização dos vídeos gravados pode ilustrar pontos específicos na teoria,

creditando aplicabilidade de uso dos materiais elaborados por eles como material complementar mas nunca devendo ser utilizado como recurso exclusivo de aprendizagem prática.

Muito ruim, muito ruim. Bom, vamos pensar naqueles alunos que de fato assistiram realmente os vídeos, né? [...] tinha prática nossa que dava três horas de vídeo. [...]no laboratório não levaria tudo isso, né? [...] (E-UL-D5)

Então, na verdade a aula prática poderia servir muito bem, a filmada, né? [...] para ilustrar algum ponto da teórica. [...] esses vídeos que a gente gravou podem ficar, [...] pode utilizar para isso. [...] vamos supor que você está dando uma aula de titulação teórica e aí antes do aluno ir pro laboratório fazer, você ilustra a titulação com vídeo, sei lá, de dois minutos, um minuto na sua aula teórica. E isso talvez a facilite, aumente o conhecimento. Agora, uma aula prática inteira desse jeito, não tem como. Não tem como. (E-UL-D5)

Dourado e Sannomiya (2022) ao questionar discentes sobre suas concepções acerca das aulas práticas experimentais de química na modalidade virtual durante o ERE obtiveram relatos de

insatisfação e preocupação com a ausência da vivência, desenvoltura e experiência prática adquiridos em laboratório, e não exatamente com o êxito na disciplina em si. A maioria dos estudantes apontaram que aulas experimentais são importantes no ensino de Química e consideraram que estavam sendo ou seriam prejudicados sem o oferecimento de aulas práticas. (DOURADO; SANNOMIYA, 2022, p.10)

Assim, esta não é uma preocupação isolada e unilateral dos docentes de química, esse receio recaí de forma que os discentes entrevistados, incertos de sua formação, não sabiam mensurar as implicações futuras deste período em seu aprendizado (DOURADO; SANNOMIYA, 2022). Os docentes D4 e D1 compararam, durante a entrevista, as aulas experimentais de química reproduzidas nas gravações de vídeos com o ato de assistir a um programa de culinária. Segundo os entrevistados, todo processo ocorre de maneira demonstrativa onde não se pode “provar” a comida, destacando a dificuldade de avaliar o resultado pelo espectador, confiando isto a um jurado técnico. Além disso, os docentes destacaram que não é possível garantir que os processos e técnicas aplicadas à receita culinária necessariamente vão ser reproduzidas pelo espectador com êxito baseadas somente na sua experiência visual.

É como se estivesse assistindo um masterchef, e visse as pessoas cozinhando, você vai imaginar que tá bom ou que está ruim, só que você não vai sentir o gosto, então você não vai ter os pormenores, [...] se o cara colocou muito sal ou pouco sal, você só vai perceber quando o jurado falar, só que na questão experimental, você não tem o jurado, né? Você vai imaginar que deu certo, então é bem difícil. (E-UL-D4)

eu gosto de cozinhar, assisto muitos canais de culinária, leio muito também a respeito, mas tem coisas que eu incorporei ao longo da minha prática e, a minha prática é, por exemplo, a maneira que você corta as coisas, qual o técnica que você utiliza, como você mexe, como você tira, como você sente o alimento, em relação ao sabor, esse tipo de interação não tem como o virtual substituir, ele pode trazer uma série de outras qualidades, mas ele tem uma limitação é, digamos assim, insubstituível nesse quesito, e não tem nenhum problema, eu entendo também os objetivos e as finalidades, mas tem coisas que não podem ser modificados. Eu entendo que você pode colocar um robozinho que você clicar no

computador para ele mexer a mão para adicionar tal coisa. Tudo bem! Já tá aumentando o grau de interação, mas perceba que você tem um mediador para você fazer aquilo (E-UL-D1)

o laboratório ele implica em interação, interação com material. Em geral, essa interação tem algo que acho que não tem como substituir e o ensino remoto deixou isso muito claro no desenvolvimento de habilidades manuais, isso é algo que eu acho que é insubstituível. Por exemplo, é laboratório remoto ele pode levar o fenômeno você pode desenvolver, gerar uma série de reflexões, mas querendo ou não, a pessoa ela não tá desenvolvendo habilidades manuais. (E-UL-D1)

Essa analogia abordada pelos docentes converge com o relato da docente D6 que comparou a situação de assistir a vídeos sobre um determinado tema na televisão. Assim, a experiência dos alunos que assistiram a vídeos de aulas práticas durante o ERE não significa que necessariamente adquiriram a habilidade ou conhecimento prático necessário, bem como, não se torna um especialista/profissional apenas assistindo a vídeos, os alunos, segundo os entrevistados, não adquirem completamente a experiência do laboratório ou a habilidade prática necessária ao assistir somente às aulas gravadas.

Eu vejo vários vídeos na pela televisão com meu marido que gosta de fazer é faca [...] Eu fico assistindo a esses vídeos com ele, e não quer dizer que eu sei fazer. A mesma coisa é para esses alunos que ficaram dois anos assistindo meus vídeos falando[...]Então a oratória, experiência, ir lá, pôr a mão naqueles equipamentos, nos reagentes, [...] Isso que é experiência é um laboratório, coisa que esses meninos que entraram, né? Não tem, vão começar a ter a partir deste semestre.(E-UL-D6)

Concordando com os demais docentes, D6 ressalta a importância da prática envolvendo a manipulação direta de equipamentos e reagentes em um laboratório de química, enfatizando que “a verdadeira experiência” vai além da observação de vídeos e requer a presença física no laboratório, onde os alunos podem colocar as mãos nos equipamentos, interagir com os reagentes e vivenciar as práticas do aprendizado em química. A analogia com os vídeos realizada pelos docentes destaca a diferença entre uma observação de ocorrência passiva e uma prática ativa levando a conclusão de que, para os docentes, a verdadeira experiência em química com a aquisição de habilidades só será obtida pelos alunos quando eles começam a participar ativamente do laboratório realizando, por eles mesmos os processos. Esse ponto destaca a importância de uma experiência prática vivida pelo discente e da interação direta com os conceitos e procedimentos aprendidos, destacando limitações dos métodos puramente virtuais no ensino de disciplinas experimentais de química.

Convergindo com os docentes entrevistados, Albuquerque e Mól (2022) pontuam que “para fins didáticos e para a formação eficiente de futuros químicos, as aulas presenciais experimentais na graduação são determinantes e imprescindíveis. Em suma, o ensino integralmente remoto dificulta muito o processo de ensino e aprendizagem que, neste caso, foi induzido pela Pandemia do COVID-19.” (2022, p.9) configurando as aulas experimentais como

parte importante da formação do profissional em química. Em síntese, todos os docentes entrevistados concordaram que a aula prática mediada integralmente pela tecnologia, não pode substituir totalmente as aulas práticas presenciais principalmente nos objetivos de ensinar saberes e habilidades para a formação para o mercado de trabalho, proposta pelo ensino superior.

Olha, para a química, eu acho que se você está formando químico que é nível superior? Né? Eu considero porque assim foi uma situação emergencial ter esse laboratório à distância, mas eu acho que ele não supre. Tá? Primeiro que pelas notícias que eu tenho, apesar de eu ter feito a maioria dos professores não usou a questão da simulação, foram vídeos gravados. Né? É mostrando os experimentos. Mas agora, os alunos chegam no quinto período, pega o aluno que em 2020, agora está no quinto período vai fazer um laboratório de orgânica, vai fazer um laboratório, de físico-química. Né? Os meninos não sabem fazer uma filtração, eles não sabem misturar, eles não sabem transferir líquidos, que são aquelas pequenas técnicas para que depois você monte estratégias, né? Então esse entendimento, do conteúdo procedimental, ele é insubstituível, porque ele é o saber fazer. (E-UL-D7)

É muitos processos e procedimentos da química, eles precisam ser repetidos, eles precisam ser, digamos assim vivenciados no concreto [...] são experiências que você precisa, de fato, da prática, né? Eu, por mais que eu seja uma entusiasta da simulação e faça pesquisa em simulação, eu não acredito que esse tipo de técnica vai ser substituído integralmente por uma simulação, Ok?(E-UL-D3)

[...] Nós vivemos uma situação particular, porque esse semestre [2022.1], [...] nós retomamos as aulas presenciais do laboratório de química orgânica, com o número reduzido de alunos. [...] isso teve uma grande vantagem, [...] em vez das aulas tradicionais, em que você tinha grupos de alunos, [...] você vai ter 2 ou 3 que vão de fato executar. E tem uns outros ali que vão ficar, às vezes mais dispersos, mas cada um tem a oportunidade de literalmente botar a mão na massa. Essa foi uma parte boa nesse sentido. Por outro lado, nós observamos que esses alunos que voltaram agora ao ensino presencial, foram os alunos que fizeram as disciplinas básicas de laboratório remotamente. Então é pegando a num contexto de agora, o que seria fundamental, a habilidade de utilizar vidrarias, né? Para fazer medidas, a técnica correta de você medir um volume, de você calcular um desvio padrão que são as habilidades que ele já tem contato na primeira disciplina prática de química. (E-UL-D2)

Reconhecendo dificuldades práticas encontradas pelos participantes do processo de ensino, discentes, docentes e técnicos esses relatos destacaram dificuldades dos discentes ao entrar no ambiente laboratorial após o período ERE, em que o docente reforça que o uso das aulas gravadas se situou como um recurso emergencial e particular não cabendo substituição dos LDE na forma presencial. Como visto em alguns docentes adiantaram concepções quanto ao uso das simulações computacionais, reconhecendo a ferramenta como complementar à prática experimental e nunca como substituta da prática.

4.1.2 O laboratório de química no Ensino Superior

Neste agrupamento buscou investigar o que os docentes entrevistados compreendiam sobre a questão “O que é o laboratório?” e o que o tornava insubstituível, assim as questões buscaram entender as definições expressas pela ótica dos docentes de química. Visto que usualmente o laboratório experimental se relaciona com o método experimental como ambiente

de produção do conhecimento científico buscamos compreender como os docentes compreendiam o LDE já referenciado, pelos docentes, como um aliado ao possibilitar que os discentes desenvolvam noções acerca das normas, organizações, equipamentos utilizados, saberes e habilidades próprias da atividade profissional do químico. Popularmente, a ciência natural é idealizada como um constructo elaborado dentro do ambiente laboratorial a fim de ser comprovada o espaço, por muitas vezes, é compreendido até mesmo pelos discentes como um local de testes e comprovações de teorias visto que geralmente as aulas são elaboradas com o uso de roteiros fechados que contam com processos de passo-a-passo comumente atribuídos ao modelo tradicional.

Tal imagem popular exibe uma ciência positiva, elaborada no interior dos laboratórios, através da realização de experimentos e coleta de dados. Ela fez proliferar junto ao público leigo um conjunto de teses que, ao se fundir com o senso comum, define o funcionamento da Ciência. Estas teses, de certo modo, são “palatáveis” e de mais fácil aceitação pelo leigo, na medida em que se aproxima de seus conceitos intuitivos a cerca do mundo, da realidade e das suas formas de acesso. As teses valorizam (a) a observação como fonte do conhecimento, pois é através dela que se apreende o real, de maneira direta, ou indiretamente através das experiências; (b) a imaginação, especulação ou a intuição são elementos dispensáveis à obtenção do conhecimento científico; (c) as teorias científicas são descobertas através dos dados experimentais (empíricos), o que significa dizer que a ciência é neutra, isenta de pressupostos ou preconceitos; (d) os fenômenos observáveis são os únicos responsáveis pelo conhecimento científico, mas para isto é necessário utilizar o método científico para que possam ser analisados e organizados, adquirindo dessa forma validade científica (Alves Filho, 2000, p. 207).

Frente a esta questão, os docentes D1 e D2 se distanciaram da concepção do laboratório como exclusivo das ciências da natureza associadas à química creditando a importância do ambiente em diferentes áreas de conhecimento essa visão ampliada do docente sobre o laboratório destaca a versatilidade do conceito, indo além da compreensão de laboratório de química caracterizado, geralmente, pela execução de experimentos tradicionais aos cursos que se voltam para o preparo do profissional e sua atuação como docente, seja no ensino, na pesquisa ou na indústria, apesar dessa concepção ampla, onde o ato de "laborar" é central e destaca a importância do trabalho “prático” em diferentes áreas não sendo restrito ao mundo das ciências naturais.

O docente D2, ressaltou a universalidade do laboratório como relevante para a formação de profissionais de outras áreas, inclusive em cursos predominantemente teóricos, visto a importância de transpor conceitos teóricos para situações práticas que ilustrem cenários que os discentes viverão em suas futuras carreiras profissionais, em seu exemplo fez referência a graduação de direito se baseando em laboratórios específicos do curso, como o atendimento jurídico e prestação de serviços. O docente D1 compartilha de duas perspectivas sobre a definição de laboratório, destacando que para cientistas naturais o termo muitas vezes está associado a experimentos e trabalhos específicos enquanto em outras áreas como história, o laboratório é concebido como o espaço de trabalho em si.

Ele é fundamental em qualquer área de conhecimento, mesmo a disciplina, puramente teórica, por exemplo, vamos pensar no curso de Direito, [...] não é difícil imaginar que seja um curso cujas aulas são, obviamente baseadas em muita leitura. E, é claro, discussão. Agora, como que você transforma isso de forma prática? Você vai levar, por exemplo, um laboratório de atendimento jurídico, de prestação de serviços, um serviço de extensão, por exemplo. (E-CL-D2)

O laboratório, essa é uma pergunta bem interessante porque tem duas respostas: o do cientista e as pessoas de outras áreas. Eu morei com uma pessoa que, era da área de História e ele sempre brincava com isso. Porque, às vezes, o cientista natural pensa que só ele tem o seu laboratório ou só faz parte do trabalho de laboratório, e ele falava: “Não! Laboratório é onde se labora então eu vou lá laborar, eu vou lá trabalhar. Então, eu que sou de História, quando eu ia reunir com meus colegas de História, da pós-graduação[...]a gente ia laborar”. Então, eles chamavam de laboratório o trabalho deles. Então, essa é a concepção mais ampla que não tinha um experimento ali [...] então, essa habilidade, esse jogo de cintura, essa ca-pa-ci-da-de [ênfase] de... poder saber o que vai fazer quando algo dá errado, é só o laboratório que te dá. Estou falando na parte de química, sabe? Então, e mesmo para quem trabalha com a Química Teórica, essa vivência no laboratório dá experiência. (E-CL-D1)

Por fim, os demais docentes entrevistados (D3, D4, D5, D6, D7) vinculam o laboratório à identidade do químico. O docente D5 enfatizou a necessidade dos estudantes se sentirem à vontade nesse ambiente destacando que a evolução dessa familiaridade ao longo do curso de Química, onde os alunos são expostos a diferentes áreas como a química analítica, orgânica e físico-química é importante sendo reconhecido como "a casa do químico", atuando, também, como eixo motivador para o estudante permanecer no curso. Além disso, o docente destaca a importância do laboratório de química como complemento vital para a compreensão teórica, enfatizando que a experiência prática enriquece e dá significado aos conceitos abordados na sala de aula.

[...] o laboratório geralmente é a casa do químico. Então, o laboratório é aonde que o químico tem que se sentir à vontade. A primeira coisa é isso. Se ele não se sente à vontade no laboratório, tem algo de errado acontecendo. [...]isso de se sentir à vontade no laboratório é construído ao longo do curso, né? Então você tem o contato com a Química Geral, depois [...] analítica, [...] cada área da Química tem a sua especificidade, a Orgânica tem, analítica tem, a Físico-Química tem até pro aluno conhecer as diferentes especificidades e quem sabe se dedicar a uma das áreas, né? [...] Então, o laboratório é fundamental, né? Pro aluno já se sentir em casa desde o início do curso. Então, o laboratório funciona como se fosse uma espécie de [...] motivador pro aluno continuar o fazendo curso de química, ele funciona como um motivador pro aluno estudar a teórica para poder tentar entender o que tá acontecendo na prática, né? Porque por mais que a gente fale um pouco da teórica na prática, não é a mesma coisa. (E-CL-D5)

Esse fator motivacional dos laboratórios é discutido por Oliveira (2010) também como facilitador da aprendizagem.

Os fatores que fazem com que os alunos gostem e sejam atraídos pelas atividades experimentais – as diversas transformações químicas envolvendo mudança de cores ou estados físicos, os materiais de laboratório, o uso de equipamentos para medir mudanças não perceptíveis no campo visual, dentre outros – também podem despertar a dúvida, a curiosidade, o desejo de compreender o porquê dos fenômenos observados. Dessa forma, a motivação pode facilitar a aprendizagem dos conceitos abordados no contexto da aula experimental. (OLIVEIRA, 2010, p. 37-38)

Ao explorar suas experiências pessoais na tentativa de expor uma definição sobre o laboratório os entrevistados naturalmente voltaram suas respostas para o laboratório de

química, especialmente o didático, onde habitualmente os docentes realizaram sua formação acadêmica e realizam sua prática profissional havendo uma maior interação e reconhecimento deste espaço, tal assimilação com o ambiente didático também pode ter ocorrido visto que as perguntas da entrevista se guiaram para a prática pedagógica do docente. Ainda que o laboratório natural seja o maior representante dos relatos, as compreensões variadas destacadas acima ressaltam a possibilidade de definições mais amplas do termo "laboratório" em que sua interpretação é moldada pelas experiências e perspectivas individuais dos educadores. Por fim, reconhecemos que o laboratório, seja na concepção didática, espaço de trabalho/pesquisa ou motivador para a continuidade nos estudos, desempenha um papel de relevância no processo de ensino e aprendizagem, oferecendo uma gama diversificada de experiências aos estudantes, não se restringindo ao ato de manipular vidrarias e equipamentos, podendo ser explorado por abordagens investigativas buscando estimular no discente o questionamento e sua participação mais ativa na proposta do método experimental. Quanto a segunda parte da questão que se referia aos aspectos considerados insubstituíveis no laboratório, emergiram cinco tópicos que se direcionaram especificamente para os LDE que foram listados no quadro abaixo.

Quadro 7 – Concepções docentes acerca do laboratório didático experimental

O LABORATÓRIO DIDÁTICO É	DOCENTES	EXCERTOS
considerado um ambiente onde o aprendiz pode aplicar teorias e conceitos aprendidos em sala de aula de forma prática, permitindo que estabeleçam conexões entre a teoria e a prática. As relações são permeadas entre os conhecimentos prévios de natureza teórica com o os conceitos químicos apresentados nos experimentos. Além disso, é considerado um ambiente propício para a construção de modelos mentais pelos alunos, ao interagir com os fenômenos químicos de maneira prática, é possível desenvolver representações mentais mais robustas dos conceitos estudados.	D2, D4, D5, D7	<p><i>O laboratório, qualquer que seja o tipo de laboratório, mesmo o laboratório computacional, é um espaço de aprendizado prático em que você tem a oportunidade de pegar os conhecimentos teóricos que são necessários. (E-CL-D2)</i></p> <p><i>Você está observando o resultado do experimento que aquele conhecimento que você viu na teoria deixa de ser aquela coisa abstrata, gasosa, etérea e passa realmente, não é? Indicando um exemplo prático de química a gente está estudando, por exemplo, assim, a titulação ácido-base. Então olha o indicador vai virar de cor, mas você fica, só com aquilo na cabeça, então você vê de fato mudou de cor, tá vendo? Um cálculo que você aprendeu a fazer de quanto o volume do líquido é esperado para que isso acontecesse bater com o real. Então, essa visualização.(E-CL-D2)</i></p> <p><i>[...] todo o conhecimento teórico que o discente ou a discente têm que assimilar, para estar no laboratório e vai acabar pondo em prática aquele conhecimento, e ela pode testar esse conhecimento que ela adquiriu em sala de aula ou, por exemplo, na parte teórica, no laboratório, certo? (E-CL-D4)</i></p> <p><i>Então o laboratório [...] ele tem um peso importante nessa questão de motivar o aluno, de casar a teoria com a prática, ou seja, facilitar o conhecimento do aluno. Então, ou seja, ter um conhecimento que ele vai ver na teórica e às vezes ele vai consolidar na prática,</i></p>

		<p><i>né? E talvez vice e versa, né? As vezes alguma coisa que ele viu na prática e aí ele vai levar pra teórica e por aí vai. Então, eu acho que esse casamento de teoria e prática desde o início é muito importante. (E-CL-D5)</i></p> <p><i>Então, porque a química na verdade ela trabalha muito com essa questão de transformações, mudanças de fase [...] Cinética de reações, ou seja, uma coisa está mais lenta, tal coisa está mais rápida. Se o aluno não vê, não vivencia isso, não está olhando para aquilo, eu acho que isso é pra mim uma coisa falha. [...] Porque a gente como químico qual que é a nossa missão? É propor transformações e de certa forma interferir nessas transformações. De tal forma que a gente vai retardar uma transformação, vai acelerar um processo ou vai modificar um processo. Se uma pessoa não tá enxergando o processo, né? Como é que ela vai ter esse contato de tentar propor alguma coisa? Eu acho que é essa a importância. É indispensável esse contato. (E-CL-D5)</i></p> <p><i>[...] ele contribui também para que os conceitos eles tomem uma outra dimensão que é essa dimensão fenomenológica. Tá? Então eu acho que na química, principalmente, você precisa compreender a teoria, mas você precisa saber a qual fenômeno a você aplica e lidar com os fenômenos em laboratório eu acho que é essencial para o aluno fazer essa triangulação entre a teoria que ele estuda, sobre aquilo o fenômeno que ocorre e a forma de representar esses fenômenos que é esse aspecto da linguagem química. Né? Eu acho que a linguagem química ela vai ficando muito esvaziada se você liga ela só com a teoria. Né? Então eu acho que o aluno tem a noção do fenômeno, é importante. (E-CL-D7)</i></p>
<p>valorizado como um local onde os alunos desenvolvem habilidades práticas essenciais para um químico, como manipulação de equipamentos e vidrarias, técnicas de medição, interpretação de dados, segurança laboratorial e apresentar compreensões matemáticas. Essas habilidades são consideradas, pelos docentes, fundamentais para a prática científica.</p>	<p>D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7</p>	<p><i>[...] habilidade básica de matemática, por exemplo, cálculo de concentração, diluição de soluções que é algo que um graduado em química não pode simplesmente chegar e falar que não sabe. Isso aí é o é o cartão de visita dele, o mínimo que se espera que ele saiba preparar uma solução, sabe fazer o cálculo de uma diluição que saiba fazer o cálculo para uma titulação. Então, assim, habilidade em matemática e o manejo básico de instrumentação de laboratório. (E-CL-D2)</i></p> <p><i>Então... nas vezes que eu, como docente, dou aula experimental, eu fico sempre atenta é em que, de fato, cada discente ponha a mão na massa. Ou seja, cada discente é perceba que tudo bem, se ele quebrar ou se ele erra alguma coisa, enfim, e que ele precisa daquele treino prático, que é basicamente de repetição, né? Do método e da prática. Assim como a gente tem que fazer é várias coisas repetidas vezes para aprender, né? É muitos processos e procedimentos da química, eles precisam ser repetidos, eles precisam ser, digamos assim vivenciados no concreto, [...] quando você segura uma pipeta ou quando você manipula uma pêra</i></p>

		<p><i>ou quando você controla uma torneira de uma bureta numa titulação, né? (E-CL-D3)</i></p> <p><i>[...] o contato do aluno com o reagente e com a vidraria. Isso é insubstituível. Quando você fala pro aluno que a proveta ela tem uma medida, que ela tem um erro maior que a pipeta, como é que você vai falar isso se o aluno não pega e não vê? Então eu acho que esse contato com a vidraria e o contato com o material, por exemplo, “Ah! Você não pode deixar o KOH aberto porque o KOH é higroscópico.” Se você mostrar pro aluno que o KOH, se você abrir KOH e deixar umas pérolas de KOH num becker e no final da aula você mostrar ele todo molhado, você vai estar vendo por que que você não pode deixar aberto? Porque ele realmente é higroscópico. (E-CL-D5)</i></p> <p><i>[...] A atenção, né? A gente não pode esquecer de falar que o laboratório de química é um laboratório que tem a sua periculosidade, né? Então eu acho que você tem que casar curiosidade com atenção, mas se você tem que ter um casamento ali.. vamos dizer assim bem atenciosos, né? Porque tem alunos que são muito atenciosos, né? Com a questão da segurança. Mas eles são tão atenciosos que eles se fecham pro entorno. E aí eles não conseguem, eles ficam tão focados naquilo que eles não conseguem ver. Por outro lado, tem alunos que são muito curiosos. Então eles querem fazer tudo ao mesmo tempo. Eles querem testar as coisas. Mas corre o risco de sofrer um acidente. Então você tem que fazer um casamento ali bem interessante entre curiosidade e atenção para que esse aluno se direcione o conhecimento da maneira certa. Acho que são duas características importantes. (E-CL-D5)</i></p> <p><i>Atitudinal também, né? O aluno tem o rigor, ele tem o apreço pelo rigor, pela observação, né? Então ele, quer dizer, observação ainda seria né, de uma certa forma é procedimental, mas aquela questão do compreender, né? A coleta de dados, né? A agir de uma forma é metódica, compreender como fazer as medidas, compreender que essas medidas elas têm é condições de contorno ali. Então ele começa também ali a aprender um pouco sobre como a ciência funciona. Né? É a questão dos dados, né? A questão do erro, o rigor científico que é necessário para qualquer área da ciência, o laboratório ajuda nessa construção(E-CL-D7)</i></p>
<p>concebido como um espaço de investigação, onde os alunos podem fazer observações, problematizar e reconhecer erros conceituais. O laboratório didático é reconhecido como um espaço que promove o desenvolvimento do pensamento crítico, uma vez que é necessário</p>	<p>D1, D2, D3, D4, D5</p>	<p><i>O laboratório também não deixa de ser um pouco isso, num laboratório de aula prática, por quê? Porque as práticas de laboratório são feitas para dar certo. Então tem isso, então você já sabe o que esperar. [...] Então você precisa ter situações em que você veja aquilo na prática para você consolidar para você aprender a lidar com a resposta de quem está do outro lado ou com a resposta de um experimento, com a resposta de uma simulação.(E-CL-D2)</i></p> <p><i>Para além disso tem essa habilidade dos processos, né, para observação a medida, a replicada, a repetição né? É o erro e aprender com erro e refletir</i></p>

<p>analisar informações, fazer inferências, resolver problemas e avaliar a validade de suas conclusões.</p>		<p>sobre o erro “Não espera aí. Teve esse resultado que não estava sendo esperado. Então o que que aconteceu aqui? Vamos ver o que que a gente fez” né? [...] enfim, achar a fonte. (E-CL-D3)</p> <p>Habilidade! Talvez ele vai te dar uma habilidade de você contornar problemas. Porque, muitas vezes, a maioria das vezes, as reações não dão da forma como você espera, não ocorrem da forma como você espera, e é isso que não está nos livros, o livro só dá o procedimento correto, é uma receita, né, um roteiro experimental é uma receita, a vivência no laboratório ela te dá habilidade, o conhecimento para você lidar com os problemas que acontecem. Isso é uma coisa, que eu falo muito nas aulas experimentais, que os alunos ficam muito chateados quando não dá certo e eu falo quando não dá certo é o momento da gente aprender. (E-CL-D4)</p> <p>Quando você vai para a prática você [...] vai tomando mais decisões, [...] vai aprimorando, você vai pegando a teoria, vai pondo na prática e vai vendo que não é a perfeita galinha esférica, como a gente aprendeu. Na física, tinha um professor que falava muito disso, porque a gente estudava muitos fenômenos considerando uma esfera e no vácuo, por exemplo, só que na realidade não. Só que você aprende também que tem as extrapolações, que não é errado você fazer essas considerações, essas aproximações, quando você vai para a prática você vai ver os problemas que acontecem realmente, e estará apto ou apta a poder raciocinar sobre aquele fenômeno.(E-CL-D4)</p> <p>[...] a vivência de laboratório é imprescindível para o químico. Geralmente, as ciências experimentais, química, física, biologia a vivência laboratorial tem que existir, não que você tenha que ser só um experimental, né? Mas, a vivência experimental tem que existir, porque ela te dá, justamente, essa habilidade de resolução de problemas. (E-CL-D4)</p> <p>A vivência experimental cria uma autonomia no discente ou na discente, isso é fato. Te dá uma experiência para você saber tomar decisões, te dá essa autonomia(E-CL-D4)</p> <p>Eu acho que a primeira habilidade é a curiosidade. Acho que curiosidade é um fator muito interessante pra quem vai fazer... é você sempre se questionar com o seu entorno, né? Ah, eu adicionei isso. Por que que quando eu adicionei ficou desse jeito? É uma curiosidade. Essa curiosidade vai despertar na pessoa uma... ela vai começar a formular mentalmente, mesmo que involuntariamente o método científico, né? Que ela vai observar e ela vai querer responder sobre aquilo. Então ela vai começar a formular uma hipótese sobre aquilo. (E-CL-D5)</p>
<p>O laboratório didático é visto como um local para “treinar” e reconhecer quais são as</p>	<p>D2, D3</p>	<p>[...] a observação. Que é a contemplação do fenômeno que está acontecendo ali, né? É do ponto de vista de vamos dizer assim de todas as sensações, cheiro é</p>

<p>observações que devem ser feitas a fim de reconhecer o conhecimento científico no mundo real. Isso proporciona aos alunos uma compreensão de como os conceitos químicos se aplicam em situações cotidianas.</p>		<p><i>postura, é profundidade, é observar o ambiente, a questão da temperatura, a questão de todos os efeitos que têm um laboratório né? Mas essa questão de observar o experimento, né? E de estar sempre atento ao que pode acontecer é, sem necessariamente ter um assim você ter um roteiro do que você espera que vai acontecer, né? Mas se você troca uma quantidade, se você troca um reagente, às vezes né? Se você, enfim, você tem um resultado diferente, então assim, essa questão de do observar o fenômeno né? Que a gente simula no laboratório, mas que a gente pode para a vida real observar um fenômeno da natureza, por exemplo, né? É uma habilidade importante da gente treinar no laboratório experimental. (E-CL-D3)</i></p> <p><i>Eles formam a base, te ensinam a raciocinar e você faz a transposição para uma situação real ou pelo menos, uma simulação de uma situação real.(E-CL-D2)</i></p>
<p>um espaço para a aprendizagem colaborativa, onde os alunos podem trabalhar em grupos para realizar experimentos, discutir resultados e construir conhecimento coletivamente</p>	<p>D3, D4, D7</p>	<p><i>Eu acho que é bastante importante no laboratório que é o trabalho em equipe, porque é uma observação que ela não é feita de uma forma isolada, porque às vezes você tem uma percepção, né? “Ah não, isso aqui é verde, não é isso que é verde-escuro ah não, mas isso aqui é verde, verde-claro”, e aí dentro disso já cria-se ali, um ambiente de discussão entre pares, né? Que também faz parte da evolução do método científico ali?(E-CL-D3)</i></p> <p><i>Do ponto de vista atitudinal, é você saber trabalhar em grupo, você ouvir o outro, você está ali numa dinâmica e precisar discutir resultados. Né? Então essa parte também. Então, apesar do desenvolvimento da argumentação, isso tudo tem a ver com esse procedimental, a sua atitude frente a isso, como você ouve seu colega, como você respeita a construção de uma solução coletiva. (E-CL-D7)</i></p> <p><i>No laboratório muitas vezes você pode aprimorar, ou não, mas geralmente pode aprimorar as relações interpessoais. Por exemplo, em uma capela, se você precisa usar a capela, e outro aluno precisa usar a capela também, você tem que ter um acordo.(E-CL-D4)</i></p>

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar o quadro 7, é possível reconhecer que boa parte dos docentes possui a compreensão de que o LDE auxilia a estabelecer relações entre a prática e a teoria, reconhecendo a química como uma ciência experimental, ao abordar os conceitos científicos em mais de uma dimensão é estabelecido um cenário favorável para os componentes envolvidos nos processos de ensino e aprendizagem.

A química traz consigo algumas especificidades que devem ser consideradas em seu processo de ensino e aprendizagem. Sendo uma ciência de natureza experimental, nas quais

os fenômenos são explicados partir de modelos teóricos, cuja compreensão requer abstração e domínio de uma linguagem simbólica específica, muitas das estratégias tradicionais de ensino não resultam em efetivo aprendizado por parte dos estudantes (...) as atividades experimentais se configuram em uma importante estratégia didática, uma vez que propiciam um ambiente favorável às abordagens das dimensões teórica, representacional e, sobretudo, fenomenológica do conhecimento químico. (OLIVEIRA, 2010 p.26)

Ao utilizar os LDE como método auxiliar, os docentes compreendem que ao correlacionar os conceitos estudados na teoria com a prática os modelos mentais discentes podem se utilizar de informações mais fidedignas. Conforme relatado por Roque e Silva (2008), a linguagem química faz uso de esquemas do mundo microscópico e macroscópico e é por meio das informações descritas nestas esferas que os modelos químicos são construídos, assim é levantada a concepção docentes de que ao compreender os conhecimentos macroscópicos apresentados nas aulas práticas com os conhecimentos microscópicos apresentados nas aulas teóricas os modelos idealizados pelos discentes serão mais robustos.

A linguagem da Química descreve através de modelos, representados por fórmulas estruturais, equações, gráficos e figuras, as coisas do mundo como compreendidas pelo químico. As Ciências Naturais, e a Química, em particular, fazem extensivo uso de modelos, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas de um mundo real. Para estudar e entender a ciência química é necessário em primeiro lugar aprender essa linguagem (...) As dificuldades de aprendizagem da linguagem da química estão associadas à distinção em relação à linguagem comum (...) muito provavelmente, às dificuldades em se estabelecer as necessárias relações entre os entes químicos do mundo microscópico e do macroscópico. (ROQUE E SILVA, 2008, p. 921-922)

A maioria dos entrevistados reconheceu o LDE como local em que é possível promover investigações. Segundo Praia, Cachapuz e Pérez (2002) ao promover as investigações por meio de hipóteses existe a articulação de diferentes vertentes assumindo a teoria e os dados como pano de fundo que respaldam as explicações dos resultados. Assim, a investigação assume um papel importante no exercício da experimentação.

A hipótese tem um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia à própria investigação. Condiciona fortemente os dados a obter num percurso descontínuo, ainda que balizado por um fundo teórico que lhe dá plausibilidade, intervindo ativamente nas explicações posteriores dos resultados (PRAIA; CACHAPUZ; PÉREZ, 2002, p.254)

Ao observar as informações buscando realizar intervenções avaliando as conclusões dos resultados o pensamento crítico entra em exercício, uma vez que o discente necessita utilizar de diferentes métodos e conceitos para rejeitar ou aceitar soluções na proposta de resolver os problemas a ele apresentado.

O fato de trabalharmos a partir de hipóteses introduz exigências suplementares de rigor: é preciso duvidar sistematicamente dos resultados obtidos e de todo o processo seguido para os obter, o que conduz a revisões contínuas na tentativa de obter esses mesmos resultados por diferentes caminhos e, muito particularmente, para mostrar coerência com os resultados obtidos noutras situações. É necessário chamar aqui a atenção para as interpretações

simplistas dos resultados das experiências e para um possível “reducionismo experimentalista”: não basta um tratamento experimental para refutar ou comprovar - nem sequer provisoriamente - uma hipótese; trata-se sobretudo da existência, ou não, de coerência global com o corpo de conhecimentos vigente (PÉREZ et al, 2001, p.137)

Por fim, este tópico também identificou nos relatos a importância de buscar reparar os erros conceituais apresentados pelos discentes. Essa é uma justificativa para uso dos LDE em que, por meio do diálogo, o docente análise possíveis equívocos e erros conceituais nos argumentos ao explicar um fenômeno (ALVES FILHO, 2000). Oliveira (2010, p.39) também compreende que as “aulas experimentais devem propiciar espaço para o reconhecimento e problematização dos pseudoconceitos, a correção de erros conceituais do ponto de vista da ciência, bem como sua evolução para conceitos verdadeiros”, assim os LDE contribuem para não somente a compreensão dos conceitos trabalhados no experimento realizado, mas podem oportunizar espaços em que o discente retome em suas estruturas mentais outros conceitos por ele já acomodados como ideais revisitando-os problematizando-os.

Todos os docentes consideram o LDE importante para o desenvolvimento de habilidades práticas, isto é reconhecido por Oliveira (2010) como uma das contribuições atribuídas ao uso de atividades experimentais. Compreendendo que o ensino superior visa o mercado profissional tal atribuição é reconhecida como necessária para a atividade profissional do químico.

Outra contribuição atribuída às atividades experimentais no contexto da educação científica – também vista sob perspectivas divergentes entre alguns pesquisadores – é o desenvolvimento das habilidades manipulativas, isto é capacidade de, por exemplo, trabalhar com instrumentos (equipamentos, vidrarias) ou empregar corretamente técnicas de uso de materiais de laboratório (OLIVEIRA, 2010, p.37)

Apenas três docentes relataram os LDE como local para trabalho em grupo. Esta concepção é relevante ao considerar a ciência, principalmente as naturais, como uma atividade coletiva desmistificando a ideia de uma atividade solitária. Como apontado por Oliveira (2010), ao trocar as experiências com os pares é oportunizado situações de desenvolvimento interpessoal, extrapolando a aprendizagem somente nos termos conceituais.

Interação entre os pares, as colaborações com os colegas também representam uma rica oportunidade para a aprendizagem (...)assim, as atividades experimentais – por meio do trabalho em grupo, da divisão de tarefas, do confronto de ideias, da troca de experiências – oferecem uma oportunidade para que os indivíduos se desenvolvam com e pelo outro. (OLIVEIRA, 2010, p.42)

Por fim, mesmo que pouco citado foi relatado a possibilidade do LDE atuar como “treinamento” para observar o mundo real havendo uma transposição do conhecimento científico realizado para o observável em situações cotidianas, em que os discentes reconhecem que a ciência não está restrita aos espaços “convencionais” como por exemplo, os laboratórios

experimentais. Aliada a esta compreensão Oliveira (2010) discute que ideias que provêm de ambientes considerados tipicamente científicos e do cotidiano têm relevância.

Os conceitos cotidianos criam uma série de estruturas mentais para que os conceitos científicos possam ser desenvolvidos; os conceitos científicos, por sua vez, podem evoluir para um nível típico de conceito cotidiano. Isso implica considerar, durante as discussões estabelecidas nas aulas experimentais, tanto as ideias espontâneas, oriundas do cotidiano, quanto aquelas de natureza científica. Ambas têm papel relevante na formação dos conceitos químicos. (OLIVEIRA, 2010, p.39)

Deve-se lembrar que o saber ensinado no LDE não configura o mesmo saber elaborado em investigações científicas, assim este saber é transposto para o contexto didático sendo submetido a uma nova linguagem, métodos e processos.

Os processos de despersonalização, dessincronização e de descontextualização, aos quais o saber é submetido, faz com que ele seja despido de seu contexto epistemológico, histórico e linguagem própria. Como saber a ensinar, é obtido um saber com uma nova roupagem, uma organização a-histórica, um novo nicho epistemológico e de validade dogmatizada (ALVES FILHO, 2000, p.227)

Frente a isso é necessário que o docente reflita e exponha ao discente que os conhecimentos ali abordados se apropriaram de um novo contexto e possui um novo propósito reconhecendo que os saberes trabalhados buscam preservar suas características e definições (ALVES FILHO, 2000). Esta questão é ressaltada pelos docentes D1 e D4 que consideram a realização de um processo reflexivo e intelectual necessário para que os processos manuais trabalhados nos LDE realmente contenham significado.

Eu acho que também é problemático, [...] só porque você tá fazendo, colocando a mão na massa, você não tá aprendendo, tá? Eu acho que vale esse esclarecimento porque inclusive, eu discuto com os meus alunos, eles têm essa percepção de que só você interagir com a coisa, que só você vê observar coisa, o aprendizado já resulta quase que imediatamente. Também não é isso, tanto é que um dos motivos para entrar na área de educação de ensino é que eu ficava me perguntando: “Caramba! Será que as pessoas estão aprendendo com a IC? Porque elas podem estar fazendo só práticas automatizadas e tal. Será que elas sabem o que elas tão fazendo? E pra isso precisa de reflexão, indagação, apropriação de teorias, conceitos e ideias. Então só pra ficar claro, também não é só porque você tá em contato com o fenômeno que você vai aprender, eu acho que isso é uma ressalva bem importante, inclusive. (E-CL-D1)

O roteiro, a parte teórica, o vídeo vão te mostrar certinho, às vezes, no vídeo deu errado [...] ele vai [...] editar, né? [...] o pessoal que trabalha com a química teórica, [...] eles têm que ter um conhecimento químico, [...] para saber se aquele cálculo está fazendo sentido ou não. [...] você tem no cálculo lá, uma hipótese, tá? [...] de repente o cálculo lá fica miscível o hexano e a água, por exemplo, aí já é algo que... espera aí! Tem alguma coisa errada! Deu algum problema, no cálculo. [...] a parte teórica ajuda mas, a parte experimental pode te ajudar nessas nuances, assim, né?(E-CL- D4)

Em síntese, as análises sobre o laboratório transitaram entre o laboratório didático e o laboratório de pesquisa, na grande maioria dos relatos, os docentes se referiam ao laboratório didático apontando a sua importância para construir a personalidade do profissional de química com habilidades, aprendizagens processuais, cognitivas e conceituais. A concepção apresentada pelos docentes reforçam compreensões do tópico anterior em que o LDE é

considerado elemento essencial para a aprendizagem dos discentes o que corroborou para que o período ERE adquirisse um caráter desafiador. Por fim, cabe reconhecer que “O conhecimento científico é um constante jogo de hipóteses e expectativas lógicas, um constante vai vem entre o que pode ser e o que “é”, uma permanente discussão e argumentação/contrargumentação entre a teoria e as observações e as experimentações realizadas” (PRAIA, 2002, p.255). Assim, as compreensões acerca do laboratório experimental permeiam campos instrucionais, representativos-conceitual e motivacionais.

4.1.3 Atividades experimentais no Ensino de Química

Este tópico buscou investigar as compreensões do termo “Atividades Experimentais”. Inicialmente, a investigação buscava entendimentos acerca do espaço em que as atividades são executadas, no caso, a sala de aula ou o LDE corroborando com o entendimento de Alves Filho (2000, p.262) em que, no contexto escolar, a AE oferece “a oportunidade ao estudante de conscientizar-se de que seus conhecimentos anteriores são fontes que ele dispõe para construir expectativas teóricas sobre um evento científico.” Contracenando com essa expectativa, os relatos apresentaram compreensões mais amplas inserindo, em alguns casos, a pesquisa científica. Outro ponto a ser investigado era se os entrevistados compreendiam as AE da mesma maneira que compreendem as experimentações, o que foi correspondido em alguns casos.

Em um segundo momento, a questão possibilitou certos aprofundamentos nas respostas, apresentando questões como as finalidades e aplicações das atividades experimentais, a forma que são realizadas, ou seja, se a execução é realizada pelos discentes ou pelos docentes de forma demonstrativa e quais perspectivas o docente assume sobre as AE, compreendendo como atividades pertencentes ao cenário didático e/ou de pesquisa. Por fim, não foi possível identificar um consenso entre a maioria das respostas, havendo apenas algumas similaridades. A seguir, apresentamos um quadro que reúne as respostas identificadas.

Quadro 8 - Compreensões docentes acerca das Atividades Experimentais

DOCENTE	REALIZA AE COMO PRÁTICA PEDAGÓGICA	QUEM EXECUTA A AE	EM QUAL AMBIENTE A AE É REALIZADA PELO DOCENTE	PARA O DOCENTE A AE ASSUME A PERSPECTIVA
D1	SIM	DISCENTE	SALA DE AULA	DIDÁTICA
D2	SIM	DOCENTE	SALA DE AULA	PESQUISA CIENTÍFICA/ DIDÁTICA
D3	SIM	DOCENTE	SALA DE AULA	PESQUISA CIENTÍFICA/ DIDÁTICA
D4	SIM	DISCENTE	LABORATÓRIO DIDÁTICO EXPERIMENTAL	DIDÁTICA

D5	SIM	DOCENTE	SALA DE AULA/ LABORATÓRIO DIDÁTICO EXPERIMENTAL	PESQUISA CIENTÍFICA/ DIDÁTICA
D6	-	DISCENTE	LABORATÓRIO DIDÁTICO EXPERIMENTAL	DIDÁTICA
D7	-	DISCENTE	-	DIDÁTICA

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir do quadro 8 pode-se realizar algumas análises em que, inicialmente a maioria dos docentes compreendem que realizam AE durante sua prática pedagógica, a partir disto é possível perceber que ao responder o questionamento houve relatos (D2, D3, D4, D5, D6, D7) que buscaram realizar correlações com a experimentação realizada no laboratório compreendendo o método experimental, onde são abordadas questões procedimentais como manipular vidrarias, repetir processos e observar as transformações dos fenômenos gerando hipóteses é considerada importante.

É uma atividade em que o aluno vai estar fazendo algo onde ele vai ter que saber fazer. Então não é algo que é declarativo, ele não vai poder estar ouvindo alguém contar aquilo. Tá? Então uma atividade experimental é na química, né? Como a gente consegue no curso de graduação, esse aluno vai está desenvolvendo essas habilidades procedimentais. Uma atividade experimental envolve, é, é realmente você. Os alunos fazem pouco, né? A gente dá muito roteiro, mas o ideal seria que esse aluno pudesse; tem um problema, ele ter é poder programar esse problema. (E-AE-D7)

Então assim, pra mim, atividade experimental é tudo aquilo que você parte de uma observação e de uma hipótese, né? Para construir algo que vai te dar um resultado e que vai ser analisado posteriormente [...].(E-AE-D3)

Esta visão é tratada na atividade experimental de comprovação atrelada a um ensino empirista definida em que seu objetivo “é comprovar leis físicas, verificar previsões teóricas e exercitar o método experimental” (ALVES FILHO, 2000, p.282). Entretanto, atrelada a concepção construtivista este tipo de atividade pode tornar um campo de suporte fenomenológico dando validade a teoria em que o discente trabalhará na resolução de problemas abertos.

Essas atividades podem explorar, de maneira concomitante, o método experimental, pois as relações de causa-efeito já estão aprendidas e com isto abre-se espaço para enfatizar o método experimental como um instrumento de investigação. Nada impede, pelo contrário, que após a aquisição de habilidades e técnicas relativas ao método experimental, deva ser incentivado o desafio de solucionar problemas mais abertos, que necessitam de novos procedimentos experimentais para serem resolvidos. (ALVES FILHO, 2000, p.283)

Para os docentes D5 e D7 a atividade experimental envolve o ato do fazer. Entretanto, na compreensão da docente D7, a atividade experimental envolve o desenvolvimento da habilidade procedimental do discente, ou seja, não pode ser representada por uma atividade

teórica ou passiva, e seu desenvolvimento é voltado para o laboratório natural, independente do objetivo didático ou de pesquisa, já o docente D5 abre a possibilidade da atividade experimental ocorrer em outros ambientes, nesta linha o docente D4 acrescenta que a realização da AE é um ato concreto ocorrendo uma interação entre o experimentador e a experimentação podendo ser atribuído a outras situações fora do laboratório.

Eu acho que a atividade experimental é tudo que você coloca a mão na massa. Seja dentro de sala de aula, seja dentro do laboratório. Então, eu acho que a gente tem a tendência associativa a atividade experimental no laboratório. Mas atividade experimental, ela acontece o tempo inteiro, né? Quando você faz uma análise de um discurso, quando você faz a análise, por exemplo, de um de um rótulo, você está fazendo uma atividade experimental, né? Não é porque você tem que necessariamente trabalhar dentro de um laboratório que você tá fazendo... se for assim então, por exemplo, as pessoas que trabalham com Ensino de Química, que leem mais textos, (...) não estão fazendo atividade experimental? E estão. Porque quando você faz essa análise toda, você também está trabalhando. (E-AE -D5)

A experimentação em si, para mim, ela requer que você tem que ter uma interação bem física com ela. Por exemplo, uma criança experimentando juntar os bloquinhos de Lego é uma atividade experimental, certo? Está tendo uma experiência com aquela situação. No laboratório tem uma atividade experimental que pode ser uma síntese, que pode ser uma análise simplesmente de pegar um sólido e verificar uma... preparar uma solução e ver a absorvância dele, então a cor, por que que a cor está ali? Então ele vai te gerar uma experiência com aquela situação, com aquele material. (E-AE-D4)

Diferente do discutido anteriormente pelos docentes, o docente D4 compreende a atividade experimental como uma atividade que requer interação física, mas que envolve os sentidos humanos, não se restringindo a uma aplicação com fins didáticos ou de pesquisa. A discussão promovida pelo entrevistado relembra a teoria cognitivista com influências no socio-interacionismo de Vygotsky onde “a aprendizagem se desenvolve por meio da interação entre o aluno e o meio” (FOSSILE, 2010, p.114). Além disso, o docente levanta a questão da experimentação mediada pelo ambiente virtual em que, ao longo de sua resposta, discorda que processos realizados neste ambiente são atividades experimentais, por não haver uma interação com o material já que o processo virtual é mediado. Ainda, segundo o docente, as situações virtuais requerem vivências anteriores com situações em que os sentidos foram previamente utilizados naquela função, havendo a possibilidade de reconhecimento e assimilação com algo que já foi experienciado no real.

Você pode fazer uma experimentação também virtual, né? Você pode “ah eu vou experimentar fazer...sei lá... vou fazer aqui uma programação para fazer um joguinho, por exemplo, um jogo de computador”. Também ele está experimentando algo, só que aí é bem diferente daquela questão da química, [...] você pode até preparar um jogo em que você prepara sínteses, só que aí você não vai ter os pormenores da experimentação voltada para a química, [...] pode até te ajudar nessa parte de visualizar o que você pode programar da síntese, mas [...] você não vai conseguir tocar no balão para saber se ele está quente ou está frio. Você pode inserir talvez algum comando lá que quando ficar quente ele mostra o termômetro subindo, só que você não está tendo a experimentação é.... o tato. E eu acho que a gente no laboratório de química, a gente usa muito os sentidos. [...], não tem como sentir cheiro. Você pode colocar na programação que está liberando CO₂, que está liberando H₂S,

que é cheiro de ovo podre, só que aí você já vai ter que ter tido uma experiência é... física, presencial com aquele cheiro, né? Porque hoje em dia a gente não consegue ainda gerar um cheiro, (...) acho que tem essa diferença. [...]é mais assim no contexto de química, nas disciplinas experimentais. (E-AE -D4)

Segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2004) o Ensino de Ciências ainda é dominado por uma visão instituída pelo modelo de transmissão/reprodução assim, uma alternativa a este modelo, considerado inadequado, seria a orientação construtivista. Dentro desta teoria, Vygotsky é visto como autor que tece preocupações essencialmente relacionadas com a aprendizagem, evidenciando a importância do ambiente social e cultural em que os processos são desenvolvidos.

a direção essencial do desenvolvimento não vai do individual para o social, mas do social para o individual. destaca que o indivíduo progride pela apropriação da cultura através das interações sociais, cuja vivência favorece a sua interiorização. Tal interiorização corresponde à reconstrução interna de uma operação externa [...] o desenvolvimento é uma sócio-construção. a atividade do sujeito é fundamental, enquanto processo de transformar o meio mediante o uso de instrumentos, destacando dois tipos de mediadores: as ferramentas que atuam diretamente sobre os estímulos e os signos ou símbolos que modificam o próprio sujeito e, através deste, os estímulos. [...] A linguagem tem um papel essencial pois, além de ser um instrumento do pensamento, é um fator de desenvolvimento do próprio pensamento ao funcionar como instrumento de mediação psicológica entre os indivíduos e a realidade onde se inserem. (CACHAPUZ, PRAIA, JORGE, 2004, p. 375-376)

Esta concepção em que a experimentação só pode ocorrer pelo agente que executa a ação tratada pelo docente D4 é divergente do apresentado por Alves Filho (2000, p.267) onde “Não é necessário saber quem é o agente ativo de uma atividade experimental, o importante é a sua presença no fenômeno didático.” uma vez que tanto o docente quanto o discente podem executar e

O que deve ser considerado indispensável no fenômeno didático, é a presença da atividade experimental na Transposição Didática do saber ensinado. Ao professor caberá a tarefa maior de perceber qual atividade experimental deverá escolher e como será trabalhada. Fenômenos didáticos diferentes farão uso de atividades experimentais diferentes, sejam elas justificadas pelos diferentes conhecimentos físicos envolvidos, sejam pelos diferentes grupos de estudantes (ALVES FILHO, 2000, p. 267)

Por fim, complementa que os objetivos das AE estão ligados ao saber ensinado, ou seja, os objetivos que o docente busca na atividade proposta podendo ser estabelecidos por meio de diálogos, hipóteses entre outros.

Nas atividades experimentais, a figura do tradicional relatório não tem mais o significado e a forma tradicionais. As atividades experimentais não são alvo de um roteiro prescrito passo a passo, mas estão ligadas às dinâmicas do diálogo construtivistas da sala de aula. Neste diálogo o professor organiza, a recontextualização do saber, que do ponto de vista didático é a reconstituição do cenário da descoberta. Neste momento o que pode caber são registros dos mais variados, isto é, desde a listagem de atributos, possíveis hipóteses das relações causa-efeito, propriedades já conhecidas, listagem de variáveis negociadas, relações causais...etc., frutos do diálogo de sala de aula. (ALVES FILHO, 2000, p. 267)

A docente D6, da mesma forma que o docente D4, também compreende a atividade experimental como a experimentação no sentido de realizar processos concretos, destacando a importância da interação com os sentidos humanos para sua efetivação. No entanto, sua compreensão também suscitou questões acerca da curiosidade humana no encargo de instigar reflexões e investigações, ou seja, atividades mentais fomentadas por meio dessa interação. Por fim, a docente ressalta a importância do vivenciar para a construção do conhecimento para que possa, posteriormente, ser compartilhado pelo sujeito na posição de docente. A docente não aborda se faz uso em sua prática pedagógica.

[...] tudo o que você faz, que você mistura [...] e vê acontecer, fala assim, “Nossa, que é legal”. [...] a gente tá falando de químico, né? Mas muita gente é, acho que é o ser humano em geral. É curioso, então observar, falar assim, “Nossa, eu misturei isso com isso, não aconteceu nada. Por quê? [...] Misturei isso com isso. Olha o que aconteceu! Trocou de cor ou saiu uma fumaça, borbulhou, por que será?” Então isso é experimentação. Isso aí, não tem como só observar. Você tem que sentir cheiro, falar assim, “Nossa, isso aqui eu cheiro de ácido nítrico, isso aqui é um cheiro de ácido clorídrico, fique longe dessas coisas, isso aqui é cheiro de amônia, nossa, que forte!” É então tudo isso é experiência. Quando você vai para o laboratório e, se você vai para o outro lado como professor, você tem que saber disso para poder explicar. (E-AE -D6)

O docente D1 atribui a realização das AE a situações estritamente didáticas para as turmas da licenciatura havendo objetivos em que os discentes busquem compreender os conceitos envolvidos nos experimentos durante as quais os objetivos das AE aplicada a ao momento estudado na teoria, classificações das AE, potencialidades a serem desenvolvidas e exploradas na sala de aula.

[...] na disciplina os alunos eles já têm uma inclinação no sentido de “é importante levar para sala de aula experimentos” [...]em geral, muitos deles nem tiveram contato, então já tenho estímulo para isso. [...] eu trato com eles é entender as contribuições, [...]que um experimento pode cumprir diferentes objetivos e, é claro para cada aula você vai ter que selecionar algum daqueles objetivos não dá para querer num único experimento cumprir vários objetivos[...]. O segundo, é entender que um experimento pode ser desenvolvido de diferentes formas, é e aí eu apresento diferentes abordagens, [...] para entender que não existe uma única maneira de desenvolver um experimento em sala de aula, têm experimento demonstrativo, [...]investigativo e aí dependendo do autor tem outras classificações para isso. [...]Então, entender que [...]. Uma atividade demonstrativa, pode cumprir uma série de fatores, mas não vai, por exemplo, desenvolver habilidades manuais do aluno se é seu objetivo. Você quer desenvolver elementos da atividade científica nos alunos? [...] se o aluno tiver oportunidade de desenvolver aquelas atividades e se guiar por um protocolo, por uma sequência de ideias, de elementos que são abordados pela atividade investigativa isso vai ser o melhor caminho. [...] cada um têm características próprias, tem potencialidades próprias, mas também, tem dificuldades próprias para serem desenvolvidas e, por fim, eles entenderem como é que eles podem levar isso para sala de aula. (E-AE-D1)

Quanto a execução da AE, os entrevistados se dividiram em dois grupos em que três docentes (D2, D3 e D5) utilizam na perspectiva demonstrativa sendo o responsável pela execução e os discentes assistem. Buscando informações sobre aplicações didáticas, ao questionar os docentes D2 e D3, que iniciaram suas respostas no âmbito da pesquisa científica,

responderam fazem uso de experimentações geradas pelo computador, divergindo da compreensão de D4.

Considerando que AE exprime relações entre o fazer e o pensar, e que o ambiente virtual pode estimular e situações que também ocorrem na prática presencial podemos considerar que as atividades virtuais também são consideradas uma forma de experimentação. Compartilhando da compreensão que modelos teóricos também compõe uma vertente das AE e dada a complexidade existente nos modelos abstratos propostos pela química que não possibilitam o manuseio pelo discente o modelo teórico é aceito como um dogma visto suas dificuldades práticas o uso das simulações computacionais (SC) como recurso didático possibilita contribuições no campo representacional aos discentes (ALVES FILHO, 2000)

[a] concepção de atividades experimental de simulações é aquela realizada via mídia (computador, vídeo etc), onde estão ausentes as montagens, instrumentos e ou outros objetos concretos. A atividade experimental de simulação está restrita ao uso de equipamentos de mídia e dos respectivos softwares. [...] Se no passado havia restrições da apresentação ao estudante de situações estáticas, algo como “fotografias”, que tentavam sugerir entre uma foto e outra a dinâmica que o modelo teórico concebia, hoje em dia tal restrição está superada. Atividades experimentais que fazem uso de programas de simulação, podem auxiliar o professor na organização de momentos didáticos que vão introduzindo, senão todos, mas alguns dos elementos de um modelo teórico de forma dinâmica. A escolha de objetos compartilhados, a associação de propriedades necessárias para o momento, às articulações entre as propriedades por meio de suas variáveis e, finalmente, a estrutura generalizante do modelo (ALVES FILHO, 2000, p. 284).

Ao utilizar as SC como recurso deve se atentar para possíveis interpretações equivocadas pelo discente, como por exemplo, que o objeto representado é o objeto real compreendendo que o modelo apresentado é uma construção humana que busca realizar representações. Por fim, é necessário de assegurar certo domínio prévio do discente acerca dos conceitos trabalhados e compreender que é importante que o discente estabeleça relações com situações e materiais concretos buscando desenvolver compreensões sobre a realidade, dado o fato que ao exercitar os procedimentos experimentais em situações de LDE configuram espaços ricos para o discente na compreensão da natureza científica, por outro lado conceitos de difícil execução experimental podem se beneficiar com o uso das SC (ALVES FILHO, 2000).

As simulações nos dias atuais por força da tecnologia, uma tentação aos mais desavisados para fazer dela a alavanca “moderna” do ensino. O simples domínio de uma tecnologia não deve e não pode negar situações didáticas pela simples inovação, é necessário ter sempre o estudante como o sujeito de aprendizagem. (ALVES FILHO, 2000, p.285)

Assim, o docente D2, ao utilizar da SC de forma demonstrativa na sala de aula, compreende que está realizando uma atividade experimental. A docente D3, busca realizar questionamentos prévios na intenção de que os discentes contribuam no conjunto da proposta.

Na prática docente em aula teórica, o que eu faço de vez em quando é fazer demonstrações utilizado em sistemas computacionais. (E-AE -D2)

É, eu uso de uma forma mais indireta, né assim então, por exemplo, às vezes eu mostro na figura antes de explicar a figura, e aí eu joga a hipótese pra turma. Ou as vezes eu passo um problema e mostro um vídeo, né? E aí eu falo " E aí que, que que vocês conseguem observar desse vídeo?" Então, nesse aspecto, sim, mas não de uma forma muito inserida assim, né? No currículo ou uma carga horária específica e tal.(E-AE -D3)

Quanto ao segundo grupo (D1, D4, D6 e D7), o docente D1 relatou sua experiência com as turmas das licenciaturas onde desenvolve com suas discentes compreensões sobre a finalidade e objetivos ao levar experimentos para o ambiente de sala de aula e o que essas atividades experimentais podem, ou não, promover. O docente D1 solicita a elaboração de um plano de aula e que selecionem, ao final, um experimento para promover reflexões sobre os objetivos didáticos com a proposta de etapas de aplicação e conteúdos abordados.

[...] eu sempre solicito para eles, selecionar o experimento, eu disponibilizo materiais, roteiros pra Ensino Médio, mas eles podem procurar outros e produzir um planejamento de aula. Eles não vão poder aplicar, mas eles estão desenvolvendo vários conhecimentos relacionados a isso. Então eles fazem um planejamento, tem um modelo com orientações que eles têm oportunidade de fazer, eles vão lá e fazem o experimento, depois eles têm questões para pensar "Qual que é o objetivo do experimento? Qual que era o nível de ensino? Que assunto você quer discutir ali? O conteúdo? Como é que você faria isso em sala de aula? O que você faria primeiro? O que você faria depois?" E por aí vai...eu acho que são esses três grandes pilares assim da disciplina, até porque é a metade de uma disciplina, são 2 meses mais do que isso seria impossível desenvolver. (E-AE-D1)

Quanto ao ambiente em que as AE são realizadas, notou-se que boa parte se situa na sala de aula (D1, D2, D3 e D5), enquanto D4, D6 e D7 consideram o LDE. Ao descrever como usualmente realiza suas AE o docente D4 aponta a importância das discussões oportunizando que as aulas não compreendam somente a execução rígida de sequencias.

Primeiramente tento linkar a teoria, quando a gente está numa disciplina que é especificamente teórica, com aquela experimentação, né? E aí treinar essa questão de observação[...] na química geral, por exemplo, observação macroscópica e conceitos de outras disciplinas também. Mudou de cor? O que precipitou? Liberou gás? Então a gente treina essa percepção também. [...]A gente quando trabalha troca de ligante na parte teórica lá da inorgânica. A gente no laboratório "Oh! Trocou e mudou de cor, por exemplo, aqui está um indício que está trocando de ligante. Trocou de ligante? Mudou o desdobramento do campo cristalino". Sabe? [...]Na verdade, eu nunca dou a resposta. Eu vou questionando eles, né? Então, até direcionar para eles lembrarem, [...]eu não posso agir como o professor que fala assim: "Ah! Você tem que saber o que você já estudou". Eu tenho que ter consciência de que eu esqueço. Os alunos esquecem, as pessoas esquecem, [...]hoje em dia eu consigo entender mais por que eu tive todo um processo de terminar a graduação e fazer a pós-graduação. [...]eu estudo para ministrar as aulas, [...]eu tenho uma condição mais fácil de interpretar aquilo, [...] então tento puxar assim. E aí linkar as coisas. (E-AE-D4)

Praia (2002) discute o papel do erro em situações didáticas, como um momento oportuno para desenvolver, junto com outros discente, cenários que possibilitam confronto de ideias o que pode ser benéfico ao desenvolvimento cognitivo do discente.

A transposição didática, realizada com cautela para não cairmos em simplismos fáceis, deve traduzir-se em sugestões de propostas de atividades de ensino-aprendizagem, que valorizem o papel do aluno no sentido primeiro de o confrontar com as suas situações de erro para

posteriormente as vir a retificar. Do ponto de vista didático, ao sujeitarmos a experiência científica a uma tentativa de questionamento estamos convidando os alunos a desenvolverem se cognitivamente, num confronto de idéias com os seus pares, em que o resultado não só não está de antemão conseguido, como tem que ser sempre olhado à luz dos seus quadros interpretativos (PRAIA, 2002, p. 257)

A compreensão sobre atividades experimentais de D5 se aproxima muito de D4, D6 e D7 por dar foco nos sentidos humanos como parte do processo da atividade experimental. Apesar de seus exemplos se alinharem nas questões de compreensão da teoria, os docentes compreendem a atividade experimental ocorrendo apenas no ambiente do LDE, enquanto D5 também admite o ambiente da sala de aula e outros ambientes. Uma justificativa para essa disparidade de exemplos pode ser levantada por D5 atuar não somente com alunos do bacharelado e licenciatura, mas também, com alunos da Engenharia de Materiais que não realizam a modalidade prática da disciplina de Química Orgânica, assim, segundo o discente, as AE para a graduação de química ocorrem durante as disciplinas práticas.

[...] não faço muito com os alunos de química porquê [...] fazem a prática, mas [...] pras engenharias, né? Eu costumo fazer, levar alguns experimentos para sala de aula e convidar os alunos para participarem. [...]um experimento [...] que eu faço é para mostrar a oxidação de alcoóis. [...]levo um vidro de relógio, um pouquinho só de permanganato, umas gotinhas de ácido sulfúrico. [...]eu comando tudo ali por causa da questão de acidentes, [...]chama o aluno para poder participar, no sentido dele poder ver, chegar mais perto e depois eu adiciono umas gotas, por exemplo, de etanol. Né? Aí o cheiro que vai ser produzido, que é de ácido acético, [...]então quando [...]o álcool primário vira ácido carboxílico e que o etanol viraria ácido acético, o aluno consegue abstrair. (E-AE -D5)

Levo modelinhos moleculares para sala de aula, deixo os alunos usarem os modelos. [...] eu torço uma ligação eles torcem junto comigo e aí eles vão observando, e são essas duas vertentes. Conteúdos como [...]estereoquímica, se você não tiver um modelinho, fica dificultado. [...] E[...] reações que a gente consegue fazer no laboratório e [...] de forma ilustrativa, eu levo também[...] a engenharia de materiais não faz a química orgânica experimental, apesar de fazer a teórica. (E-AE -D5)

[...] solubilidade [...] é [...] um conceito bem importante [...] o aluno que vem do ensino médio ele tem a tendência de achar que semelhante dissolve semelhante[...] eu levo o etanol e misturo com água, aí vai tá tudo solubilizado. Metanol, [...] coloco um pouquinho de água, misturo. Claro, tudo fechado com rolha. Quando eu vou pro propanol e pro butanol eles já vão ver que vai separar a fase e com isso eu vou desmistificando alguns conceitos que eles aprendem às vezes de maneira errada[...]eu mostro pra eles experimentalmente que esse conceito tá equivocado, porque se fosse assim o propanol era pra ser solúvel completamente na água. Aí eu introduzo alguns conceitos como cadeia hidrofóbica, hidrofobicidade, entre outras coisas, né? (E-AE -D5)

Por fim, apesar de todos os entrevistados atribuem uma conotação didática ao termo, apenas D1, D4, D6 e D7 corroboram com a visão de Alves Filho (2000, p. 262) onde “a atividade experimental deve ser entendida como um objeto didático, produto de uma Transposição Didática de concepção construtivista da experimentação e do método experimental, e não mais um objeto a ensinar.” O docente D1 buscou responder à questão embasado na área de Educação em Ciências, fazendo referência aos estudos promovidos pelo pesquisador Marcelo Giordan. O docente levanta a discussão sobre a “Teoria da Ação

Mediada” que se preocupa em estudar⁹ como ferramentas, podem ser materiais, psicológicas ou culturais, modificam não somente o mundo físico, mas, também, nossas ações sobre o mundo. Ou seja, essas ferramentas mediam nossas ações podendo alterar a forma que nos comportamos (PAULA; MOREIRA, 2014). Por fim, o docente deixa claro que as atividades experimentais são atividades promovidas por docentes, principalmente, com a função de ensinar.

[...] eu já penso em algo que tem por objetivo ensinar algo, algo a alguém. Então, porque esse é um termo que eu utilizo, os alunos eles, eu tento fazer com que eles também se apropriem desse termo, mas eu chamo a atividade experimental - atividade tem autores inclusive o Marcelo Giordan é um cara que discute a Teoria da Ação Mediada tem isso nesse livro dele aqui - Computadores linguagem nas aulas de ciências - que eu indiquei, não é nem que eu nem conheço muito bem, tá? Só sei que ele fala sobre isso. Mas a Teoria da Ação Mediada é uma ação que você vai desenvolver para atingir alguma compreensão, alguma aprendizagem. Então atividade experimental, [...] é uma coisa que tá focada em ensinar. Pra mim é muito claro isso, quando você usa esse termo. [...]. Mas assim, num primeiro momento é isso que eu. [...] já tô relacionando a educação, a ensinar. (E-AE-D1)

Para o docente D1, as práticas realizadas no laboratório de pesquisa são “práticas de investigação” e são reconhecidas como a promoção de um experimento por um cientista. Se diferenciando do propósito das atividades experimentais que são, para o docente, “experimentos didáticos”.

[...] práticas de investigação. É assim o termo, a gente pode discutir mais qual seria o melhor termo. [...] eu utilizo com os alunos, por exemplo, um cientista não vai pro laboratório falar “vou fazer uma atividade experimental”. Não, ele vai falar “Eu vou fazer um experimento” porque tem, assim, pode ser só uma cultura de se referir dessa maneira. Mas eu entendo que tem uma outra coisa por trás. O professor “vou desenvolver uma atividade experimental”, é diferente. O professor pode falar “Vou desenvolver um experimento” sem falar “atividade experimental”? Pode. Mas eu acho que tá ali implícito uma concepção de experimento, que eu acho que atividade experimental quer dizer que alguma outra coisa diferente ali que organiza aquilo, que não é a finalidade, por exemplo, lá do cientista. Mas entendo que as pessoas possam usar por simplificação “Vou fazer experimento com meus alunos”. Mas assim, formalmente eu escrevo muita coisa que os alunos têm contato em aulas, em planejamentos que eles vão desenvolver uma atividade experimental. (E-AE-D1)

[...] Como eu sou da área de filosofia da ciência, [...] eu discuto com eles [discentes] a diferenciação entre o experimento que um químico ou um cientista utiliza e o experimento que é utilizado pelo professor, que está relacionado com essa questão da atividade experimental eu discuto com eles “Olha, o cientista faz experimento sobre tais circunstâncias, com tais objetivos e quer alcançar tal coisa. O professor, faz com outras circunstâncias, com diferentes objetivos para alcançar outras coisas” e não só isso, os experimentos que o professor vai levar é...eles são já fenômenos muito bem conhecidos, muito bem reproduzidos, muito bem compreendidos e o cientista vai produzir experimentos

⁹ A Teoria da Ação Mediada (T.A.M.), proposta por Werstch (1998), problematiza a distinção entre ferramentas materiais e ferramentas psicológicas ou culturais, [...] Assim, mesmo o uso de ferramentas materiais não modifica apenas os objetos do mundo físico ou nossas ações sobre tal mundo: essas ferramentas alteram, também, a nós mesmos, ao interferirem no fluxo e na estrutura de nosso funcionamento mental.[...] Na perspectiva vigotskiana adotada por Werstch (1998), a mediação é imanente a toda ação humana e, por essa razão, o termo ação mediada pode ser considerado um pleonasma. Seu uso só se justifica em função da necessidade de explicitar a centralidade do conceito de mediação para o entendimento da atividade humana (PAULA; MOREIRA, 2014, p.19)

de coisas que ele desconhece, por exemplo, só para colocar uma distinção, mas eu apresento outras. [...] eu acho importante que os alunos tenham uma concepção de que “eles estão levando experimento do cientista para as aulas deles”, mas não é! É um experimento didático, eu acho que é o termo que a gente pode incluir ali, talvez atividade experimental seria um experimento didático, que eu acho que eles têm ali de alguma maneira se dialogando, podem não ter o mesmo significado, mas pelo menos se a pessoa fala os dois, se entende que é algo dirigido para ensinar. (E-AE-D1)

Por fim, na intenção de uma abordagem mais investigativa, a docente D7 exemplifica como uma atividade experimental poderia ocorrer no curso de química, ela faz referência a uma atividade promovida em sua Graduação em Engenharia Química. Segundo suas compreensões a AE poderia se estabelecer em questões abertas em que o discente seria o responsável por planejar sua ação no laboratório contando com os técnicos e o professor como mediadores do processo, é notável uma finalidade clara voltada para a formação discente com foco no ambiente profissional.

[...] quando eu fiz a engenharia a gente tinha [...] um reagente e tinha um produto e você precisava fazer essa rota, contar como você ia fazer, falar tudo que você ia precisar fazer levantamento de todas as etapas no cronograma dos dias de aula que você podia usar o laboratório. É, fazer pedido de material pro técnico [...]então a gente entregava para o professor toda a sequência, né? De reações, foi na orgânica, [...]Tem que checar, você tem um material no laboratório, se aquela rota é viável, se os produtos formados e tem que ter algum cuidado do ponto de vista de segurança, subproduto. Armazenar, então[...]eu acho que essas características você está realmente no processo, ela é insubstituível. [...]talvez esses roteiros mais fechados eles contribuam menos, né? Porque não te dá essa noção completa, mas também eles contribuem para um certo tipo de formação, mas eu acho que[...]essas situações experimentais, [...]poderiam[...]começar com esse desenvolvimento de pequenas técnicas e tudo mas ter algum tipo de desafio, né? Que os alunos pudessem realmente projetar um experimento em que eles vão investigar algo e que eles vão partir do zero. Não sei, se funciona hoje no mundo da internet, né? Que os alunos vão lá e consultam tudo e acham tudo pronto de alguma forma. Na minha época, a 30 anos atrás, funcionou bem. (E-AE-D7)

Segundo Cachapuz a ciência utiliza o recurso do trabalho experimental para descrever conceitos, limitando sua função à ilustração. Os autores compreendem que conceitos científicos não necessariamente devem ser explorados somente por esta metodologia, visto que a compreensão de uma ciência não acabada e que se utiliza de métodos que estão em constante atualização tecnológica e conceitual pode ser melhor explorada de maneiras diferentes, assim o trabalho experimental, neste cenário, é concebido como privilegiado.

A Ciência é sempre sobre qualquer coisa. O que significa que é tão discutível usar o trabalho experimental simplesmente para ilustrar conceitos (que provavelmente podem ser aprendidos mais vantajosamente de outro modo) como usá-lo para desenvolver competências em abstrato. Qualquer alternativa deve, pois, envolver de um modo ou de outro o diálogo complexo e nunca acabado entre saberes conceituais e metodológicos; o trabalho experimental, nos seus vários formatos, é um instrumento privilegiado (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004, p. 374)

Por outro lado, Maldaner (1999) complementa que os professores de química do Ensino Superior não ousam propor outras formas que o Ensino de Química ocorre para os profissionais

do Bacharelado e da Licenciatura, havendo a mesma formação para os dois profissionais. Segundo o autor, mudanças que contemplem a Licenciatura e os conteúdos específicos só ocorrerão quando a pesquisa em Ensino de Química for valorizada no campo profissional.

Esses mesmos problemas foram encontradas na pesquisa conduzida junto a professores de química. Aborda-se, principalmente, uma química que é próprio de quem vai ser profissional desta área. Os programas de ensino refletem isso, como mostram as pesquisas. Eles contêm os mesmos itens, na mesma seqüência que os programas de Química Geral superior. Sabemos, também, que os itens dos programas de Química Geral Superior vão se repetir nas diferentes disciplinas de química que compõem o currículo: Química Orgânica, Química Inorgânica, Química Analítica e Físico-Química. Criou-se, na verdade, um consenso tácito entre os formadores químicos que ninguém ousa romper. Todos, parece, ficam inseguros em propor novas alternativas, potencialmente mais interessantes. Faz sentido essa insegurança. Se, no entanto, introduzirmos a pesquisa como produtora do ensino, acompanharmos o seu desenvolvimento, muitas alternativas surgirão comprovando os resultados positivos na aprendizagem química dos alunos. Isto só não acontecerá se continuarmos a não valorizar a pesquisa nesse campo profissional. (MALDANER, 1999, on-line)

Essa discussão chama atenção visto que a forma que os licenciandos abordarão a química na sala de aula se distancia da proposta de uma química voltada para os interesses da indústria, como é o caso do bacharelado, pensando que os professores do Ensino Médio devem se basear em uma formação social e cidadã revelando que o curso de Licenciatura ainda está atrelado ao teor curricular bacharelesco. Assim, explorar a química por outras metodologias como apontado por Cachapuz auxiliaria os Licenciados a estabelecerem as relações entre a teoria e a prática, a discussão levantada pela definição das Atividades Experimentais revela que, entre os docentes, não há um consenso sobre o termo. Cabendo desde uma atividade com finalidades pedagógicas a uma atividade investigativa, o que dificulta a estabelecer um objetivo para a promoção das atividades. O consenso entre os docentes se encontra somente no objetivo da aula prática, em que o discente, independente da modalidade, deve aprender os processos e habilidades requeridas em um laboratório, neste caso o laboratório se apresenta como local/ambiente que exerce uma finalidade extensiva a sala de aula, ou seja, é como se complementasse as disciplinas teóricas aprendendo a manipular equipamentos e instrumentos, mas, também, revendo os conteúdos teóricos.

Este espaço, pode ser apresentado como uma oportunidade de formular hipóteses, aprender com os erros, discutir etc. Mas como levantado por alguns docentes, por se tratar de experimentos fechados e roteirizados a oportunidade de investigar alguns conceitos pode ficar limitada, bem como, a autonomia discente pode ficar comprometida visto que todo material requerido para a prática já está disponibilizado pelo técnico, não havendo necessidade do discente em racionalizar os produtos e vidrarias necessárias para elaborar a prática. Assim, a proposta de aulas práticas na intenção investigativa tendem a, minimizar a probabilidade do discente em somente executar uma prática sem racionalizar sobre os processos que está

realizando que podem recair em ações “passivas”, tal proposta beneficiaria alunos das duas modalidades, visto que nem sempre o Licenciado encontrará o melhor suporte nos ambientes escolares precisando adaptar os materiais para aulas práticas, e para o bacharel exercita a sua capacidade de pesquisa e seleção de possibilidades para executar em uma indústria.

Para os docentes D2, D3 e D5 a atividade experimental também está inserida no contexto da atividade científica como uma ação realizada pelo pesquisador em que há interação com o objeto estudado, ou seja, a atividade científica proposta por hipóteses, elaboração de dados, processamento de resultados, análise e interpretação. A interação aqui proposta não considera apenas objetos concretos, visto que a AE é representada pelos processos e a ação é executada pelo pesquisador.

Atividade experimental é tudo aquilo que você, está literalmente botando a mão na massa. Tá? Em que sentido? Mesmo aqui. Assim, por exemplo, né? Um laboratório computacional e, portanto, a gente trabalha com a química teórica, aqui não deixa de ser botar a mão na massa, porque você vai lançar os dados no sistema. Você vai processar o resultado, você vai olhar se uma simulação tá dando o resultado esperado, ou não. Você vai analisar os resultados para entender o que aconteceu. Então qualquer atividade que você vai diretamente, né? Interagir com o sistema em estudo. Tá? Que é diferente, obviamente, dentro da sala de aula professor tá transmitindo o conhecimento ali, né? A gente vê é. Mesmo, você com vídeos ali você tem aquela coisa, um pouco abstrata, outra coisa é, você vê um equipamento ali na sua frente. Então, qualquer atividade nesse sentido né? É entendo como experimental. (E-AE -D2)

Então, eu tenho uma visão mais ampla desse termo, porque eu considero, por exemplo, que os meus processos de simulação são experimentos. Na medida de que eles têm variáveis iniciais, eu tenho uma hipótese, né? É inicial, então eu configuro o experimento, né? Eu configuro o que que eu vou fazer? Eu faço e depois eu analiso os resultados. Então assim, pra mim, atividade experimental é tudo aquilo que você parte de uma observação e de uma hipótese, né? Para construir algo que vai te dar um resultado e que vai ser analisado posteriormente. (E-AE- D3)

Este relato da docente D3 evidencia uma estreita relação entre a tecnologia e a ciência como construções humanas. Os processos metodológicos empregados na ciência têm grande resistência a mudanças e dificilmente o cientista recorrerá a outras possibilidades de se fazer ciência, por outro lado a tecnologia sofre constantes modificações e se desenvolve acarretando mudanças no meio e nas relações humanas, por mais que a tecnologia faça parte de processos científicos isso não significa que os mesmos modifiquem “o fazer ciência”. Barbosa e Aires (2023) ao tentarem reconhecer características da natureza da ciência no discurso de professores-pesquisadores de química identificaram na categoria da valorização das evidências pelos equipamentos

um aspecto da natureza tecnocientífica da química, que se refere ao papel epistemológico e cognitivo da instrumentação nessa ciência. As respostas dos professores-pesquisadores-orientadores entrevistados aos questionamentos sobre a relação do conhecimento químico com os equipamentos dão ênfase a necessidade desses componentes para a realização das pesquisas. As unidades de significado ressaltam que, além dos interesses de pesquisa propriamente científicos, a química também possui um núcleo laboratorial que é tecnológico, o que pode ser reconhecido nos equipamentos utilizados diariamente pelos químicos para a

realização das pesquisas. Desse modo, a tecnologia impulsiona a prática científica, sendo que a maneira pela qual as pesquisas em química são conduzidas são dependentes do desenvolvimento tecnológico dos equipamentos. (BARBOSA; AIRES, 2023, p.399)

Cabe então buscar compreender até onde as validações e comprovações da ciência vão satisfazer esta sociedade e, nesta compreensão, é questionável se os dados experimentais serão perpétuos no entendimento dos pesquisadores da química, assumindo o papel de protagonista, ou, se em algum momento a tecnologia dividirá este papel. Esta proposta já foi feita e já foi rejeitada quando comparada com o papel do docente, a tecnologia não assume o papel docente e este não é seu objetivo, assim cabe compreender se, da mesma maneira, a tecnologia será rejeitada no processo de comprovação e validação da ciência reconhecendo seu papel e fugindo do determinismo tecnológico que é marcado pela neutralidade de um entendimento que considera a tecnologia a responsável pelo desenvolvimento social.

4.2 Simulações Computacionais no Ensino Superior de Química

Este tópico buscou investigar a proximidade dos docentes entrevistados com a temática das simulações computacionais (SC), se atentando para questões como: a compreensão docente sobre SC; as aplicabilidades da ferramenta e, se o docente faz uso; e, por fim, quais os critérios o docente utiliza a escolha de SC como recurso didático no ensino superior de química o que possibilitou compreender possíveis contribuições e obstáculos atrelados a ferramenta.

Compreendemos que SC não são novidade na área química, principalmente para os químicos teóricos que podem realizar investigações desenvolvendo processos de modelização em sistemas que demandam de cálculos densos, essas pesquisas podem contribuir com diversas áreas, incluindo as que ocorrem nos laboratórios experimentais. Com o avanço das TDIC em diversos espaços, as SC também se tornaram realidade nos ambientes educacionais, do ensino superior e básico se adequando ao contexto e objetivos em que é aplicada. Desta forma, buscou-se nas compreensões docentes investigar suas crenças entorno da ferramenta frente ao contexto de uma área tradicionalmente experimental e que preza pela prática como mantenedora da “verdadeira” forma de se fazer ciência.

4.2.1 Definições de simulação computacional

Os docentes buscaram estabelecer definições que satisfizesse a seguinte questão “O que é Simulação Computacional?”, compreendendo que a ferramenta digital busca descrever fenômenos de interesse próprios da química, as respostas abarcaram uma diversidade de conceitos específicos tanto da química (modelos, representações, experimento, fenômenos, processos) quanto da informática (*softwares*, computadores e sistemas) se referindo,

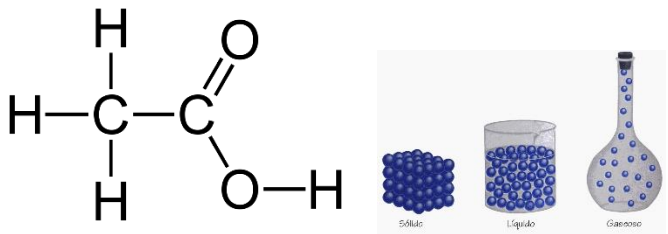
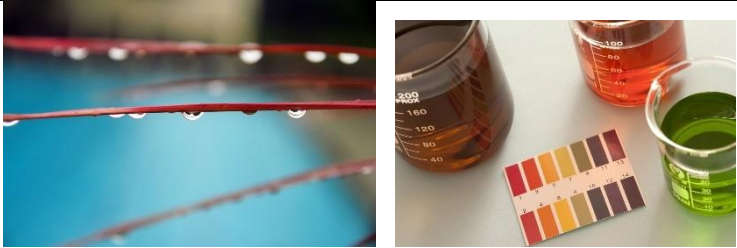
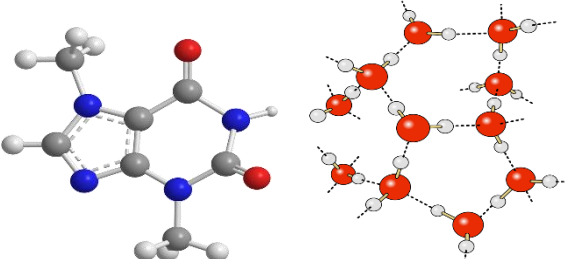
principalmente, a estrutura necessária no desenvolvimento das representações, onde são construídas e podem operar.

É assim, de forma geral, é eu entendo que uma simulação computacional é todo o processo, fenômeno é experimento que é reproduzido parcial ou inteiramente com o auxílio do computador, OK? (S-DS-D3)

Simulação computacional é qualquer representação, qualquer uso, o uso de qualquer tipo de modelo baseado em sistemas de visualização computacional para descrever qualquer fenômeno. (...) (S-DS-D2)

Como já abordado, a química pode é descrita através de três níveis conceituais: i) representacional; ii) macroscópico; e iii) submicroscópico. Estes níveis, apresentados no Quadro 9, compreendem a linguagem própria da química, assim os softwares do tipo SC podem se apropriar em suas representações admitindo gráficos, representações atômicas e moleculares, de espaços laboratoriais entre outras diversas possibilidades.

Quadro 9 - Níveis conceituais da química

NÍVEL	EXEMPLO
REPRESENTACIONAL	
MACROSCÓPICO	
SUBMICROSCÓPICO	

Fonte: A autora

Dutra (2022) destaca que a linguagem química não é trivial exigindo até mesmo dos licenciandos esforços para compreendê-la. Por utilizar de diferentes recursos como letras, números, representações geométricas e símbolos para descrever fenômenos, conceitos e moléculas, a SC torna-se uma ferramenta que pode contribuir durante o processo de ensino e

aprendizagem facilitando a compreensão de discentes ao apresentar a possibilidade de integrar mais de um nível conceitual em apenas uma representação.

Muitas pesquisas da área do ensino de Química têm se dedicado a buscar novas abordagens para o ensino de conceitos químicos, isto devido ao fato de que as disciplinas de Química muitas das vezes são vistas, até mesmo pelos próprios licenciandos em Química, como algo maçante e pouco atrativo. A compreensão dos conceitos químicos realmente exige vários conhecimentos da própria área, pois apresenta uma linguagem própria, estrutura e conceitos específicos, detalhados e abstratos, exigindo uma maior dedicação e atenção no seu ensino (DUTRA, 2022, p. 2)

Ao analisar as palavras mais utilizadas pelos docentes sobre as SC de química, é possível chegar a uma generalização, considerando-as: *softwares*, que por meio de cálculos ou sistemas baseados em parâmetros experimentais químicos já existentes, concebem ou descrevem modelos ou procedimentos experimentais a partir de resultados e, tem como finalidade, elucidar a compreensão de fenômenos químicos. Assim, convergindo com a definição de Ribeiro e Greca (2002).

As simulações podem ser classificadas, de uma forma ampla, em conceituais ou operacionais. As primeiras apresentam princípios, conceitos e fatos relacionados ao(s) evento(s) simulado(s), como a simulação da estruturação de uma molécula, da mudança de temperatura de determinada substância ou da alteração da pressão exercida sobre alguma amostra. As últimas incluem seqüências de operações e procedimentos que podem ser aplicados ao(s) sistema(s) simulado(s), como por exemplo, as simulações pré-laboratoriais ou laboratoriais propriamente ditas, que permitem que o aluno exercite a execução correta dos procedimentos em um laboratório, como simular a esterilização e manuseio de equipamentos ao realizar determinado experimento (RIBEIRO; GRECA, 2002, p.544)

A seguir, apresentamos alguns excertos onde os docentes D1, D3, D6 e D7 citam em suas definições as simulações computacionais e a experimentação. Foi considerado, na maioria das respostas, que as entidades químicas podem ser representadas por parâmetros, variáveis e resultados que buscam explicar fenômenos associados aos eventos simulados.

Eu não entendo a simulação [computacional] como o experimento em si, mas como meio para explicar um fenômeno. No caso da química, que aí já é uma característica da química, átomos, moléculas, íons, enfim entidades que a gente não acessa pelos sentidos. (S-DS-D1)

[...]o que vem para a minha cabeça seriam. Por exemplo, desenhar uma molécula e mostrar como que ela se movimenta no espaço seria um tipo de simulação. Eu sei que existem também algumas simulações dos experimentos, né? (S-DS-D6)

Ó simulação, ela é uma situação em [...], que o programa te dá uma limitação lá de parâmetros, [...] então, você vai simular um experimento que vai te trazer alguns resultados para você analisar. [...] O resultado tá em função dos seus parâmetros, [...] a grande vantagem é que você pode ir mudando pequenas entradas no sistema e vendo como que essa saída de resposta ela funciona. (S-DS-D7)

[...] eu considero, por exemplo, que os meus processos de simulação são experimentos. Na medida de que eles têm variáveis iniciais, eu tenho uma hipótese, né? (S-DS-D3)

É notável analisar que a docente D3 considera as simulações computacionais que desenvolve experimentos visto que as utiliza em situações investigativas e, por outro lado, a maioria dos docentes considerou as SC como um meio, situação ou representação não

assumindo-as como uma experimentação propriamente dita. Esta análise é reforçada pelas compreensões que aparecem no tópico 4.1, onde o método experimental é relatado com caráter tipicamente procedimental e destacou que, por este motivo, a maioria dos docentes não considerou as aulas práticas gravadas como satisfatórias, na medida que não havia meios de manipular os instrumentos e vidrarias, cabendo ressaltar que enquanto recurso didático, as SC se configuram como um tipo de AE. Além disso, os docentes D1 e D6 não consideram os processos realizados pelo computador como experimentação, relatando que a existência de um mediador entre quem executa a ação e a ação realizada difere das executadas sem um intermediário, vale lembrar que D3 considerou que dificilmente AE serão substituídas pelas SC. Por fim, os docentes não divergiram muito em suas respostas apresentando definições que condizem com outras já existentes.

4.2.2 Aplicabilidades da simulação computacional

Neste tópico investigou-se as situações em que as SC, de acordo com os docentes, podem ser aplicadas, apresentando: possíveis ambientes; possibilidades de uso; e, quais funções podem ser empregadas nas SC como recurso didático. Assim, buscou-se analisar quais saberes e domínios os docentes possuem para aplicação do recurso.

Quadro 10 - Aplicabilidades da SC

O DOCENTE RECONHECE AS SEGUINTESS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DA SC	Pesquisa Científica	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7
	Recurso Didático	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7
ÁREAS EM QUE O DOCENTE APLICA A FERRAMENTA	Pesquisa Científica	D2, D3, D7
	Recurso Didático	D2, D3, D4, D5, D7
	Não Utiliza	D6
FORMA QUE UTILIZA O RECURSO DIDATICAMENTE	Uso Demonstrativo em Sala de Aula	D2, D3, D4, D5
	Uso Investigativo em Sala de Aula	D7
	Aplicação de roteiros no uso de SC	D2, D5, D7
	Uso de Plataformas de SC de Química desenvolvidas com fins didáticos. (Ex. <i>PhetColorado</i>)	D3, D7

	Uso de Plataformas de SC de Química como recurso didático. (Ex. <i>Mercury (Cambridge)</i> , <i>Gaussian</i> , <i>GaussView</i> , <i>ChemSketch (ACD Labs)</i>)	D2, D3, D4, D5
--	--	----------------

Fonte: Dados da pesquisa.

Percebe-se, inicialmente, que as descrições sobre a SC na química não possuem restrições quanto ao emprego de seu objetivo seja ele didático, ou, de pesquisa. Somente ao longo dos relatos é notada uma aproximação estabelecida entre o contexto de atuação dos docentes e as possíveis aplicabilidades, o docente D1, por exemplo, concentrou-se em descrever as possibilidades de aplicação da SC no contexto da disciplina de Prática de Ensino II, composta pela temática “Modelos no Ensino de Química”. Apesar de tradicionalmente não utilizar as SC como um recurso que tem a finalidade de exemplificar conceitos da química, o docente D1 leciona disciplinas pedagógicas que consistem em apresentar definições, funções e uso de ferramentas didáticas para os discentes de licenciatura em química.

Na minha disciplina, [Prática de Ensino II] isso [Simuladores Computacionais] é passado de uma maneira muito rápida. O meu interesse é [...] que os alunos entendam o que que é o modelo, qual é o significado, distinguir a diferença entre modelo e realidade, entender que existem diferentes tipos de modelo, uma mesma coisa pode ser representada de diferentes maneiras, cada um, selecionando certos elementos do objeto e, pode ser um objeto concreto, ou não, você faz representação de algo abstrato, também explico isso a eles. (S-UA-D1)

Os fundamentos filosóficos, ontológicos de um modelo, de uma modelagem e por aí vai... e aí, nesse processo com o simulador eu acho que seria importante ter essa discussão, né? Entender o que é ele [o simulador], como eu destaquei antes, ainda assim por mais que ele capte várias é ... tente representar vários aspectos objetos ele ainda assim é uma representação. Então, tem coisas lá que ele nunca vai cumprir. E o que que ele consegue fazer? Que que a gente consegue fazer com simuladores? Então, acredito que seria uma coisa para discutir os fundamentos, entendeu? O que que é um simulador? No segundo momento, seria importante os alunos interagirem com o simulador e, ao longo do processo, ir desenvolvendo certas, certas reflexões com eles, do uso de simuladores. E se possível, se houvesse tempo, que eles produzissem uma aula em que eles usem os simuladores pra, digamos assim, fechar o ciclo. (S-UA-D1)

Quanto ao ambiente de pesquisa, a docente D7 destacou o uso da SC na área da química orgânica, ao ser aplicada em mecanismos de reações de moléculas gerando resultados que podem auxiliar o pesquisador a refinar seus processos quando o contexto prático for aplicado, assim, as SC propõem aos pesquisadores resultados teóricos que podem corroborar com as pesquisas realizadas em laboratório prático.

Tem uma possibilidade [...] de fazer com a simulação [...] avançada, que não é a didática em si. [...] é quando o pesquisador realmente coloca parâmetros no sistema, né? E ajuda [...], a ver rotas de sínteses mais adequadas. Tá? Fazer uma análise das possibilidades, por exemplo, no sistema de catálise, nas rotas de substituição na orgânica, por exemplo, você consegue substituir, ou não, algum grupo de uma molécula grande, né? Então você [...] simular, checar os parâmetros energéticos do sistema final e chegar à conclusão se aquela rota é viável, ou não. Então você economiza rotas, mas você não vai pular a etapa de ir lá no laboratório depois se vê, “então tudo bem, essa rota eu simulei, né? É a mais provável,

de eu ter vamos ver se eu consigo realmente obter um resultado, caracterizar aquele resultado.”(S-UA-D7)

Apesar de não utilizar a ferramenta, o docente D4 realiza parcerias com outros pesquisadores, esta situação também ocorreu durante a Pós-graduação em que resultados obtidos por meio de SC o auxiliou em seus processos experimentais, além disso o docente tinha interesse em aprender a utilizar o *software*, entretanto sua expectativa não foi correspondida. Para o uso das SC é necessário domínio do usuário, o relato do docente D4 apresenta uma situação em que grupos de pesquisa definem que seus processos e resultados devem ser mantidos apenas entre os participantes, devido aos de interesses nas publicações em revistas científicas fomentadas pela maneira expressa que ocorre o desenvolvimento científico e tecnológico.

A primeira vez que eu vi rodando um cálculo, foi quando eu estava na Itália. Era um cálculo de otimização de estrutura cristalina, [...] porque a gente não conseguia obter monocristal, [...] a gente conseguia mandar para a difração de raios-X de monocristal, e lá eles [...] obtém a posição [...] a distância entre [...] e os ângulos entre os átomos. Ou seja, resolve a estrutura. Te dá um diagrama, como se fosse uma foto da estrutura da molécula. [...] E a partir lá do difratograma eles faziam lá um refinamento de Rietveld usando um software lá, eles nunca me ensinaram a fazer isso. Eu pedi, mas como [...] eles publicavam muito com isso, “Não, faz uma parceria, né?” Acho que eles queriam é mais fazer isso. [...] Então, eu fiz várias sínteses para tentar obter um difratograma mais cristalino possível, pois eles iriam otimizando e determinando a estrutura a partir disso, uma medição indireta, por assim dizer. (S-UA-D4)

O docente D4 descreve outras situações de aplicação da SC, explorando a relação entre a evolução da tecnologia e a execução dos experimentos, compreendendo uma ciência que ainda não pode ser experimentada e provada pelos processos táteis, mas que, aguarda o desenvolvimento da tecnologia para promover práticas que se concretizarão no método da validação de dados comprovando as hipóteses. Ou seja, a tecnologia sozinha não é suficiente para configurar o estabelecimento de um conhecimento visto que é considerada instrumento e tem por finalidade gerar dados, cabendo ao ser humano o processo de análise e significação dos resultados.

É assim em situações, é, digamos assim, reais, precisa da experimentação para se comprovar também se o cálculo está correto. Mas pode ter condições, por exemplo, em que a gente não tenha, situações no caso, onde não se tenha condições de se provar experimentalmente, por exemplo, analisar o núcleo terrestre. Né como que você consegue? A gente não tem condições de ir lá analisar, né? Não consegue lá mandar uma sonda, ela não vai sobreviver ao meio. Tipo, vamos analisar como é que é o núcleo do Sol? A gente não tem condições de fazer isso, né? [...] Então se faz um estudo indireto, a partir do espectro emitido pelo sol, por exemplo, a partir das ondas sísmicas. Você tem uma ideia de que o núcleo é sólido, de ferro e níquel por causa das ondas e avaliação de densidade que você tem, e também com a comparação com meteoritos, né? Com a composição que se tem que... né mais simples, né? Acho que nesses casos, ela pode ser utilizada sozinha. [...], Mas foi dado condições a partir de um desenvolvimento tecnológico. Eu acho que muita coisa vai nesse sentido, só que, por exemplo, o núcleo da Terra e sei lá núcleo do Sol, eu não sei se a humanidade vai ter condições de um dia ter como ir lá comprovar. (S-UA-D4)

Além de D4, os docentes D2, D3 e D5 também citaram a SC aplicada a pesquisa, sendo que a docente D3, atua em estudos de mecânica quântica realizando cálculos de interesse da físico-química e o docente D2 atua aplicando resultados de suas simulações no desenvolvimento de compostos e estudo de mecanismos de reação corroborando com pesquisas realizadas em contexto prático. A aplicabilidade das SC como complementar a pesquisa prática também foi destacada por D4.

Então por exemplo, temos aqui na universidade professores que trabalham com química teórica [...]. Então, esses professores, eles utilizam programas mais robustos. Então, a precisão dos resultados e a agilidade na obtenção dos resultados é bem maior. (S-UA-D5)

[...]atuo na físico-química [...], é uma das minhas áreas de formação, né? Então, dentro do contexto da química, a química computacional, ela se encaixa na subárea de físico-química. (S-UA-D3)

É, já usei simulações que não são [...] de alteração de variáveis [...], por exemplo, vídeos que simulam. Né? Por computador, gráficos, enfim, fenômenos que não são visuais, por exemplo, uma microscopia eletrônica, né? Que você não vai ver, e aí você tem uma simulação que é descrita ali por um vídeo. [...] Como eu mencionei, simulações computacionais, baseadas em mecânica quântica, que[...]eu tenho que ter que fazer tudo e aí essa simulação ela gera um, [...] produto visual para mim, uma imagem de um orbital molecular ou de um orbital atômico ou um vídeo, né? De uma ligação sendo quebrada e uma outra sendo formada, mas aí, é esse vídeo, ele é resultado de uma simulação que tem uma fundamentação quântica, ele não é uma mera animação, né? Que também pode ser considerado uma simulação computacional nesse aspecto de está simulando um fenômeno, né? (S-UA-D3)

Então, a simulação ajudou a entender [a] estrutura, porque quando bate o difratograma teórico com difratograma real, quer dizer que é aquela estrutura, né? Então se usa muito, é muito pertinente para esses casos. Por exemplo, por que que eu não obtenho um monocristal? Porque simplesmente não gera um monocristal. Assim, em todas as condições que foram testadas, não gerou um monocristal [por] fatores termodinâmicos, né? Então as células não ficam bem organizadas para agir, para crescer um monocristal que seja suficientemente grande e utilizável para fazer a difração de raios-X de monocristal, basicamente isso. (S-UA-D4)

É, nós temos aqui, dois colegas [...], que trabalham com a síntese de compostos potencialmente bioativos. Então, [...], a contribuição nossa é justamente fazer as simulações e como que esses compostos agiriam com molécula de origem biológica para simular os efeitos, simular se existe uma atividade potencial ou não, e como modular isso. [...] eu sou responsável pela parte de computacional, ou seja, né as várias formas de trabalhar problemas da química utilizando sistemas computacionais com foco em desenvolvimento de compostos bioativos, estudos de mecanismos de reação. (S-UA-D2)

[...] tem uma tela ali que o aluno está fazendo justamente uma simulação de investigação da estabilidade de moléculas. [...] a contribuição nossa é justamente fazer as simulações e como que esses compostos agiriam com molécula de origem biológica para simular os efeitos, simular se existe uma atividade potencial ou não, e como modular isso. (S-UA-D2)

Quanto ao desenvolvimento de SC, os docentes D2 e D3, por vezes, constroem suas próprias representações para implementar em seu material didático utilizando os *softwares* que estão habituados em sua prática científica estas representações podem ser em imagens ou vídeos. A docente D3 relata que, ao lecionar para turmas química no ensino presencial quando as ementas da disciplina de Físico-Química III para os cursos de licenciatura e bacharelado

eram diferentes, buscava diferenciar sua abordagem. No bacharelado, as SC eram utilizadas pelos discentes no desenvolvimento de cálculos avançados, diferentemente da licenciatura que utilizava as SC para abordar conceitos, segundo a docente a SC pode ser utilizada como método avaliativo, mas que para uso desta estratégia analisa a turma pois compreende que a disciplina é composta por tópicos de elevada complexidade.

Depende muito do meu objetivo, por exemplo, depende da turma. Então, quando eu leciono... agora, agora já mudou, né a grade, mas quando eu lecionava quântica, só para a química bacharelado né? Eu focava em eles escolherem uma molécula e fazer um cálculo computacional do zero e tirar ali e extrair as propriedades químicas daquela simulação computacional (...) Isso por si só era uma avaliação. Para a licenciatura, às vezes eu fazia isso, focando mais na estrutura atômica, energia, configuração eletrônica, coisa do tipo, mas não é sempre que eu uso a simulação computacional como método avaliativo não depende muito da turma da daquele grupo que está ali naquele semestre, né? Principalmente em relação a quântica. (S-UA-D3)

As docentes D3 e D7, buscam incluir em suas aulas representações desenvolvidas por plataformas, como o *PhetColorado*, que reúne várias SC desenvolvidas para uso didático sendo relacionadas aos conteúdos abordados pelas ciências da natureza. A plataforma *PhetColorado* possui SC voltadas para ambientes didáticos, este recurso recorrentemente está presente em estudos da área de ensino de ciências da natureza por conter uma variedade de SC disponíveis para uso em diferentes áreas.

O aplicativo Simulações PhET (Physics Educacional Technology) desenvolvido pela Universidade do Colorado. O aplicativo fornece aos estudantes, além da interatividade, caminhos para que eles possam compreender determinado fenômeno proposto na simulação. 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, o que contribui para que os professores possam fazer uso em suas práticas pedagógicas. Na Química são disponibilizadas 27 simulações. (LIRA; LEITE,2022, p.191)

Desta forma, D3 não restringe a sua concepção sobre as SC como uma situação que deve ser desenvolvida do zero. Para o uso na sala de aula, a docente explora a SC de forma demonstrativa combinada com outros recursos digitais, segundo ela a integração auxilia os discentes em conteúdos abstratos, relatando que não é sempre que faz uso de SC que ela própria desenvolve.

Eu procuro usar também a integração dessas ferramentas digitais. Então, por exemplo, eu estou com o computador projetando, às vezes, eu abro o YouTube, já mostro um vídeo ou abro lá o site de simulações computacionais, por exemplo, Phet lá. Tem alguns outros vídeos que são, né? É, assim, importantes para poder trazer para o concreto, esses conteúdos que às vezes são muito abstratos, né? Das disciplinas que eu leciono, é, acho que é isso. Pontualmente, né? Eu uso algumas simulações computacionais que eu faço com a ferramenta de pesquisa para construir material didático que eu apresento nas aulas, né? E acho que basicamente é isso, assim, nesse contexto. (S-UA-D3)

No caso da docente D7, que utilizou o recurso na disciplina de Prática de Ensino I, de forma presencial, contando com o uso de roteiros dentro de sequências didáticas, a atividade aplicada desenvolveu as mesmas etapas da atividade elaborada anteriormente com as alunas do PIC Júnior explorando os estados físicos da matéria. Segundo ela, a SC no ERE foi empregada na disciplina de Química Geral pois cada discente poderia utilizar o recurso individualmente, mas que para o ensino presencial isso talvez não seria possível pela elevada quantidade de alunos na turma, o que não ocorre com disciplinas de Prática de Ensino I que contam com apenas os alunos da licenciatura em química, a quantidade de alunos foi citada pelo docente D5 revelando ser um obstáculo a aplicação das SC.

Quando eu dei o tópico de gases na Química Geral a gente trabalhou com o simulador, mas foi de forma independente, entendeu? Eu pedia para eles fazerem, eu dei o roteiro para eles iniciarem, entenderem e depois falava com eles “Façam outros experimentos, varia aos poucos a temperatura, [...] a pressão, [...] o volume”, mantendo sempre uma das grandezas constantes que é possível fazer isso lá, para você ver como é que a outra se comporta, “varia a quantidade de moléculas no sistema”. Né? Então eu dava essas dicas e deixava eles mexerem aí. (S-UA-D7)

essa questão do aluno pegar e usar, ainda não temos, não consegui chegar nesse nível do aluno mesmo, usar a ferramenta, ele mesmo lá, clicar e fazer a molécula, isso a gente não conseguiu. [...] eu tenho uma turma que são oitenta. Como é que eu vou fazer com oitenta? Tem quinze computadores. Vou ter que parcelar a turma. Né? Então são coisas assim. Mas eu acho assim que talvez em um primeiro momento, turmas menores, né? Mais específicas do curso, né? Química Orgânica, sei lá, II, geralmente tem sei lá, vinte alunos, talvez seja mais viável. Aí eu levo, cada aluno leva o seu notebook, né? Se tiver. Se não tiver, o IFQ tem notebooks para emprestar ou, às vezes, nem precisa trazer o notebook, [...] e os próprios alunos vem e utilizam os recursos do IFQ. E aí, separam os alunos em duplas, [...] aí eu vou fazendo junto com eles, acho que num primeiro momento seria interessante. (S-UA-D5)

O excerto a seguir, chama atenção visto que D3 e D7 utilizam a plataforma para a disciplina de Química Geral que contém em seu currículo temas como a teoria dos gases, modelos atômicos entre outros destacando uma potencialidade do uso dos SC no ensino superior.

É, então em sala de aula eu já utilizo, já utilizei experimentos, é simulações tipo do Phet, né? [...] que não são, vamos dizer assim é autoinduzida, como por exemplo, as de mecânica quântica, que eu faço na pesquisa, né? Mas que são, já que tem uma pré – concepção de variáveis e de efeitos visuais diferentes com essa variação, com essa escolha de diferentes variáveis, né? É, inclusive, eu acho que elas são ótimas [...] eu acho que já usei quase todas [...] E é assim, eu uso porque eu leciono uma disciplina que tem uma base de física muito grande, né? Mas mesmo na Química Geral, no desenvolvimento da estrutura atômica, dá para usar bastante coisa. (S-UA-D3)

Frente a esta questão, o docente D2 relatou o uso das SC durante o ERE e no presencial para o curso de bacharelado, o docente destaca a possibilidade de realizar correlações entre os dados obtidos experimentalmente e os gerados pelo computador, o recurso foi utilizado de forma demonstrativa em aulas teóricas.

Na prática docente em aula teórica, o que eu faço de vez em quando é fazer demonstrações

utilizado em sistemas computacionais. (S-UA-D2)

[...] em 2020/2 eu dei já remotamente, uma disciplina que era de métodos espectrométricos de análise. [...]a gente fala espectroscopia no ultravioleta, no infravermelho, de ressonância magnética nuclear e de massas, que são as quatro ferramentas, né? Espectrométricas que a gente mais utiliza da Química Orgânica, que é a minha área eixo de participação aqui, né? Para a caracterização estrutural. Então, particularmente, a gente tem inclusive os próprios computadores conseguem, [...] simular esses processos. [...] existe um tipo de cálculo muito importante [...], que ele tem um equivalente experimental que a determinação do espectro de absorção no infravermelho, então a gente consegue simular esses espectros no infravermelho e inclusive com uma boa correlação com dados experimentais. (S-UA-D2)

No caso das aulas de métodos experimentais. É, [...] o Gauss View que é um programa de visualização de cálculos que é desenvolvida por uma empresa que faz o outro programa, que faz o cálculo, que é o Gaussian.[...] O que eu faço? Eu, previamente, que os cálculos demoram um pouco para ficarem prontos eu faço o cálculo dentro daquilo que está programado para a aula. Quando tá em sala de aula, simplesmente abro o programa de visualização e mostro para eles e vou chamando atenção “Olha, vocês vão ver, [...] o que a gente entende que é uma deformação axial” eu mostro para ele aqui, “ó, é esse daqui”, tem uma outra frequência, [...]. Como que eu faço? Eu projeto um espectro de absorção no infravermelho experimental, real projeto o espectro simulado e vou comparando um com o outro e vou mostrando para os alunos né? Visualmente ali em cada pico do espectro do gráfico, qual o tipo de movimento molecular isso está reproduzindo. Esse é o que eu mais utilizo. S-UA- D2

O docente D5 faz uso de *softwares* no ensino superior como recurso didático, entretanto, seus relatos vão além da universidade em que atua, visto que as aplicações do *software* foram empregadas por ele durante sua pós-graduação relatando que conduziu uma oficina para professores do Ensino Médio e outra na universidade em que atua abrangendo professores e alunos dos cursos de graduação e refletindo sua habilidade em adaptar a instrução para diferentes públicos, evidenciando uma competência em utilizar e ensinar sobre o SC em questão que foi possível, também, devido seu domínio sobre a ferramenta. No relato do docente D5, se destaca a relevância do uso do *software ChemSketch* em sua prática acadêmica e educacional, o software é desenvolvido pela empresa *ACD Labs* que, por vezes, o docente se referiu buscando fazer referência ao *ChemSketch*. Nos excertos ele menciona o curso ministrado durante uma Semana Acadêmica de Química na universidade em que atua, esse curso envolveu a instalação do *ChemSketch* em alguns computadores da instituição, proporcionando aos alunos e professores a oportunidade de aprender e explorar suas funcionalidades e sua experiência com professores do ensino médio durante sua pós-graduação.

a gente fez uma oficina para professores do ensino médio. Eles adoraram, né? Porque computadores de certa forma são mais fáceis de serem obtidos, [...]. O software era gratuito, né? O ACD Labs. Então, ou seja, os professores do ensino médio gostaram. (S-UA-D5)

[...]eu já ofereci um curso aqui na universidade, acho que foi numa das semanas acadêmicas de Química da utilização do ACD Labs.[...]instalei o ACD Labs em algumas máquinas e os alunos fizeram esse curso. (S-UA-D5)

[...] alguns professores fizeram [...] e todos eles gostaram também de usar a plataforma (S-UA-D5)

Outra docente que atuou com o público no ensino básico foi a docente D7, que se revelou como a única entrevistada que atua com pesquisas científicas que correlacionem o de ensino de química com as SC. Suas investigações abrangem as contribuições e formas de aplicação das SC, geralmente, no ambiente do ensino básico, para isso, a docente utiliza recursos já existentes em suas sequências didáticas, ou seja, a docente não desenvolve as SC que trabalha. Ao relatar como desenvolveu uma de suas pesquisas, a docente descreve que contou com a parceria de duas alunas do ensino médio de uma escola estadual do município contempladas pelo Programa de Iniciação Científica Júnior (PICJúnior) chegando a desenvolver e apresentar trabalhos. Este relato inclui aspectos que ultrapassam a temática das SC, visto que contemplam discursos da natureza da ciência pois oportunizou a participação de meninas na ciência; apresentou para as discentes envolvidas outras visões acerca da construção do conhecimento científico, ou seja, a pesquisa científica não é restrita a ambientes de laboratórios experimentais; e foi capaz de demonstrar parte do processo do desenvolvimento científico, onde a pesquisa foi realizada em conjunto contemplando diferentes níveis do ensino.

Eu tive uma experiência com o PICJúnior, então vieram duas alunas, ficaram comigo dois anos de PIC Júnior? Elas hoje são universitárias. [...]A gente chegou a mandar um trabalho para SBQ, eu que apresentei [...]um trabalho sobre simulação. (S-UA-D7)

A docente recorreu ao uso da plataforma *PhetColorado* que integrou uma etapa da sequência didática aplicada na IES que a docente atua. Esta etapa contou com a participação dos discentes da turma do ensino médio que as pesquisadoras do PICJúnior participavam e, a realização de atividades experimentais no Laboratório de Ensino de Química e o uso das SC pelos discentes.

A gente utilizou o simulador Phet[Colorado] aliado a uma sequência didática que tem nesse material, que a gente construiu lá atrás com o professor Mortimer, [...], que é o trabalhar com aquele modelo de partículas, os alunos construir um modelo de partículas a partir de experimentos simples, né? É estudando os estados físicos da matéria começando pelos gases, líquido e sólido depois. [...]a gente utilizava aquela metodologia Jigsaw [...] a gente dividia eles em 4 grupos. Então foram os alunos da turma delas da escola. [...] Esses alunos então vieram [para a IES], eles fizeram as atividades que a gente tinha elaborado [...] primeiro a gente propunha [...] fazer os experimentos simples que eram com seringa, aquecimento do balão para dilatação, então era: compressão do ar, dilatação do ar, né? E um vácuo parcial em um frasco que era um vácuo meio simulado, assim, [...] porque não era um vácuo, é um vácuo no sentido de tirar uma certa massa de ar, né? Do volume lá do kitasato, e em cima desses três, os alunos propunham modelos. Tá? É cada um com um experimento, depois eles trocavam, para[...] os grupos um apresentar para o outro, e chegar na discussão e depois voltavam no grupo original.[...]na sequência, eles utilizaram o simulador do Phet. Aí, a partir do simulador do Phet, eles novamente refaziam aqueles modelos deles repensavam, [...]escreviam o que é que melhorou na compreensão deles dos modelos (S-UA-D7)

O uso das SC pela docente D7, apesar de estar inserida no contexto de pesquisa também apresenta uma possibilidade de compreender como a SC pode ser aplicada como recurso didático, visto que a abordagem utilizada com os discentes na sequência didática construída é

investigativa possibilitando que os grupos de alunos manipulassem os experimentos na intenção de que questionassem os fenômenos envolvidos na prática. Complementando a proposta, o uso da SC se dá na finalidade de auxiliar na construção dos modelos idealizados pelos alunos visto que possibilita abordar um nível conceitual que não é acessível a observação. Assim, a SC integrou a última parte da sequência didática na função de ampliar os conceitos envolvidos no estudo dos estados físicos da matéria. Ao estimular o contato dos discentes com as AE para que pudessem manipular, observar e levantar hipóteses e, posteriormente, utilizar a SC como recurso complementar na mesma finalidade de levantar hipóteses, fomentar discussões sobre os modelos a docente, com o intuito de aperfeiçoar a experiência de aprendizagem, possibilitou que os discentes explorassem diferentes níveis conceituais da química. O professor D5 relata sua experiência ao incorporar o *software* em suas aulas, especificamente durante a disciplina de orgânica III, que é uma disciplina obrigatória para o curso de Química Bacharelado. O docente destaca a utilidade do *software* ao empregar as ferramentas de desenho de moléculas para realçar conceitos complexos, como orbitais e estruturas tridimensionais de moléculas. Embora utilize essas representações visuais em seus slides de aula, de forma demonstrativa reconhece que os alunos se beneficiariam ainda mais caso houvesse um contato direto com o *software*.

Outro docente que citou o uso de *softwares* de representação de SC foi o docente D4. O uso da plataforma se dá na forma de imagens na disciplina de Mineralogia que é ofertada para a Química Licenciatura, e também na disciplina de Química Inorgânica ofertada para ambas as modalidades.

*Quando eu consigo encontrar algo que seja fácil de manusear, [...] que nem para as operações de simetria eu [...] estava utilizando esse site ele ajuda muito a visualizar, por exemplo, [...] as rotações, posição da molécula [...] então mostra os elementos de simetria [...] outro programa que eu uso é esse -**mostra o programa Mercury** - Principalmente agora na disciplina de mineralogia eu uso esse programa ambos são parte de uma Universidade de Cambridge e esse é um programa gratuito também é de Cambridge eu uso a versão gratuita dele [...] dá para mostrar as estruturas dos compostos e difração de raio x, planos cristalográficos, né? Então esses que são acessíveis eu consigo utilizar bem. [...] Então a gente consegue mostrar a estrutura, a célula unitária, ele simula o difrator Gama de raio x. [...] são bem úteis. Assim, outro meio que eu utilizo, a gente como químico precisa utilizar a tabela periódica, né? [...] Ali tem tabela periódica aonde você clica no elemento e te dá várias informações então basicamente esses três instrumentos. (S-UA-D4)*

Um estudo realizado por Cunha e Novo (2006) sobre o *software Mercury* mostrou que para o no ensino de química mineral e mineralogia sua aplicação é relevante, pois permite a demonstração de representações de estruturas de minerais tridimensionais, medição de distâncias e ângulos de ligação, geração de difratogramas de raios-X e visualização de planos do cristal. Assim, segundo o autor, o uso do programa apresentou impacto significativo na compreensão dos alunos sobre diferentes estruturas de silicatos, tipos de coordenação de íons,

interpretação de difratogramas de raios-X e de vários tipos de substituição sólida. Por último, o programa opera de forma gratuita de amplas aplicações e pode ser utilizado *offline*, o que o torna uma ferramenta abrangente e acessível para o ensino desses conceitos. Assim, o docente D4, apesar de não se considerar usuário realiza o uso da SC na sua prática através de uma análise o docente D4 ao se referir a SC faz referência somente a situações da pesquisa científica, ou seja, a SC dificilmente será apresentada com o caráter didático pois o docente não a compreende como uma etapa que pode estar previamente construída.

Quanto ao uso de roteiros, além de D7, os docentes D2 e D5 apresentam a proposta de aplicar as SC como atividade avaliativa. Segundo Lopes e Chaves (2018, p.138) “Os ‘experimentos virtuais’ além de estarem acessíveis a qualquer instante, podem ficar à disposição dos alunos fora do horário das aulas, uma vez que os roteiros das ‘experiências’ podem ser vivenciados de forma individualizada”. O uso de roteiros não minimiza a interação com a SC, conforme citado pela docente D7 o roteiro possibilita que o discente tenha um caminho inicial a seguir, mas que isso não o impede de explorar as possibilidades ofertadas pelo programa.

Quando eu dei esse curso lá em Viçosa, o roteiro, né? Envolvia mais de dez questões. Então, se você pensar nesse roteiro como uma estratégia de avaliação, claro, mantidas as devidas proporções porque dez questões é muito grande. É, porque o curso era de três horas. (S-UA-D5)

Uma eu posso usar como exemplo aquilo que foi na minha aula prática, na graduação, porque o modelo que foi feito na época, eu utilizaria algumas aulas anteriores em que iam entregar roteiros para os alunos e mostrar o que eles têm que fazer, que tipo de resultado esperar e como interpretar. E depois é, foi até interessante porque foi o meu estágio em docência do mestrado. Eu apliquei a prova dessa mesma disciplina também, então entregava, eles já tinham acesso ao roteiro, e aí eles tinham a tarefa de fazer uma análise conformacional por uma molécula diferente do que foi. Então eles tinham que fazer aquele procedimento, né? Detectar usando os torçionais, medir algumas distâncias etc e tinha que entregar os resultados para a gente. Essa é uma forma que é que poderia ser feita, tá? (S-UA-D2)

Se é uma atividade do uso da simulação, eu acho que é importante que o aluno tenha a liberdade de fazer as tentativas, mesmo que ele tenha um roteiro então, por exemplo, naquela programação que eu fiz com as meninas de IC a gente tinha um roteiro para o aluno seguir na simulação, para ele conhecer e ir conhecendo as potencialidades e ao mesmo tempo, algumas coisas que a gente precisava que ele fizesse. (S-UA-D7)

O docente D4 não se autodefine como um usuário de SC, embora empregue a ferramenta de maneira demonstrativa para explorar conceitos abstratos. Os docentes D4, D5 e D7 não desenvolvem SC utilizando *softwares*, indicando que seus domínios podem se concentrar mais em aplicações de abordagens pedagógicas conceituais e elementos visuais auxiliares, do que na finalidade de desenvolvedor.

Não, eu nunca rodei um cálculo, tanto que é coisa assim que eu geralmente pergunto “Quanto que é o custo computacional?” [...] quando eu estou em uma banca teórica [...]

porque a primeira vez que eu vi rodando um cálculo, foi quando eu estava na Itália (S-UA-D4)

A docente D6 não aparece nas análises, isso se deve ao fato de que, segundo ela, não conhece ou utiliza as SC, expressando uma preferência pelo uso de vídeos, fundamentando sua escolha na ideia de que as situações gravadas ocorrem de fato no mundo natural e são executadas por seres humanos.

Simulador... não, na química não. Deixa eu ver, acho que não. [...] Eu acho que não precisei. [...] Não mostraram, falando assim, “olha, [...]senta comigo para você olhar que legal.” Não. Não tive essa oportunidade. [...] Se eu tivesse uma oportunidade para utilizar, ou a necessidade de utilizar, com certeza eu iria atrás. [...]Se eu precisasse, tivesse a necessidade, com certeza. (S-UA-D6)

A docente, ao descrever as SC para a química procurou definir como um *software* que demonstra procedimentos, revelando que, apesar de não utilizar SC no momento, por se interessar pelas TDIC acredita que se houvesse a oportunidade ou necessidade de explorar as ferramentas digitais procuraria assim fazer. Essa posição destaca o valor agregado ao contexto prático e humano em suas preferências pedagógicas, ao mesmo tempo em que deixa claro seu potencial interesse em adotar ferramentas digitais, como os SC, é notório uma concepção de que a prática de ensino mediadas pela tecnologia possuem um limite, ou seja, a reprodução pelo humano é considerada mais fidedigna e, por consequência, mais real acarretando uma melhor explicitação de informações procedimentais.

Este tópico essencialmente se dedicou à análise das diversas possibilidades de aplicação da SC, se aprofundando em questões dos possíveis usos sendo relatados o contexto didático e o contexto da pesquisa científica. Em relação a aplicação no âmbito didático, as funções empregadas incluem desde o uso da SC pelos docentes de forma demonstrativa ou uso pelos discentes em atividade de abordagem investigativa ou em atividades avaliativas em que nos dois casos ocorram de maneira roteirizada. Os entendimentos sobre a SC podem ser aplicados tanto no contexto educacional, como conteúdo de disciplinas que estabelecem conceitos importantes no curso de licenciatura em química, quanto em ambientes voltados para a pesquisa científica de química, ampliando a definição do SC segundo seus contextos de aplicação. A SC, para esses profissionais, é percebida como uma ferramenta que desempenha um papel na representação e compreensão de conceitos químicos principalmente os abstratos e, para alguns, a ferramenta pode ser utilizada na capacidade de estimular a proposição de hipóteses.

Através de ferramentas deste tipo [...], os alunos podem descrever relações entre conceitos, aplicar os modelos construídos e comparar os resultados obtidos com o conhecimento que é aceito pela comunidade científica ou com experimentos laboratoriais. Este procedimento de confrontação permite ao educando perceber seus enganos, fazer uma reflexão crítica sobre o modelo criado e operacionalizar as mudanças necessárias, fazendo a transposição dos seus

conceitos intuitivos para concepções mais sistematizadas, rumo a um conhecimento mais axiomático (RIBEIRO; GRECA, 2002, p.544)

Quanto ao contexto da pesquisa científica às funções da SC se desdobram no desenvolvimento de produtos visuais, fundamentados por hipóteses e parâmetros experimentais, que podem colaborar com as pesquisas realizadas em laboratórios práticos. Percebe-se uma relação da aplicabilidade da SC na pesquisa científica com a definição dada por Perez (2001) em que os conceitos e teorias são idealizados visando seu confronto com os dados experimentais ocasionado na definição de um rigor aos instrumentos.

precisamente essa exigência de aplicabilidade, de um funcionamento correto para descrever fenômenos, realizar previsões, abordar e estabelecer novos problemas etc., que confere crescente validade (não certeza ou caráter de verdade inquestionável) aos conceitos e teorias. Estas são, pois, fundamentadamente criadas e mesmo, muitas vezes, construídas criativamente para serem objeto de questionamento, se submeterem ao confronto com o real (PEREZ, 2001, p.137)

Assim, as construções da SC são situações propiciadas por idealizações, hipóteses, questionamentos e, neste cenário, se submetem ao confronto com dados experimentais denotando a SC um caráter de ferramenta digital, sendo classificada como recurso complementar para fundamentar o constructo teórico da ciência. Como visto, é necessidade certo domínio para que os docentes realizem pesquisas com *softwares* de autoria¹. Ainda, a SC tem grande importância no auxílio de definições e procedimentos realizados por pesquisadores, podendo minimizar as possibilidades de rotas sintéticas existentes, auxiliando na proposta de hipóteses e na otimização de processos. O tópico abordou a versatilidade do uso da SC pelos docentes, apresentando o emprego em cenários educacionais e científicos, além disso, evidenciou as funções descritivas desse recurso, ressaltados pela capacidade de incorporar e variar parâmetros ao modelo investigado ou estudado, essas abordagens se aplicam tanto aos estudantes quanto aos pesquisadores na área de química, pois contribui para a compreensão de conceitos desse campo. Essa compreensão dos docentes ressalta a possibilidade do uso da SC no contexto do ensino de química, destacando-a como uma ferramenta que pode auxiliar aos alunos uma compreensão mais detalhada e representativa dos fenômenos, processos e entidades da química.

4.2.3 Critérios de escolha docente no uso de Simulações Computacionais

Este tópico buscou explorar quais critérios os docentes consideraram ao escolher SC, destacando fatores que contribuem na escolha ou que podem ser obstáculos. Foram destacados critérios de acessibilidade, disponibilidade de recursos, facilidade de integração ou suporte técnico e alinhamento com os objetivos educacionais ou de investigação desempenhando papel significativo nas decisões dos docentes. Os docentes entrevistados elencaram diversas contribuições do uso de SC no contexto educacional, entre elas estão: auxiliar na compreensão de conceitos abstratos; complementar explicações teóricas e experimentais; auxiliar na elaboração representacional de modelos pelo discente e tornar as aulas mais atraentes; criar representações para uso em disciplinas; acessar informações que não são possíveis em modelos concretos; automatizar correções de atividades, entre outras. Estas e outras contribuições dos SC estão descritas abaixo no Quadro 11.

Quadro 11 - Contribuições da SC no contexto didático de química

CONTRIBUIÇÕES	DOCENTES
A instituição promotora das SC é confiável	D3, D7
A SC possui interface gráfica intuitiva	D2, D4, D7
A SC está na língua nativa do usuário	D2, D3, D7
A SC auxilia na compreensão de conceitos científicos, principalmente os abstratos	D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7
A SC desempenha papel elucidativo e complementa explicações teóricas e experimentais	D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7
Os parâmetros podem ser manipulados pelo usuário	D2, D3, D7
A SC acessa informações que não são possíveis em modelos concretos	D1, D5
A SC auxilia discentes a elaborar seus modelos	D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7
A SC torna as aulas mais atraentes	D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7
A SC auxilia o usuário caso apresente informações básicas e esteja condizente com a teoria, apresentando respaldo na literatura	D1, D2, D3, D4, D5 e D7
A SC automatiza a correção de atividades	D5
A SC é gratuita, sendo de livre acesso	D2, D3, D4 e D5

Fonte: Dados da pesquisa

O detalhamento da interface gráfica, incluindo representações químicas e informações sobre energias de ativação em reações químicas, foram ressaltadas como características que contribuem para uma compreensão mais aprofundada e contextualizada dos fenômenos. Segundo o docente D5, a construção deve se basear num aporte teórico buscando ser fiel com os conceitos trabalhados. A presença de uma interface gráfica intuitiva, preferencialmente na

língua nativa do usuário é vital para facilitar a utilização da SC, principalmente para os discentes proporcionando a proatividade, tutoriais claros e acessíveis também são essenciais para orientar os usuários. Entretanto, segundo o docente D2, nem sempre os tutoriais auxiliam e, em alguns casos, eles nem existem.

Interessante, eu acho que de modo geral, uma boa característica é você ter uma interface gráfica de usuário amigável. Tá? Quanto mais amigável, quanto mais intuitiva foi essa interface gráfica, mais fácil, porque fica mais fácil de você, inclusive passar para o para o próprio aluno sentar, botar a mão na massa, por exemplo. (S-CR-D2)

Agora, um tutorial claro é outra questão fundamental, né? Os tutoriais é, obviamente, eles são materiais técnicos, então ele tem que ter e tem que descrever exatamente como aparece. Mas é importante que ele seja escrito de uma forma tal que ele não complique tanto, que ele torne a ferramenta acessível e nem sempre, não são todos os programas que têm isso. (S-CR-D2)

É tutoriais que são extremamente difíceis de utilizar, tá? A gente utiliza aqui, por exemplo, programas que fazem simulação de dinâmica molecular, o que eu estou trabalhando inclusive nesse momento, para poder fazer um POP, Procedimento Operacional Padrão, para os meus alunos poderem fazer com mais autonomia. Então assim, a dificuldade que eu tenho exatamente essa, eu tenho que sentar, tem que pegar o programa, fui botar para funcionar, digitar, testar, traduzir isso, né? Para uma linguagem que fique da forma de um manual. (S-CR-D2)

É, eu acho que ele é fácil de utilizar, ele já tem experimentos traduzidos para o português, então isso é um critério, porque muitas vezes eu tinha uns vídeos interessantes em inglês. Né? E aí, eu sei que não é simulação, né? Mas, nos vídeos [...] eu passava o vídeo sem som, [...] colocava gravação de tela e aí passava um vídeo que eu só conseguia ele em inglês, eu ia eu mesma narrava, né? Então eu consegui ter umas aulas bem bacaninhas assim que eu intermediava com isso, essa gravação, aí eu explicava as equações. Eu fiz um vídeo sobre aquele experimento de Millikan (...), eu introduzo, aí eu mostro experimento com a minha narração, ele está no mudo e eu faço a narração de todo o experimento e aí depois eu discuto as equações de como coloca aquela questão das forças de arraste, né? Força elétrica, para discutir o experimento de Millikan, tá? Então, eu produzi... então, um aluno pode ver aquilo de forma independente depois(S-CR-D7)

A confiança nas instituições que desenvolvem as plataformas e softwares de SC foi citada pelas docentes D3 e D7, segundo elas a escolha de uma instituição ou equipe confiável é crucial para garantir a qualidade e confiabilidade das SC.

É bom, primeiro se tem uma descrição razoável de referências que foram utilizadas para construir aquela simulação, né? Então, por exemplo, é se, se a instituição é uma instituição que já faz simulações a bastante tempo e que algumas delas são confiáveis e que, quando você como docente, né, varia algumas variáveis e parâmetros. Você percebe que os resultados são coerentes com que a literatura técnica indica então, ou seja, que não vai gerar confusão, né? (S-CR-D3)

Como citado pela docente D3, o respaldo na literatura e coerência das SC com dados experimentais são importantes, isso reforça o que foi abordado sobre as SC no ambiente de pesquisa em que a maioria dos docentes enfatizou a importância da SC incorporarem parâmetros com base em dados obtidos na prática experimental alinhados com a literatura. Todos os docentes citaram esta relação como importante, para eles, o experimento realizado

nos laboratórios experimentais, combinado aos dados teóricos representa um estágio preliminar essencial para a aplicação da SC, que então desempenha um papel complementar e elucidativo.

Então você quer basicamente, né? Pegar um fenômeno que está acontecendo na realidade e vai observar se você consegue reproduzir o acontecimento dele simulando. (S-DS-D2)

a questão da simulação, eu acho que ela vai ajudar muito mais ao aluno compreender, ajudá-lo nessa conversa com o teórico, tá? Então você vai lá faz uma simulação do experimento, conversa com ideias preconcebidas que você tem ou com alguma teoria que você aprendeu, e aí você consegue ver ali se você está correto ou não, meio verificacionista, né? Ou você pode usar até para levantar questões. Então, do ponto de vista de colaborar com o aprendizado teórico, acho que a simulação cumpriu muito bem, cumpre muito bem. (S-DS-D7)

Eu acho que quem não pode faltar neles é o estado mínimo de energia, né? Porque a gente precisa trabalhar com as moléculas nesse estado. Eu acho que não pode faltar nesses simuladores é uma... vamos dizer assim, é um é um suporte básico da teoria, em que aspecto né? Por exemplo, quando eu falo que o iodo é maior que o flúor, né? Se esse simulador conseguir reproduzir uma um átomo maior que o flúor, ou seja, visualmente falando, eu acho que ficaria uma coisa mais interessante assim de eu acho assim, é alguma coisa mínima, né? Acho que tem que ter ali de fidelidade né? Com a com a parte que você está vendo da teórica, né? Pro aluno se sentir em casa, pro aluno começar... E eu acho assim, que já que a gente tá falando disso, né? (S-CR-D5)

Se eu pensar em simetria de moléculas, no simulador não vai poder faltar, por exemplo, a estrutura otimizada. Se eu pensar em reações químicas, eu tenho que saber, eu tenho que ter uma opção, uma ferramenta ali em que eu consiga escrever a equação química. Então, basicamente, é isso. Acho que para cada conteúdo eu teria que te falar alguma coisa assim que eu acho né? Mas acho que a informação principal que eu veria, numa simulação, é você ter... para todos os softwares, teria que ter a condição de você identificar os elementos químicos. Para qualquer software, aí, no caso. Para simetria, você precisa... uma molécula de água, você precisa identificar o que tem. Ela precisa entender o que são hidrogênio e oxigênio. Para uma reação química você tem que ter os elementos ali, né? Acho que cada software teria que ter, por exemplo, uma tabela periódica que você clicasse, selecionasse o elemento e tivesse características do elemento, por exemplo, propriedades. (S-CR-D4)

É perceptível que o docente D4 buscou pontuar características que seriam interessantes a disciplina que leciona, visto que conceitos de simetria são abordados principalmente pela Química Inorgânica na Graduação, além de também apontar a necessidade de haver coerência com a teoria ao apontar as propriedades, incluindo elementos básicos. Nesta função de auxiliar o docente a promover suas prática o maior interesse das animações e simulações, “não é o de substituir a experiência, nem o de tomar o lugar da realidade, mas sim o de permitir a formulação e a exploração rápida de grande quantidade de hipóteses” (LEVY, 1999, p.166 apud LOPES; CHAVES, 2018, p. 138), assim o recurso digital possibilita ampliar a abordagem de conceitos, pois destaca a SC como uma ferramenta que não substitui mas aprimora e esclarece a compreensão derivada de experimentos do LDE, promovendo uma integração entre abordagens teóricas e práticas.

Todos os docentes concordam que as SC atuam auxiliando em explicações teórica e experimentais, essas representações, segundo todos os docentes, tornam as aulas mais atraentes e favorecem a elaboração representacional de modelos pelos discentes. Quanto aos conceitos

da química, todos os docentes destacam a contribuição de compreender, especialmente entidades abstratas e posteriormente, contribui para a assimilação de conceitos microscópicos com os macroscópicos. Dias e colaboradores (2020) discutem sobre a linguagem da química abordar diferentes níveis representacionais, o que pode dificultar o aprendizado por parte de alguns discentes e, com o estabelecimento de outras estratégias pelo professor com uso de modelos pode ser um auxílio as explicações.

Uma vez que a química é uma ciência que muitas vezes constrói seus conceitos científicos em cima de uma perspectiva abstrata, norteados diferentes níveis de descrição da matéria, gerando com isso grandes dificuldades de compreensão dos conceitos químicos, assim a utilização dos modelos e analogias como um auxílio para a explicação desses conceitos, tem se tornado um importante recurso didático. Pois a forma como o professor vai mediar a construção do conhecimento com os estudantes, tem se constituído um dos principais fatores para se estabelecerem os avanços de novas estratégias no processo de ensino e aprendizagem da química. (DIAS et al, 2020, p. 74161)

Dentre as colaborações os docentes exemplificaram possibilidades em que o discente manipule parâmetros físicos, de temperatura e pressão, realizando análises de conceitos submicroscópicos como o tamanho de ligações químicas e ângulos moleculares.

Então, uma simulação, [...] eu uso lá para os estados físicos, né? Ajuda o aluno, por exemplo, por mais [...] que ele compreenda que a temperatura zero é um limite teórico termodinamicamente, você teria uma morte térmica do material. Então o material tem sempre as suas partículas vibrando que ele sempre está a uma dada temperatura que é diferente do zero absoluto. Quando ele realmente visualiza naquele modelinho, lá no simulador as partículas do sólido continuam vibrando aquilo ajuda a reforçar todo esse discurso porque a grande diferença da química moderna é que ela virou uma química discursiva, né? Você tem todo um discurso sobre as partículas que constituem a matéria, né? Então você sai de toda uma parte empírica anterior, né, a química moderna para essa parte discursiva acho que foi uma das grandes mudanças que a química teve é você passar a ter realmente essa parte, né? É discursiva em que você é, modela, tá. E [...] a partir dessa modelagem, você trabalha com os fenômenos e com as explicações teóricas. (S-CR-D7)

[...] a gente tinha questões que a gente pedia para eles, “E agora?” Né? “Tente, alguma coisa varie os parâmetros e tente anotar, como é que funciona?” Então a gente fala, “varia a pressão, varia a temperatura, né, varia o volume do sistema, use tais e veja e anote, então faça por você mesmo”. Ai a gente dava essa liberdade, né? Mas depois de mostrar pra eles as funcionalidades e o que que era o quê, porque senão também ficou uma coisa muito sem orientação, né? Então se eu tivesse utilizado simulação em outras situações que não foi. Né? (S-CR-D7)

É, prefiro sempre simulações que podem, que o aluno pode variar os parâmetros depois sozinho e por ele mesmo, né? É entender os diferentes resultados que não seja só uma coisa demonstrativa. (S-CR-D3)

Um ponto apresentado por D5 se refere a questionamentos que os discentes podem realizar, por exemplo, como a construção do *software* possibilita *feedbacks* de informações tão precisas? Este apontamento revela a necessidade dos docentes trabalharem, inicialmente, o conceito de modelos, as possibilidades e limites das ferramentas computacionais e utilizarem outros recursos além das SC.

Quando a gente fala na aula que é o comprimento da ligação é X, é importante que o aluno veja que na hora que ele desenha, aí o aluno não se pergunta, “ah, como é que o computador sabe que o comprimento é esse?” , é porque o computador vai minimizar a energia da estrutura, a energia potencial da mistura da substância, computador faz esses cálculos, né? São cálculos robustos, né? E você consegue detectar isto, ou seja, o aluno começa [...] associar aquilo que a gente tá falando, né? Faz todo sentido. (S-CR-D5)

[...]o Mathematica né? Que é um software. [...] por exemplo, quando a gente, (...) faz cálculo I, (...) tem uns exercícios que é pra gente desenhar a função né? [...], se você faz o cálculo do desenho da função e depois vai lá no software e desenha a função e vê que é igual, isso gera um sentimento no aluno de confiança, dele estar assim, tipo, “Ah, eu estou sabendo, eu estou entendendo”, isso é um motivador pro aluno. (S-CR-D5)

O docente, acredita que a relação entre o virtual e o real podem motivar a aprendizagem dos discentes. Em sua analogia, da mesma forma que as funções permitem a construção de gráficos no caderno do discentes, os dados podem ser transpostos para o virtual e, ao haver uma confirmação com o real o discente se sente mais confiante, visto que a associação do seu conhecimento realizada em diferentes ambientes se correspondeu. Essa afirmação reforça a necessidade da compreensão discente de modelos, visto que esse sentimento pode blindar o discente de compreender que o objeto virtual, apesar de corresponder, não é a realidade. Ao se propor o uso da SC no ambiente de ensino é necessário observar a capacidade dos discentes quanto às interpretações dos diversos resultados possíveis pois, as análises dos dados são de competência do usuário.

A simulação computacional permite que o aluno enxergue a molécula, com o máximo de propriedades que às vezes microscopicamente ele não vai enxergar. Macroscopicamente ele sabe, mas microscopicamente facilita essa interação da pessoa com a molécula. (S-CR-D5)

Se é uma química micro, onde você fala em orgânica que você tem que olhar todas aquelas, ligações ou conformações, [...] é micro. [...] Analítica é muito visual, então é macro, é cor.[...] desprendimento de, sei lá, vê se vai [...] formar um precipitado. Então, isso aí, a macro, aí vai depender, né? Então, a pessoa que for usar é tem que pensar nas duas questões, se é micros e se é marco. Ou se for também a história de olhar as coisas em 3D, né? Mostrar assim “Olha só, aqui veja que a molécula não é uma coisa assim, então ela se movimenta.” Então tudo isso tem que estar bem pensado. (S-CR-D6)

Então, ajuda na construção dos modelos deles, né? Então, assim, o que eu vejo é: esse, o poder visualizar algo, ajuda nesse processo de construção do modelo. Eu só acho que não deve começar por lá, eu acho que você deve, na minha concepção, pelo que eu tenho trabalhado, [...] eu gosto que os alunos, primeiro, proponham um modelo, discutam e aí eles vão no simulador para ajudar a reconstruir, entendeu? E não, do simulador, como se fosse uma cópia, né? Então, já pensaram antes já discutir o movimento de partículas, discutiram porque o cheiro chega nos lugares mais diversos, não seja essa questão de a partir que eu tenho movimento intrínseco, que existe espaço vazio entre elas tudo está sendo discutido, isso vai sendo reforçado pelo uso do simulador. Tá? (S-CR-D7)

Ferreira (2022) atenta que o uso da TDIC pode ser um apoio ao aprendizado de conteúdos abstratos e que exigem uma habilidade espacial do discente, entretanto quando se trata de experiências que envolvem manipulação ainda são um desafio as TDIC existentes.

A interação humano-computador, incluindo instrução assistida por tecnologia, está começando a se concentrar na tecnologia de realidade virtual (VR) devido à sua capacidade

de apoiar o aprendizado imersivo, o ensino por meio de simulação e a *gamificação* do aprendizado. Esses sistemas podem oferecer experiências de aprendizado multissensorial de alto nível que são importantes no ensino de muitas disciplinas, especialmente aquelas que envolvem conceitos abstratos ou que exigem habilidades espaciais, como química orgânica. As experiências táteis com VR, no entanto, continuam sendo um desafio. (FERREIRA, 2022, p.12424)

Por trabalhar com conceitos abstratos, o simulador computacional pode auxiliar na construção de modelos mentais, mas que seu uso não garante que haja a compreensão dos conceitos em níveis diferentes, assim é necessário que o docente pontue as limitações da ferramenta.

Através deste tipo de programa, o aluno é capaz de visualizar eventos que acontecem a nível microscópico para construir posteriormente um modelo mental do fenômeno e, a partir deste, fazer previsões. O uso de simulações, porém, não garante por si só a compreensão conceitual destes diferentes fenômenos microscópicos e de sua conseqüente manifestação a nível macroscópico. (RIBEIRO; GRECA, 2002, p. 544)

Além disso, as simulações possibilitam o acesso a informações que não são transmitidas em modelos concretos, permitindo a exploração de cenários e fenômenos que, de outra forma, seriam inacessíveis. Em alguns casos, os modelos concretos podem levar o discente a realizar interpretações equivocadas pois a representação não consegue abranger alguns conceitos próprios das moléculas como o movimento, assim, o uso de modelos em vídeo ou imagens pode ampliar o conhecimento conceitual discente auxiliando o discente a compreender diferentes modelos e suas diferentes formas de representações.

Quando a gente fala, [...] que num anel benzênico todas as ligações têm o mesmo comprimento, você propunha isso, você pedia para os alunos desenharem o anel benzênico no ChemSketch, e o próprio ChemSketch ia dando pra você o comprimento das ligações, e o aluno conseguia observar que todos os comprimentos eram iguais, e um comprimento intermediário entre uma ligação simples e uma ligação dupla, o que, através do modelinho, o modelinho usual que a gente tem, a gente não tinha essa informação. Ele conseguia enxergar o anel benzênico, mas esse comprimento, esse ângulo, a gente só conseguia enxergar através do programa. (S-CR-D5)

eu destaco mais a questão da dinamicidade, eu falei “Olha! Seus alunos, você vai desenhar lá as moléculas, mas elas vão ficar paradas. Que tipo de imagem pode gerar nos alunos? Ah! Então que os átomos estão lá paradinhos e tal, sem se movimentar” e a simulação pode contemplar isso. (...) Sei que simuladores envolvem uma questão de interatividade, e quanto melhor isso é desenvolvido no simulador melhor ele é para cumprir essas ações. (S-CR-D1)

Segundo Roque e Silva (2008) somente após a homogeneização dos pesos atômicos e a determinação das fórmulas moleculares é que a linguagem química e a representação de compostos orgânicos se tornaram coerentes, as estruturas químicas passaram a ser integradas por átomos na forma de letras e as ligações químicas por traços e as estruturas cíclicas, a exemplo do benzeno propostas por Kekulé, passaram a ser representadas por poliedros.

Ainda em 1865 A. W. Hoffmann apresentou, em uma conferência, modelos moleculares confeccionados com bolas e varas de madeira, salientando a importância do conhecimento da estrutura molecular. Naquele momento, o grande desafio era a determinação da

constituição da molécula, ou seja, a determinação do número de átomos dos elementos presentes e a conectividade entre eles. Assim os modelos moleculares eram rígidos e representados em duas dimensões. O desafio da terceira dimensão das moléculas só surge após a descoberta de Pasteur do desvio do plano da luz polarizada provocado pelos ácidos tartáricos, aliada à forma tetraédrica proposta para o átomo de carbono por van't Hoff e Le Bell. A partir daí tornou-se necessário imaginar e representar as moléculas em três dimensões. (ROQUE; SILVA, 2008, p.922)

A tarefa de representar as moléculas em três dimensões exigiu dos químicos a proposta de adaptações, pois agora não era mais possível representar os modelos moleculares com bolas e varetas como se estivessem apenas em um plano, isto foi resolvido ao agregar o uso de molas para representar esta terceira dimensão (ROQUE; SILVA, 2008).

A gente consegue mostrar para os alunos visualmente conceitos que na disciplina tem assim, um pouco abstratos. Por exemplo, você imaginar uma ligação covalente quando ela absorve energia no ultravioleta, é no infravermelho, ela se comporta como se fosse uma mola, tá? Prendendo duas esferas, então assim você imaginar isso sem você ver uma molécula que mostra os dois átomos se deslocando no espaço é bem mais difícil, então eu posso utilizar dessa forma. (S-CR-D2)

É muito melhor para aquele aluno que tem dificuldade de enxergar, por exemplo, simetria, né? Quando você vai falar de estereoquímica, se você pede para o aluno desenhar lá, coloca no 3D, ele consegue enxergar. Se você gira a molécula, [...] “Ah, essa molécula aqui não vai sofrer esse ataque porque tem um impedimento espacial”. O que é um impedimento espacial? [...] Lá no software você vai desenhar e vai ver que um impedimento espacial mesmo é volumoso aquilo lá. Entendeu? (S-CR-D5)

Bom, eu uso assim, quando eu vou dar [...] a aula por slides [...], por exemplo, na Orgânica III [...], eu utilizo as ferramentas de desenho de moléculas porque você consegue destacar orbitais, [...] ou alguma molécula 3D [...], Mas de certa forma eu uso nos meus slides, colocando alguma estrutura em 3D, destacando alguma estrutura, desenhando algum orbital que às vezes fica difícil do aluno não visualizar. Isso tudo a gente faz. Mas o aluno mesmo ter o contato, não, ele vê no slide só (S-CR-D5)

A problemática da representação das estruturas químicas tridimensionais não se restringe a sua representação espacial, visto que é necessária sua representação no plano, como, por exemplo em um papel.

Foi Emil Fischer quem estabeleceu a primeira maneira de representar a configuração dos carboidratos. A representação possui uma série de pré-requisitos: a molécula deve estar na conformação eclipsada, com a cadeia carbônica principal dirigida para baixo e o observador visualizando o modelo pela parte de cima, onde se encontram os átomos ligados aos carbonos da cadeia. Nesta representação, cadeia carbônica é representada por um traço vertical e as hidroxilas por traços horizontais, uma representação simples porém que dá total informação a respeito da estrutura molecular. Hoje, na projeção de Fischer os pré-requisitos são mantidos, porém os átomos ligados à cadeia principal são discriminados, de maneira a ampliar o seu uso para outras classes de compostos. Várias outras projeções de modelos foram surgindo, ainda no século XIX; uso do hexágono e do pentágono para o cicloexano e o ciclopentano, respectivamente, e para representar cadeias abertas, linhas quebradas nas quais os átomos de carbono encontram-se nos vértices, como as usadas hoje. No século XX algumas outras projeções de modelos moleculares foram propostas, como a de Natta para representar polímeros com grandes cadeias carbônicas e a de Newman para o estudo de conformações e de interações entre carbonos vizinhos. (ROQUE; SILVA, 2008, p.922)

Estas estruturas exigem conhecimentos prévios para sua interpretação, assim as representações do modelo molecular propiciaram que entidades invisíveis aos nossos olhos pudessem ser representadas, passando a integrar os interesses de estudo (ROQUE; SILVA,

2008). Por fim, esses modelos hoje, assumem a forma virtual possibilitando que as manipulações apresentem um número maior de descrições, quando comparadas ao uso de representações concretas. A possibilidade de representar os modelos na forma tridimensional com uso de *softwares* próprios para essa finalidade auxiliam não somente os químicos sendo aplicadas a outras áreas.

Hoje, modelos virtuais somam-se aos demais, constituindo uma nova ferramenta no estudo da química. A analogia entre os modelos e as estruturas moleculares facilita o estudo da constituição, da configuração (estrutura tridimensional) e das diferentes conformações, formas que uma molécula pode assumir. (...) Com o aprendizado dessa forma de representação o químico não precisa mais ter o modelo concreto em suas mãos, ele consegue imaginá-lo a partir da fórmula estrutural desenhada. Os modelos moleculares e suas representações são de extrema importância, não só na química, como na bioquímica, no estudo de macromoléculas naturais como as proteínas. Eles constituem uma linguagem específica dos químicos. (ROQUE; SILVA, 2008, p.922)

O docente D5, destacou a possibilidade dos *softwares* serem utilizados na automação de correções de atividades. Para o docente a vantagem em utilizar um sistema baseado nas TDIC é ressaltada pelos aspectos que simplificam a gestão de atividades estão, geralmente, mais atualizados que materiais físicos e o *feedback* para o aluno é imediato. Além disso, cita a gratuidade do *software*, ponto que possibilita maior acesso para os discentes como descrito por D3.

Você consegue dar a nomenclatura. [...] Eu, químico orgânico. Eu acho o assunto de nomenclatura, um porre. Estou sendo sincero com você.[...] se você tem um software gratuito que te dá o nome de uma molécula, sabe? Pra quê que eu vou ficar perdendo tempo ensinando aluno decoreba de nomenclatura? Regra de decoreba. Não faz sentido nenhum. [...] (S-CR-D5)

[...] Ah! Que têm acesso gratuito também, né? Porque é com esse objetivo dos alunos poderem mexer, né?(S-CR-D3)

eu posso dar uma prova pros alunos de nomenclatura no computador. Os alunos podem desenhar a molécula, né? Ou seja, eu tô trabalhando com eles a questão do desenho da molécula, [...] quantas ligações π ... [...] se você coloca uma ligação π numa geometria errada, o próprio software vai te falar "ó, tem um erro aqui". É igual o Word, quando você digita uma palavra errada, não fica vermelho? Lá também tem que acontecer isso. (S-CR-D5)

Roque e Silva (2008) discutem a questão da memorização apresentada pelo docente D5 na Química Orgânica, segundo os autores esta prática é prejudicial visto que as representações perdem seu significado, ou seja, a ponte entre o símbolo e seu significado é desfeita permanecendo um código descontextualizado.

O aluno associa a molécula do benzeno, por exemplo, a um hexágono com uma bolinha dentro. Esta situação torna o estudo da química orgânica uma memorização de nomes e símbolos que, sem os devidos esclarecimentos, nada têm a ver com a realidade microscópica que eles representam. Da linguagem da química, aprende-se, quando muito, apenas os nomes das coisas, sem maior significado (ROQUE E SILVA, 2008, p. 923)

Assim, o uso da SC associando a temática de estudos de nomenclatura com o desenho molecular, possibilita que o discente intercale o uso de seu conhecimento prévio na ação de desenhar a molécula com o máximo de informações requeridas pelo *software*. Além disso, há a possibilidade de rever conceitos e, como o *feedback* é imediato questões podem ser discutidas no ambiente sem que o professor precise corrigir a atividade antes para somente depois oportunizar a possibilidade de discussões, dessa forma este tipo de atividade pode aprofundar os conhecimentos do aluno e ampliar a possibilidade de trocas entre discentes e docente. A importância das discussões em sala de aula é apontada por Gonçalves e Galiazzi (2004).

[...] é importante para que o professor perceba a forma de pensar do aluno e a ação do professor pode ser conduzida por meio de um questionamento oral sustentado no diálogo ou outros instrumentos que sistematizem o pensamento do aluno. Quando o professor organiza a sala de aula de modo a favorecer a explicitação do conhecimento do grupo por meio do questionamento, está contribuindo para que os alunos rompam com a visão dogmática de ciência. A partir do momento em que o professor deixa de demonstrar conhecimentos “verdadeiros”, e passa a questionar e a problematizar o conhecimento que é explicitado, favorece a aprendizagem. Sabendo que a ciência avança com a indagação, que o conhecimento é favorecido pelos questionamentos argumenta-se que o ensino de Ciências precisa ser entendido de maneira semelhante.(GONÇALVES; GALIAZZI, 2004, p. 328)

Por fim, as SC possuem diversas possibilidades de uso contribuindo com o ensino de química, segundo todos os docentes as SC se revelam como uma ferramenta atraente para os discentes, podendo destacar informações consideradas relevantes auxiliando na compreensão dos conceitos, além de poder receber constantes atualizações.

Desenhar as moléculas no computador, (...) ela é muito mais visualmente atraente, então isso inclusive ajuda nas aulas, né? Porque quando você desenha molécula nos programas de desenho, né? Que você consegue destacar por cores, por exemplo, alguns grupos específicos, os seus slides, por exemplo, ficam muito mais visuais, e aqueles alunos que trabalham com aquela questão sensorial são beneficiados (S-CR-D5)

Mapa de potencial eletrostático né? Quando você fala assim, “Olha, tem uma densidade de carga negativa aqui”. O aluno falou assim “Ham?” Quando você faz o mapa de potencial eletrostático e tem uma legenda de cores né? Quando ele fala assim que o vermelho é o negativo, e o azul é o positivo ele enxerga [...] onde que estão os sítios negativos. Isso tudo é muito mais prazeroso e [...] vantajoso, é uma ferramenta muito boa pro professor. Né? Então, às vezes você vai gastar lá horas ensinando pro aluno a nomenclatura, bota o aluno no computador. “Ó, gente, vocês já sabem desenhar, né? Então, vamos desenhar aqui.” Desenha e dá o nome, sabe? “Ah, o nome está aí, esse nome confere?” Né? E por aí vai. Então, ou seja, isso depende muito também da criatividade do professor. (S-CR-D5)

[...] o próprio aluno vai construindo, sabe?[...] é uma coisa muito mais prazerosa até pro aluno você ir lá, desenha uma molécula no computador e dá o nome, e o software já está atualizado com a nomenclatura IUPAC, inclusive mais atualizado que às vezes o próprio livro,[...] que a biblioteca tem aqui está desatualizado em termos de nomenclatura.(S-CR-D5)

Disto isso, os docentes, no próximo tópico apontaram as limitações das SC, para a aplicação didática. A implementação de SC no contexto educacional, apesar de suas vantagens, enfrenta diversos obstáculos que podem comprometer sua eficácia e aceitação não dependendo

isoladamente do conteúdo, do docente, do *software* ou dos discentes, mas de um conjunto que associa esses à disponibilidade e o acesso às TDIC, no caso do Ensino Superior, a sua inserção depende de ações de políticas públicas. Alguns obstáculos apontados pelos docentes foram: nem sempre existem SC sobre o conteúdo trabalhado; disponibilizar condições de uso; a necessidade da compreensão dos limites dos modelos, estando suscetíveis a falhas; o tempo disponível em aula; o desconhecimento de plataformas, entre outros.

Quadro 12 - Obstáculos da SC no contexto didático de química

OBSTÁCULOS	DOCENTES
O desenvolvimento de SC necessita de alto investimento financeiro	D4
O desenvolvimento de SC requer conhecimento da linguagem de programação e de conteúdo específico	D2, D4, D7
A SC pode induzir interpretações equivocadas devido sua construção gráfica	D1, D3, D5, D7
Pouco tempo de aula disponível	D2
O desenvolvimento de SC pode ser demorado devido a cálculos densos	D2
Para seu uso, é necessário certo domínio do usuário podendo gerar falta de segurança	D3, D4, D5, D6
Conhecer poucas ou nenhuma plataforma com SC já desenvolvidas	D1, D4, D6, D7
Falta de suporte e atualização do <i>software</i>	D2, D7
Para o bom uso da SC como recurso didático, exige planejamento	D1, D5, D7
Reconhece a SC como algo distante da realidade, preferindo o uso de vídeos	D6
O discente pode confundir modelos gerados com objetos reais	D1, D2, D5
No desenvolvimento do método experimental, a SC não desenvolve saberes próprios de LDE, principalmente os procedimentais	D1, D2, D3, D4, D5, D6 e, D7
A SC atribui ao usuário a posição de expectador, não configurando experimentação	D1, D4, D6
Para a formar profissionais de química no ensino superior, a SC não substitui as aulas práticas	D1, D2, D3, D4, D5, D6 e, D7

Fonte: Dados da pesquisa

Compreender que as representações propostas pela SC não são a realidade e que partem de um modelo foi abordado durante a entrevista por cinco docentes (D1, D2, D3, D6 e D7) que salientaram a importância dos estudantes desenvolverem uma compreensão sólida do conceito de modelo, havendo o estabelecimento de uma compreensão que trata do objeto real e do objeto conceitual.

[...] a simulação é o modelo do objeto, que cumpre certas características daquele objeto, que ela quer representar, que ela toma o lugar. Claro, também não é o próprio objeto, [...] mas cumpre representar outras coisas que a outros não são possíveis, mas é muito mais como complemento (S-DS-D1)

[...] eu uso, por exemplo, é... resultados provenientes de simulação com base teórica sofisticado, tipo resultados de cálculos computacionais baseados em mecânica quântica para diferenciar representações em química. Então, por exemplo, “olha isso aqui é uma imagem que foi desenhada. Olha isso aqui é um modelo que representa de fato o fenômeno,

né? ”É para a gente fazer essas diferenças entre representação, o que é uma representação, o que é um modelo, o que que é uma imagem, o que que é um fenômeno que está ali sendo calculado ou apresentado de forma quantitativa por meio de uma simulação. Eu uso os resultados da simulação para fazer essas diferenças. (S-DS-D3)

Essa discussão estabelece que a tecnologia auxilia na construção idealizada, não se tratando da realidade, além disso o processo criado pela SC se concentra em uma parte muito específica de uma situação maior, um exemplo disso é que dada a complexidade de representar estas entidades é necessário o uso de cálculos e computadores avançados.

Primeiro, é que haja um modelo que consegue que consiga descrever. [...] Tem que ser uma coisa que haja como simular. Tá? Como eu falo de modelagem molecular, [...] eu começo trabalhando com os alunos o conceito de modelo. Então o que que é um modelo? É uma representação simplificada de um objeto de um processo, né? De um fenômeno real que você utiliza aquilo para você fazer previsões e tirar é buscar informações novas. Então, dentro desse próprio conceito, né? O que a gente observa, né? (S-DS-D2)

Os docentes por diversas vezes citam o modelo, a definição de modelos é amplamente discutida por pesquisadores e, entram em consenso afirmando que, para a ciência, modelos são produtos e que seu processo fundamenta o desenvolvimento do conhecimento científico (CARTWRIGHT, 1997; GIERE, 1999; MORGAN; MORRISON, 1999; SUÁREZ, 1999 apud JUSTI, 2013). Justi (2013) elenca algumas possibilidades relevantes atribuídas aos modelos na ciência como, por exemplo, favorecer a visualização de entidades abstratas, fundamentar propostas de explicações, realizar inferências, previsões e simulações e, dar suporte ao acréscimo de teorias ou sua elaboração.

[...]eu acho que você deve, na minha concepção, pelo que eu tenho trabalhado, [...] que os alunos, primeiro, proponha um modelo, discutam e aí eles vão no simulador para ajudar a reconstruir, entendeu? E não, do simulador, como se fosse uma cópia, né? Então, já pensaram antes já discutir o movimento de partículas, discutiram por que o cheiro chega nos lugares mais diversos, não seja essa questão de a partir que eu tenho movimento intrínseco, que existe espaço vazio entre elas tudo está sendo discutido, isso vai sendo reforçado pelo uso do simulador. (S-DS-D7)

Com isso, essa ênfase visa capacitar os discentes a distinguirem claramente o objeto representado pela SC da realidade e ressalta-se a importância da temática de ser abordada previamente pelos docentes.

Em uma simulação, o comportamento deve representar o funcionamento do sistema real, segundo as teorias ou modelos que o descrevem, ou seja, são representações de um sistema que a teoria supõe ser real, que possibilitam interações sem as limitações ou perigos que o sistema real possa ter. Neste tipo de “software”, existe um modelo subjacente pré-determinado, construído pelo pesquisador ou professor, ao qual o aluno não tem acesso, o que significa que este não tem condições de questioná-lo, discuti-lo ou modificá-lo (RIBEIRO; GRECA, 2002, p.544)

Essa compreensão prévia é vista como fundamental para a implementação da ferramenta e a interpretação adequada das simulações computacionais. Na necessidade de incorporar uma base conceitual, assim os estudantes não apenas utilizam a SC como uma

ferramenta para a prática, mas também compreendem criticamente a natureza do modelo e sua construção baseada em parâmetros e na relação com os fenômenos químicos que ocorrem na realidade, podendo ser fenômenos induzidos, ou não. Assim, os docentes reforçam a SC com um caráter teórico e que tem uma construção amparada na prática tanto do experimento natural quanto do desenvolvimento das TDIC. Para o docente D2 uma limitação da SC é o tempo disponível nas aulas, o docente acredita que uma possibilidade para uso dos discentes durante as aulas seriam as atividades avaliativas roteirizadas, segundo o docente fez uso de uma estratégia parecida durante seu Estágio Docência no Mestrado, usualmente docentes podem reproduzir práticas da sua formação inicial e/ou continuada, buscando nelas compreensões de como exercer sua função.

Nesse contexto, o tempo que o indivíduo permanece dentro de instituições escolares no papel de estudante e o grande número de interações sociais que estabelece, principalmente com seus professores, proporciona a elaboração de ideias e concepções sobre a docência que se manterão durante a sua formação inicial e poderão permanecer durante o seu exercício profissional (LOPES; JUNIOR, 2014, p.133)

Segundo a maioria dos docentes, antes de pensar no uso da SC é necessário dar condições de uso aos discentes, assim, o docente D5 chama a atenção para a garantia de acesso e condições tecnológicas nas universidades, ou seja, este desafio se configura desde da disponibilidade dos dispositivos a conexão estável com a internet, isso reflete nas universidades de forma que nem sempre dispõem de laboratórios de computação ou quantidade suficiente de computadores e *notebooks* para os discentes.

Se eu tivesse que preparar uma aula, [...] Eu acho que tá muito relacionada a entender como é que esses simuladores funcionam, [...], que se relacionam ao ensinar química e, [...] seria essencial desenvolver, por exemplo, com computadores, com levar notebooks (S-CR-D1)

Eu acho que o acesso é o mais importante, né. Então não adianta a gente falar, por exemplo, “ah, que o software tem que ter um modelo assim, assim assado”, se o acesso está completamente impossível. Então, eu acho que a universidade como um todo, ela tem que propor primeiro mais computadores, ela tem que propor alternativas pros alunos que não possuem a tecnologia de informação. (S-CR-D5)

O acesso aos TIC tem que acontecer, e propor comprar pacotes de softwares, [...]porque não adianta [...] o pacote mais estribado ele não funciona sozinho, né? Ele precisa de um computador, ele precisa de um professor que está lendo o resultado com o aluno, ou seja, é um casamento entre várias partes. Então, eu acho que a primeira coisa que a gente precisa primeiro pensar, as TIC como uma ferramenta de auxílio do conhecimento. E aí você popularizar as TIC é acho que talvez é o início de conversa nossa, é popularizar as TIC. Trazer essas TIC para a universidade, talvez fornecer cursos aos professores, né? Que às vezes o professor às vezes ele tem uma bagagem teórica, mas quando ele vai chegar para partes do computador às vezes ele fica... que às vezes acontece mesmo. Então acho que tá faltando essa visão do macro. Eu acho que antes da gente pensar em falar do software X ou software Y, né? “Ah, esse aqui resolve isso, aqui resolve isso”, a gente tem que pensar no acesso. Vai quantos alunos vão ser atendidos com isso? (S-CR-D5)

Segundo o relato de D5, a TDIC para estar no ambiente universitário dependem não somente de uma infraestrutura com computadores e laboratórios, mas de sua “popularização” segundo o docente isso é realizado diante de formações voltadas para o público docente, pois nem sempre este teve oportunidade de lidar com a ferramenta e a disponibilidade de *softwares*, por exemplo. O docente acredita que a implementação das TDIC para fins didáticos requer atenção a tópicos antecedentes ao seu uso, como a necessidade de dispor de computadores e laboratórios de computação com recursos suficientes para os discentes além da capacitação dos docentes, na finalidade de melhorar o acompanhamento com os discentes e, por fim, complementa que as diferentes aplicações da SC dependerão, principalmente, das propostas e ações do docente visto que a ferramenta está condicionada ao seu planejamento. Ainda sobre o acesso é acrescido a questão dos *softwares* pagos, assim é levantado pelo docente D5 a necessidade de compra e acesso a materiais considerados mais básicos, como modelos moleculares físicos.

Para alguns outros conteúdos fica difícil [...] não tem para versão gratuita e a versão paga é muito cara[...] ontem eu achei um site né? Que fornecia alguns dados de infravermelho para a gente utilizar, no entanto é pago tinha que se associar, né? Então fica inviável (S-CR-D4)

De fato, existe um apoio institucional na verdade porque a gente tem como solicitar para adquirir licenças de programas. Então essa é uma política que tem que ser mantida, tá? Porque basicamente eu tento usar aqui programas que são gratuitos, né? [...] por exemplo, o próprio Gaussian, ou tenho que a utilizar licença da instituição emprestada de outros locais, então essas que eu uso aqui, por exemplo, a licença de colegas da Universidade Federal de Lavras que eu sou membro de um grupo de pesquisa lá. Então eles me autorizaram a utilizar nesse sentido, mas o fundamental é a gente ter acesso a estes programas, e o grande problema é que eles são extremamente caros, tá? Isso é uma coisa assim muito complicada, é o acesso a estes programas. (S-CR-D2)

A gente fala de modelinho, mas falta modelinho né? O ideal era ter o quê? Um modelinho pra cada aluno né? Ou seja, tem uns trinta modelinhos para você poder cada aluno manipular. Falta modelinho, então, uma coisa que é mais básica ainda, que é a TIC, né? [...], popularizar a TIC eu acho que talvez seria o início da conversa. E depois a gente vai vendo as especificidades de software, de programa, de dinheiro, porque às vezes o mais estribado é muito caro, a universidade não tem acesso, mas será que o que é mais barato me dá conta de resolver algumas coisas? Então vamos optar por ele. (S-CR-D5)

Os docentes D2, D4, D5 e D7 relataram durante a entrevista que a disponibilidade de SC nem sempre abrange todos os conteúdos o que pode limitar a aplicação dessas ferramentas, tornando-as indisponíveis para determinados tópicos específicos. Os docentes lecionam tópicos que nem sempre são contemplados por materiais ou recursos didáticos digitais, o que leva o docente a recorrer a materiais específicos como livros didáticos e publicações científicas e sob o conteúdo deste material, elaboram seu material.

eu não tinha simulação para tudo o que eu fazia com eles, né? Então, era uma coisa que eu não encontrava nem encontrava na internet simulação para algumas situações simples que a gente fazia. A gente fazia por imaginação mesmo porque eram tão simples, né, que bastava

imaginar. (S-CR-D7)

eu não usaria quando não tivesse disponibilidade técnica de material para isso. Por exemplo, não tivesse um programa que permitisse fazer uma simulação, tivesse acesso a isso ou o que os que fossem existentes não fossem capaz de descrever o que a gente espera que seja observado. A grosso modo é isso. (S-CR-D2)

Sobre os obstáculos da SC no que tange às representações, é fundamental que os usuários compreendam que os modelos apresentam limites e que estão sujeitos a falhas, não sendo a realidade, mas um objeto que se propõem a representar. Essa necessidade de conscientização é crucial para uma interpretação adequada dos resultados obtidos.

Você tem que buscar saber o software que você precisa usar, o software que você tem disponível. Qual o modelo matemático que pode se adequar melhor naquele sistema que você está buscando estudar. Então podem ser utilizados diferentes modelos de cálculo e ver o que melhor se ajusta para poder entender aquele sistema. E aí nisso tem uma relação com o software, mas aquela relação com o software, no caso, acho que da química não é, por assim dizer. [...] o software faz o que você manda ele fazer, ele pode errar. Se você colocar um comando errado, né? Então aí você precisa também ter a ligação com o conhecimento da sua área para saber se aquilo faz sentido ou não(S-CR-D4)

no caso da química [...] você tem a teoria, a química teórica e a química prática, né? [...] é uma ferramenta que você tem que explorar, tá? Mas tem algumas coisas que só a teórica vai te responder, tem coisas que só a prática vai te responder, porque assim, se você não tem um cuidado na hora de administrar esses conteúdos, o aluno pode achar que só tudo pelo computador ele vai resolver. E não é verdade. O computador, as ferramentas de simulação, elas vêm para auxiliar você, não pra responder tudo, né? E que ela tenha as suas falhas também. Assim como a disciplina experimental também tem a sua falha, né? Então por exemplo, [...] o intermediário é um carbocátion, o aluno só vai enxergar esse intermediário [...] pela química teórica, né? Mas a química teórica não vai dar conta de responder tudo, né? Porque [...] ela vai se aproximar de uma dada situação, mas lá na hora, na prática às vezes pode acontecer uma outra coisa, né? São várias variáveis que estão em jogo. Então, eu acho assim, que as duas ferramentas são muito boas, mas eu acho que você tem que tomar cuidado pra você não cair numa situação que o aluno achar que só uma responde tudo, né? É um casamento entre as duas, né? Eu acho que esse é o mais importante. (S-CR-D5)

Eu falo para eles, “Olha, tá vendo? Esses modelos que a gente tá fazendo aqui tem uma certa característica, se a gente desenhar uma molécula representada no quadro ela vai captar certas informações e apresentar certas informações do seu objeto do que você quer ensinar e, ela tem certas limitações ela não vai conseguir nunca nenhuma representação vai ser o próprio objeto em si então você seleciona de acordo com os objetivos que você tem de ensino”. (S-CR-D1)

Tanto o Docente D1, quanto a Docente D7 levantam a questão da “visualização”, o termo é muito utilizado no emprego de tentar explicitar características observáveis presente na representação. É necessário reforçar a fala do docente D1 neste caso, pois a representação dos fenômenos e entidades químicas não são o objeto real, e mesmo em situações reais, características microscópicas ou de natureza representativa não são observáveis pela ótica humana.

Então eu não gosto muito da palavra visualização, mas ela é muito usada. Então não, ele não vai visualizar o que é porque o que é, a gente só modela, né? Não é uma filmagem, por exemplo, o caso das partículas não é uma filmagem do modelo subatômico. (S-CR-D7)

Eu discuto isso muito bem com o aluno, o modelo é um mediador, um facilitador. Inclusive pergunto para eles “Por que que a gente usa modelos? Qual que é a importância disso?” Eles falam muito a palavra “visualizar”, é claro, o visualizar deles pode ser problemático pois eles podem entender que aquilo é de fato um átomo uma molécula, mas, mesmo assim, a gente pode ver para o outro lado que é uma coisa de mediar e o modelo pode ajudar a gente pensar sobre aquelas coisas que a gente não tem acesso direto (S-CR-D1)

Um outro obstáculo citado se situa na ação docente. O primeiro, se refere quanto a capacitação do docente (D3, D4, D5 e D6) podendo resultar em falta de confiança para utilizar SC, dificultando a integração dessas ferramentas no processo educacional. Parte dos docentes (D1, D4, D6 e D7), relataram a falta de familiaridade com plataformas específicas de SC, o PhetColorado foi um recurso de SC abordado por vários docentes durante a entrevista, sendo, por vezes a única plataforma de conhecimento dos docentes, como no caso de D1 e D7.

Mas também, não conheço outros além do PhET, sei que existem outros, mas assim famosos, que todo mundo conhece são esses.(S-CR-D1)

[Quanto] a escolha do Phet. Primeiro, era o que eu conhecia, tá? Não sou uma grande usuária de simuladores não. [...]era o que eu conhecia, é, ele é traduzido, então, muito daqueles experimentos, né? [...] E aí, como não é uma área afim minha, [...] eu acabo que eu não conheci outros, pelo menos assim de lembrar rapidamente pra te contar aqui, eu já devo ter visto, mas sinceramente, eu não me lembro muito de outros não. (S-CR-D7)

Primeiro que eu não tenho software para fazer as simulações, e eu não tenho conhecimento teórico dessa parte do software também. Né? Algumas coisas que eu vi o pessoal fazendo. “A mas qual é a base que você utilizou?” “MP, alguma coisa” que eu vejo o pessoal falando né? Mas eu teria que basicamente estudar para fazer isso. Mas assim, eu prefiro focar em outras coisas que eu tenho mais conhecimento, que eu tenho mais afinidade. E se tem uma pessoa que tem já esse conhecimento que têm esse Know-how do cálculo teórico eu procuro fazer uma parceria. Eu nunca vou saber tudo. Eu posso até entender o mínimo ali, né? Posso até saber colocar um programa, aí eu faço uma receitinha dos parâmetros que eu uso e vejo se é aquilo. Mas eu não vou ter o mesmo conhecimento para uma pessoa que trabalha há muito tempo com isso, né? Tem conhecimento do que significa todos os parâmetros. (S-CR-D4)

Sempre quando eu mostro um orbital, uma reação ou é, enfim, algum resultado que gera uma imagem representativa daquele fenômeno que é explicado em sala de aula, os alunos me questionam por que algumas disciplinas, especificamente, os professores não fazem isso, né? Então, a minha resposta é que sempre que é eu faço porque eu tenho uma competência técnica construída, prévia, que me permite gerar aquelas imagens, enfim, aqueles vídeos, animações. Mas eu não sei se isso de fato é uma questão para os docentes que não usam uma simulação computacional. [...] Não sei por é não se sentirem confortáveis com a ferramenta é, ou talvez disponibilidade de tempo em aprender a usar para poder usar em sala de aula, né? Não sei, realmente não sei. (S-CR-D3)

Cerutti e Baldo (2020) discutem esta questão, de forma que o docente não é obrigado a dominar todas as ferramentas digitais, e tal tarefa é praticamente impossível visto a agilidade que a TDIC tem em criar e se renovar. A discussão, portanto é que para a ferramenta que se propõem fazer uso, antes de tudo é necessário conhecimento do docente dos seus objetivos de ensino e, depois, propor o caminho que se utilizará para chegar lá.

Tão importante quanto este desejo de ensinar é saber o que irá ensinar e qual o objetivo desse ensino. Ensino e aprendizagem constroem-se juntos e para que isso ocorra, o professor pode utilizar de diversas formas, pois os meios que ele utilizará são desafios aos educandos e as

suas próprias perspectivas.(...)Pensando que a tecnologia é um aparato que necessita manuseio para prover interação, também é necessária suporte de formação para isso, pois os professores não são obrigados a dominar todos os meios de ensino, mas é necessário que haja compreensão do que irá propor(CERUTTI; BALDO,2020, p.16)

Ainda na aplicação da ferramenta pelo docente a gestão do tempo disponível em sala de aula pode ser um desafio (D1, D2 e D5), pois a introdução de SC pode exigir um tempo adicional para planejamento, elaboração de atividades, busca de *softwares* e garantir que os discentes compreendam a aplicação da ferramenta.

A gente tem que levar em consideração o tempo, dia de uso disso em comparação a carga horária da disciplina (S-CR-D2).

Então não dá para fazer no tempo de aula. Existem alguns outros cálculos, por exemplo, que são mais simples, que (...) eu tive na minha graduação, com uma aula prática, por exemplo, de uma análise conformacional, que é uma coisa que a gente consegue fazer facilmente, com métodos rápidos que dá para implementar, (...) na forma de uma aula prática, só que eu não utilizo isso em sala de aula é, mas por falta de oportunidade de eu sentar e pensar, “Ah, eu vou tentar fazer isso aqui um dia, será que dá certo?” Enfim, mas nesse momento o uso ainda é limitado. Mas porque eu não parei para poder tentar ver, ver onde que eu poderia inserir. (S-CR-D2)

Na minha disciplina, (...) volta a questão do tempo. Talvez se eu tivesse mais aulas, poderia ter uma aula só sobre simuladores, mas aí como é metade de uma disciplina dois meses é uma pincelada. (S-CR-D1)

Um obstáculo apontado pela docente D7 é a falta de atualização do *software*. É necessário realizar periodicamente testes iterativos e ajustes para garantir a funcionalidade adequada após o lançamento do software, identificando e corrigindo possíveis erros ou imprecisões, melhorando a performance e incorporando novos conhecimentos ou informações. A SC deve ser desenvolvida considerando as plataformas de uso previstas, como sistemas operacionais específicos, dispositivos móveis ou navegadores *web*, essa atenção evita que o docente que busque utilizar SC encontre incompatibilidade de *software* com sistemas operacionais atuais impedindo o uso.

Ah, tem um também mas está tão antigo a plataforma deles[...] da USP também, mas agora estou lembrando, eu tentei, eu até procurei, mas só que não dá para usar porque ele já não era muito compatível com as máquinas agora, sei lá, dava problema, dava errado. (S-CR-D7)

O docente D4 demonstrou dificuldade quanto à avaliação adequada da eficácia das SC no processo de ensino e aprendizagem, o docente pontua que durante o ERE, com o ensino mediado pelas TDIC já havia uma dificuldade em reconhecer se o discente havia compreendido, o que leva o docente a refletir se a ferramenta digital contribuiu positivamente para os objetivos educacionais.

Mas para avaliar se eles entenderam mesmo nesse conceito, nessa relação com a tecnologia, eu acho bem difícil, porque daí eu tenho que acreditar neles também quando eles me respondem se eles entenderam. Uma coisa que eu percebi esses tempos com essa turma

principalmente é que às vezes eles acham que entenderam, mas eles não entenderam. Eles visualizaram uma outra coisa, aí eu percebo que às vezes eu começo a explicar a eles "Mas, espera aí, não era assim naquele jeito? Ah! Então eu tinha entendido errado." Aí vai ajustando, mas esse processo depende muito dos alunos, né?(S-CR-D4)

Desta forma, a necessidade de planejamento pelo docente definindo objetivos o auxilia em questões metodológica como a avaliação do discente. Assim para o uso efetivo de SC, o planejamento cuidadoso das práticas educacionais evita limitar a capacidade didática da ferramenta, segundo D1, D5 e D7 o uso potencial da ferramenta está diretamente ligado as intenções do docente.

O software sozinho ele está lá parado. Agora, se o professor [...], se ele também não debruça em cima.. por isso que eu falo é um casamento perfeito, não adianta só pensar só no software [...] é tem que promover as duas coisas, porque aí se você tem um professor que também [...] Vai pensando em atividades e [...] ele consegue explorar as potencialidades do software aí é um casamento perfeito. Aí a dinâmica da aula ficou muito mais prazerosa. (S-CR-D5)

Quanto ao uso de outros recursos digitais frente as SC, alguns educadores podem perceber as SC como algo distante da realidade, pois há uma mediação da tecnologia que não há interação concreta nas etapas com um humano. Esta questão foi abordada pelos docentes D1, D4 e D6 quando declaram que as SC não podem substituir as práticas de laboratório se baseando em analogias que faziam referência aos programas de culinária. Cerutti e Baldo (2020), destacam que as potencialidades da tecnologia quando aplicada ao processo de aprendizagem estão nas interações proporcionadas entre o sujeito e o aparato. As interações podem se restringir ou se ampliar em outras interações mediadas com outros sujeitos, publicações, essas interações são responsáveis por trocas que ocorrem tanto dentro, quanto fora no ambiente escolar, assim as tecnologias podem adquirir uma nova interpretação, não simplesmente ferramenta.

A interação pode ocasionar a troca objetivada e, também, a espontânea de conhecimento, na qual, através do diálogo e da própria observação, concretiza-se o aprendizado. As tecnologias aparecem com a interação entre o sujeito e o aparato que proporciona a relação com outros seres, seja por mídias sociais, por publicações e descobertas (...)Acreditando que a educação é essa troca de conhecimentos que objetiva o aprendizado como um todo (humano, cognitivo, social e interpessoal) é que as interações são consideradas ricas pela troca, entre os conhecimentos e habilidades dos sujeitos para com o objeto do conhecimento, que aqui denominamos como o objetivo de associar aprendizados às relações intra e extra escolares (CERUTTI; BALDO, 2020, p.11)

Por fim, na compreensão da docente D6 é preferível o uso de recursos digitais em que há intermédio humano pois implicaria maior veracidade, como o uso de vídeos.

[...] talvez assim, se eu não achar nenhum vídeo também, porque o vídeo é melhor, sabe? Você mostra uma pessoa fazendo. Um vídeo bom! Também é aí sim, talvez seja uma saída, Mas tem uns vídeos muito bem-feitos, é um desenho são bem feitiños por que não utilizar? Não vejo por que não. (S-CR-D6)

Essa declaração dos docentes implica diretamente quanto ao uso de SC quando comparados aos laboratórios didáticos de química. As limitações das SC destacada por todos os docentes foram, principalmente, por não conseguir reproduzir completamente o que classificou como “os saberes próprios de um laboratório” se referindo especialmente aqueles de natureza procedimental.

Assim na Prática de Ensino I os experimentos eles não têm essa função do procedimental. Lá, a simulação, por exemplo, substituiria muito bem. (S-CR-D7)

Mas você está formando o profissional, você não tem como... esse saber fazer do laboratório, ele não tem como ser substituído pela simulação, né? Então você saber medir você, saber dosar, você saber usar uma balança isso não dá para você substituir. Você precisa ir lá e colocar um sólido na balança, você precisa fechar, você precisa fazer as leituras, você precisa ver a leitura lá da balança variando lá na última casa, entender o que que significa aquilo, tá? Então eu acho que a simulação tem essa limitação, com relação aos conteúdos procedimentais, mas como auxílio a ampliação dos conceitos, dos conteúdos conceituais eu acho que é muito viável(S-CR-D7)

Outra questão é que, para os docentes, as SC podem atribuir ao usuário um papel passivo de espectador, não promovendo a uma experimentação “ativa” e a construção de conhecimento prático.

Por exemplo, a forma dos orbitais, então eu acho que é importante para eles visualizarem para eles enxergarem aquilo. Mas eles precisam também praticar, né? Se você só ficar receptivo visualmente, eu acho que não é tão efetivo quanto você visualizar, entender e reproduzir. Por exemplo, manualmente que você tem acesso às novas a outras áreas do cérebro ao mesmo tempo, enquanto você está fazendo aquilo eu acho que a concepção fica melhor. (S-CR-D4)

Só que falta você segurar, [...] saber como mexer, qual a temperatura que está, como agitar, como homogeneizar. Todos, estes experimentos físicos que você consegue na prática. A simulação não mostra, você só vai falar assim “misture isso assim” No meu ponto de vista. Eu não sei se existe alguma coisa melhor que isso do que eu estou pensando, né? Você só vai colocar assim “misture com isso” aí você vê a mágica acontecendo na tela. Acho que é isso. (S-CR-D6)

Esses apontamentos quanto aos limites da SC não retiram das atividades experimentais a necessidade de estar atento a construção do que pontuam como os saberes próprios do laboratório, de forma basear a avaliação do discente somente no ato de realizar procedimentos não asseguram necessariamente que os objetivos da aula estão sendo alcançados, assim Goi e Santos (2020) pontuam sobre a utilidade da atividade experimental, pois é identificando nas construções dos discentes que o docente terá noções sobre a aprendizagem proporcionada pelos experimentos.

para avaliar a utilidade da aula experimental é necessário ver as experiências através dos olhos dos alunos e constatar o que eles realmente estão construindo. Ao observar cada olhar, o educador terá a noção sobre a aprendizagem de seus alunos. Para isso, é necessário estar atento e agindo de forma crítica, a fim de identificar as falhas ou construções no decorrer de cada experimento e fazer uma avaliação contínua através da teorização e da ação. (INSAUSTI, 1997 apud GOI; SANTOS, 2020, p.6)

A SC é considerada uma ferramenta digital que, no Ensino Superior, seu uso exclusivo não pode substituir adequadamente a prática em laboratório prático, visto que para os docentes a prática experimental é crucial para a formação de profissionais da química.

Eu acho que não tem como substituir isso pela simulação, [...] o laboratório ele dá, ele complementa isso você tem como fazer isso fora do laboratório também, outros tipos de atividades que não sejam atividades práticas de laboratório, mas eu acho que, mas se fosse só isso, por exemplo, ele poderia ter a noção do fenômeno só assistindo, [...] por exemplo, um vídeo gravado e tudo. Tá, o que eu vejo é que realmente assim, nesses aspectos procedimentais, é que o laboratório ele é mais...ele contribui, né? De uma maneira mais eficaz para o aprendizado profissional. (S-CR-D7)

É importante você tá no laboratório e você ter essa construção desde química de laboratório também é fundamental. Então eu não substituiria vamos pensar “Ah, eu estou pensando em um projeto pedagógico de curso” Eu não substituiria as atividades experimentais pela simulação em todas [ênfase] as situações, tá? Algumas situações, eu acho que poderia até substituir. Mas eu acho que, por exemplo, na Química Geral o aluno precisa passar por todas aquelas pequenas técnicas para ele poder depois transformar isso, né? Em atividades mais complexas, quando ele tiver nas outras, o professor pedir pra ele fazer uma filtração e ele saber tudo que ele tem que pegar pra fazer uma filtração, como é que ele vai transferir o líquido, como é que ele vai coletar o filtrado, como é que ele faz transferência quantitativa e isso eu acho que não, não pode ser feito por simulação. (S-CR-D7)

Por fim, o desenvolvimento de uma SC que envolvem cálculos complexos pode ser demorado o que pode ser um obstáculo para docentes que se proponham a desenvolver suas representações como relatado pelo D2. Assim é necessário planejar adequadamente o tempo de desenvolvimento, considerando a complexidade dos algoritmos e modelos matemáticos.

O uso que eu faço em aulas de graduação é um uso mais demonstrativo, até porque para, é como eu falei, para você dentro desse fenômeno, por exemplo, de usar desse método. Os cálculos que levam os resultados que eu posso projetar para eles são cálculos demorados. (S-CR-D2)

Quanto aos obstáculos apontados compreendemos que muitos deles podem ser superados como as questões de natureza material exemplo a gratuidade dos *softwares*, o estabelecimento de políticas públicas para integração de TDIC, a formação e capacitação docente visando o planejamento didático. Entretanto ao que tange ao uso do LDE carrega concepções de outras naturezas e podem ter implicações ao que Giordan (2013) pontua como uma visão positivista.

Saber selecionar e hierarquizar variáveis, segundo critérios de pertinência para a compreensão dos fenômenos, controlar e prever seus efeitos sobre os eventos experimentais, encadear logicamente sequências de dados extraídos de experimentos, são consideradas, na visão positivista, competências de extremo valor para a educação científica do aluno. A experimentação não só exerce a função de instrumento para o desenvolvimento dessas competências, mas também de veículo legitimador do conhecimento científico. (GIORDAN, 2013, p.186).

Compreender estes obstáculos apontados pelos docentes nos auxilia a compreender fatores presentes dentro do paradigma educacional. O uso das TDIC na educação não é algo novo, e com a mudança proposta pela Cultura Digital reforçam as potencialidades das ferramentas digitais, canalizar estas ações para o Ensino Superior convergem para compreender

que os atuais discentes de Licenciatura e Bacharelado ao atuar em um cenário profissional irão de deparar com uma realidade que se distancia de sua formação inicial. Por isso, discutir as potencialidades e os obstáculos das ferramentas se torna relevante.

O computador deve ser utilizado como um catalisador de uma mudança do paradigma educacional. Um novo paradigma que promove a aprendizagem ao invés do ensino, que coloca o controle do processo de aprendizagem nas mãos do aprendiz, e que auxilia o professor a entender que a educação não é somente a transferência de conhecimento, mas um processo de construção do conhecimento pelo aluno, como produto do seu próprio engajamento intelectual ou do aluno como um todo (VALENTE, 1993, p.21).

Por fim, Valente (1993) discute sobre o uso do computador na educação apontando que o modelo de transmissão/recepção considerado tradicional em contextos educacionais não se ajusta ao uso das ferramentas digitais pois minam as possibilidades do discente em se engajar sob a construção do seu conhecimento, assim compreendemos que o tradicional até pode ser transposto para cenários virtuais, entretanto, esta não seria a melhor escolha metodológica. Outro ponto foi levantado pelo docente D4, visto que o desenvolvimento de softwares de SC depende de recursos financeiros que, geralmente, demandam valores consideráveis para cobrir custos com profissionais especializados, equipamentos, licenças de *software* e testes.

Então, eu acho que aí precisaria de ter programas específicos, né, para cada conteúdo. Eu sei que acho que isso é meio impossível de se ter, o que daria muito trabalho, muito dinheiro... na verdade, o trabalho, isso aí um programador faz rapidamente (S-CR-D4)

O domínio tecnológico e de conteúdo específico é considerado um critério para desenvolver as SC. Segundo os docentes D2, D4 e D7, os desenvolvedores precisam não apenas dominar a tecnologia de programação, mas também ter um conhecimento aprofundado do conteúdo específico que a SC visa representar, especialmente em disciplinas como a química. Como já abordado, o conhecimento em linguagens de programação adequadas e compreensões sobre o campo da química são necessários para traduzir corretamente os conceitos teóricos em códigos de programação.

Todos esses programas aqui, [...]um que eu tenho instalado aqui agora [...]não tem uma interface gráfica, ele funciona todo via linha de comando, então, qual que é a habilidade que eu tenho que ter? Conhecimento de linguagem de programação e é um conhecimento que não é só da parte química, tem que conhecer de basicamente assim de computação mesmo, então o programa funciona? Funciona, resolve que eu preciso, resolve muito bem, mas ele é deficiente nisso. (S-CR-D2)

então você tem um alguém que programou aquilo que tem que entender um pouco de sua área também, tá? Então, do modo como eu uso, eu sou só usuário, eu não tenho a capacidade de projetar uma situação dessa. (S-CR-D7)

Quanto a uma boa construção representacional, este cuidado garante a precisão conceitual este critério foi citado por quatro docentes (D1, D3, D5 e D7).Um exemplo é verificar o sistema de unidades utilizado no *software*, como citado pela docente D3 esta é uma

característica importante a ser observada pois evita interpretações equivocadas nos resultados da SC.

Eu tento analisar se não vai ter algum conteúdo de que na visualização vai gerar um efeito contrário de interpretação do fenômeno ou, por exemplo, às vezes o uso de um sistema de unidades diferentes do que a gente usa no Brasil, por exemplo, pode gerar uma interpretação equivocada na hora da simulação, né?(S-CR-D3)

Ao abordar esses tópicos, os desenvolvedores podem criar SC mais robustas, educativas e alinhadas às necessidades específicas do público-alvo. Assim, para que as vantagens do uso de SC em contexto educacional se concretizem, é fundamental que o docente se sinta confortável com o uso dessas tecnologias, destacando a importância da capacitação docente e a implementação de políticas públicas voltadas para a inserção de TDIC em espaços de Educação Superior. Assim, a integração eficaz das SC no ensino e na pesquisa depende não apenas da qualidade técnica dessas ferramentas, mas também do suporte e da preparação dos educadores para explorar plenamente seu potencial pedagógico, como apontado por Kenski (1998).

Favoráveis ou não, é chegado o momento em que nós, profissionais da educação, que temos o conhecimento e a informação como nossas matérias-primas, enfrentamos os desafios oriundos das novas tecnologias. Esses enfrentamentos não significam a adesão incondicional ou a oposição radical ao ambiente eletrônico, mas, ao contrário, significam criticamente conhecê-los para saber de suas vantagens e desvantagens, de seus riscos e possibilidades, para transformá-los em ferramentas e parceiros em alguns momentos e dispensá-los em outros instantes. (KENSKI, 1998, P 61)

Assim, é perceptível que ao lidar com as SC no contexto didático, os educadores se mostram abertos ao seu uso, entretanto é necessário adotar estratégias do uso de SC ao contexto de aplicação, abordando questões tecnológicas, pedagógicas e de percepção para posteriormente refletir em como otimizar os usos dessas ferramentas digitais e como incorporá-las ao ambiente educacional. Por fim, Valente traz uma reflexão sobre um paradigma proposto ao se questionar o uso do computador na educação, afinal não é porque um método considerado tradicional que ao ser executado por vias digitais perde seu caráter inicial e, automaticamente, assume uma nova natureza metodológica, “O uso do computador como máquina de ensinar consiste na informatização dos métodos de ensino tradicionais. Do ponto de vista pedagógico esse é o paradigma instrucionista.” (VALENTE, 1993, p.11)

Uma maneira é informatizando os métodos tradicionais de instrução. Do ponto de vista pedagógico, esse seria o paradigma instrucionista. No entanto, o computador pode enriquecer ambientes de aprendizagem onde o aluno, interagindo com os objetos desse ambiente, tem chance de construir o seu conhecimento. Nesse caso, o conhecimento não é passado para o aluno. O aluno não é mais instruído, ensinado, mas é o construtor do seu próprio conhecimento. Esse é o paradigma construcionista onde a ênfase está na aprendizagem ao invés de estar no ensino; na construção do conhecimento e não na instrução. (VALENTE, 1993, p.1-2)

Segundo valente, é neste momento que o docente deve compreender que a utilização do computador na forma de tutoriais, exercício-e-prática ou jogo não significam uma abordagem construtivista, ou seja, uma abordagem que considera que os conhecimentos advêm do discente.

Embora, nesse caso o paradigma pedagógico ainda seja o instrucionista, esse uso do computador tem sido caracterizado, erroneamente, como construtivista, no sentido piagetiano. Piaget observou que a criança constrói a noção de certos conceitos porque ela interage com objetos do ambiente onde ela vive. Essa interação propicia o desenvolvimento de esquemas mentais e, portanto, o aprendizado. Entretanto, esse desenvolvimento é fruto do trabalho mental da criança e não de um processo de ensino ou transmissão de informação, como se essa informação fosse um "tijolo" que se agrega a outros, contribuindo para a construção de uma noção maior. Com o objetivo de evitar essa noção errônea sobre o uso do computador na educação, Papert denominou de construcionista a abordagem pela qual o aprendiz constrói, através do computador, o seu próprio conhecimento. (VALENTE, 1993, p.11)

O computador, na educação, assume a função de fornecer informações de forma orientada/ selecionada, o que pode facilitar a compreensão pelo discente, por fim o trabalho de assimilar as informações em uma construção mental, para que façam sentido, é do aprendiz. Isso reforça que, ao utilizar o computador como ferramenta didática, o docente assume o papel de mediador que interpreta o discente e, a partir disso, interfere na situação. (VALENTE, 1993)

“O experimentador não é professor e, portanto, ele não tem por objetivo prover ou facilitar a aprendizagem. (...) o mediador tem que entender as idéias do aluno e tem que intervir apropriadamente na situação de modo a ser efetivo e contribuir para que o aluno compreenda o problema em questão. Assim, a atuação do mediador vai além do uso do método clínico ou da investigação sobre as estruturas mentais do aluno. (VALENTE, 1993, p.16).

Lima (2012) reitera que, apesar dos estudos protagonizarem o docente os esforços para inserir o contexto digital nas universidades não se restringem a uma iniciativa isolada.

Obviamente, esse conjunto de esforços precisa ir além da iniciativa pessoal docente e implica modificações na esfera curricular, na formação docente e as formas de efetivação dos processos de ensino-aprendizagem. Indiscutivelmente, o papel da universidade –enquanto núcleo responsável pela formação de professores –se renova. Se, em parte, a questão da disponibilização/acesso à infraestrutura tecnológica vem sendo superada, novas ordenações são impostas à rotina universitária. Entre elas está a de se consolidar como um espaço de ensino, produção e socialização de saberes mais sensível às exigências da cibercultura –o que não se efetiva sem a adesão de seus colaboradores. E seguem novos desafios, como o da indispensável (re)estruturação das licenciaturas, que precisam articular mais efetivamente as competências técnicas e pedagógicas, consonantes com a cultura digital. Ignorar esses aspectos significa reforçar as diferenças culturais entre os sujeitos da educação e o descompasso da escola em relação ao seu tempo. Negligenciar a cibercultura é negar o contexto da educação, insistindo em processos de ensino-aprendizagem deficientes, ultrapassados e desconexos da realidade. (LIMA, 2012, p.25-26)

Por fim, Kenski (2003) complementa que as ferramentas digitais podem ser benéficas, mas, que estas estão condicionadas ao usuário.

A informação disponibilizada na tela do computador é flexível, moldável, sujeita a alterações. Ao contrário do espaço de transmissão oral de informações e mesmo do uso

sistemático de livro impressos, o uso educacional das tecnologias digitais de informação e comunicação permite a realização de várias atividades, visando ao desenvolvimento de novas habilidades de aprendizagem, atitudes e valores pessoais e sociais (KESKI, 2003, p.6)

posição abstrata e mecânica para mostrar a química como um espetáculo.

Os docentes estabeleceram os critérios de escolha de um SC, definindo a suas contribuições e obstáculos no contexto educacional do ensino superior de química, destacaram à inviabilidade do uso da ferramenta para atuar como substituto aos LDE ou, basicamente, substituir as práticas experimentais nos cursos de química bacharelado e licenciatura. Na pesquisa científica, os entrevistados também percebem a SC como uma ferramenta destinada à função de complementar o método experimental, especialmente no contexto da química. O contexto em que os docentes estão inseridos pode influenciar nas respostas, foram entrevistados três docentes (D2, D3 e D7) que atuam em pesquisas que fazem uso de SC, sendo que a docente (D7) está envolvida com a pesquisa no contexto educacional. Quanto ao uso no contexto educacional, somente D6 não incorpora a SC em suas práticas docentes. Ao final das análises observa-se que as definições dos docentes se entrelaçam em vários aspectos, por exemplo, na compreensão de que as representações propostas pelas SC buscam idealizar fenômenos ou entidades químicas existentes, não sendo os próprios objetos, devendo se diferenciar da realidade. Além disso, os docentes reforçam a necessidade de infraestrutura para implementar o uso nas IES, adquirir *softwares* e ofertar formações para que o emprego da SC no contexto didático possa ser estabelecido possibilitando explorar melhor os potenciais da ferramenta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como principal objetivo em analisar quais compreensões docentes de química de uma Instituição de Ensino Superior (IES) pública, que lecionam para cursos de Graduação de Licenciatura e Bacharelado, possuem sobre o uso de simuladores computacionais (SC) como potencial ferramenta para auxílio didático em sua prática. Frente a este objetivo emergiram duas frentes principais – a compreensão sobre o papel da experimentação e do laboratório; e, as definições e funções da simulação computacional aplicada ao contexto didático de química – o que permitiu elaborar uma discussão baseada nas respostas dos docentes entrevistados. O relato dos docentes permitiu estabelecer, a partir de um cenário singular que se deu na emergência sanitária que exigiu o uso das TDIC, uma possibilidade de buscar compreender um cenário macro da pesquisa em Educação em Ciências. Desta forma, buscou-se realizar correlações entre o referencial teórico e os desafios, definições e obstáculos apontados.

Partindo da formação acadêmica dos docentes, compreendemos que é relatado na literatura que o cenário docente universitário detenha no seu corpo formador mais bacharéis, essa predominância se deve, no caso da química, a formação específica que atrai, em maioria, graduandos do bacharelado e que seguem sua formação continuada em pesquisas científicas da área correlata aos seus estudos de interesse. Neste caminho, restam geralmente duas opções: a carreira docente em IES ou a atuação em instituições de pesquisa públicas ou privadas. O cenário dos entrevistados revelou que, dos sete entrevistados, quatro eram formados no Bacharelado e na Licenciatura, o que não é tão habitual. Quanto as vivências no período de ERE, buscou-se compreender como ocorreram as disciplinas práticas e quais adaptações os docentes buscaram, assim, dos sete entrevistados, quatro ministraram disciplinas práticas em que metade utilizou os vídeos gravados pelos profissionais técnicos da IES e a outra metade gravou os experimentos. Para o primeiro grupo, ao receber as gravações cada docente ficou livre para planejar sua aula havendo uso de *softwares* de edição e uso do *PowerPoint*. Quanto ao segundo grupo, além de gravar, também editaram os vídeos e utilizaram o *PowerPoint*. Os docentes descreveram o uso do material como passivo e exaustivo, visto que os vídeos eram muito longos recorrendo a elaboração de materiais descritivos e redundantes. Houve um consenso entre os docentes que o uso de vídeos não caracterizava a prática dos discentes o que poderia gerar uma defasagem na aprendizagem de habilidades procedimentais necessária a formação de químicos.

Quanto a compreensão sobre o laboratório, dois entrevistados abordaram o laboratório como um local onde se realiza ações práticas podendo ser voltadas para a aprendizagem ou o trabalho, essas definições abrigaram não somente as ciências da natureza se estendendo as ciências humanas. Outros cinco docentes entrevistados buscaram se aproximar do laboratório de química se aproximando as vezes do laboratório de pesquisa, entretanto as abordagens se referiam mais ao laboratório didático evidenciado como crucial para enriquecer os conceitos abordados em aulas teóricas, elaborar hipóteses, desenvolver habilidades na manipulação de equipamentos e vidrarias, oportunizar discussões, realizar observações (re)elaborar conceitos e modelos mentais e desenvolver o pensamento crítico. A experimentação em química do ensino superior permanece concedendo a continuidade do distanciamento entre teoria e prática nos cursos de licenciatura reverberando na educação básica onde a teoria, geralmente, tem caráter de maior importância. Visto que as atividades experimentais têm função didática, ou seja, de ensinar química a experimentação também compreende este papel. Além disso, como relatado pelos docentes e reforçado por Frozza e Pastoriza (2021, p.85) “as aulas experimentais não ensinam somente Química, mas modos de agir, de ser, de propor as próprias aulas de Química, de pensar e fazer o que se chama de experimentação”. Ou seja, há impacto de como

se compreende a experimentação no ensino superior, obviamente que isso não caberá somente a formação do licenciando compreendendo também as condições dos espaços em que irá atuar, mas é necessário reforçar contextos, articulações críticas, objetivos e finalidades para que a prática não assuma uma posição abstrata e mecânica para mostrar a química como um espetáculo.

Por fim, foi questionado a compreensão sobre atividades experimentais, o termo foi considerado polissêmico e difuso, não havendo um consenso na literatura, o mesmo foi averiguado nas análises das respostas dos docentes. Entretanto, em sua maioria, as pesquisas em educação em ciência admitem o objetivo didático. Nas discussões, poucos docentes se aproximaram de definições em que as atividades experimentais são necessariamente atividades práticas de realizações concretas no contexto da atividade científica com a manipulação de sistemas e idealização de hipóteses, houve aproximação da primeira definição por outro docente se relacionando com atividades práticas, entretanto sua definição segue outro caminho compreendendo que processos realizados em contextos didáticos com o objetivo de ensinar havendo uma aproximação do docente a seguir, que compreende a atividade experimental exercendo necessariamente uma função didática, em que seu objetivo é ensinar algo a alguém, esta definição se baseou na Teoria da Ação Mediada, para o docente, a prática realizada pelo cientista é considerada uma atividade investigativa. Por fim, cada docente apresentou uma definição havendo convergências em partes, mas ao analisar o todo não foi possível estabelecer agrupamentos.

No segundo e último agrupamento, os docentes, que por vezes se adiantavam nas respostas dadas no bloco anterior já declaravam que a TDIC não poderia substituir a prática. Assim, este bloco que buscou apresentar a proximidade dos docentes com os simuladores computacionais (SC), revelou que, para os docentes, as SC são *softwares* baseados em parâmetros experimentais que descrevem ou concebem modelos ou procedimentos experimentais e, tem por finalidade elucidar fenômenos ou entidades químicas. Dentro do tópico de aplicabilidade, três docentes utilizam as SC em pesquisas científicas na área de Química Computacional e uma docente na área de Ensino de Química. Quanto aos usos na prática didática, a maioria ou já realizou o uso de SC em suas práticas ou já abordaram sobre a aplicação didática, dentro desta discussão foi ampliado o conceito de modelo, visto como relevante para que os discentes de química não compreendam as representações como o objeto real. Além disso, os docentes apontaram o uso da SC de forma demonstrativa, havendo poucas intervenções em que os discentes interagem diretamente com as TDIC e, quando proposto, geralmente se assemelha a prática realizada nos laboratórios didáticos experimentais seguindo passos roteirizados. Quanto a disponibilidade de plataformas que possibilitam o uso didático

foi apontado pouca disponibilidade de *softwares* com essa finalidade e, em alguns casos, estes *softwares* são pagos.

Foi evidenciado as funções descritivas do recurso, possibilitando que conceitos abstratos da química quando abordados, fossem melhor compreendidos pelos discentes seu uso em pesquisas também foi apontado pelos docentes compreendendo que as SC têm relevância ao complementar e auxiliar pesquisadores a realizar experimentos em laboratório natural, ou seja, na pesquisa científica, os entrevistados também percebem a SC como uma ferramenta destinada à função de complementar a prática experimental, especialmente no contexto da química. Os docentes compreendem que a SC tem objetivos diferentes dos LDE, assim, não é possível desenvolver habilidades e saberes próprios do laboratório de química tal compreensão toma força no Ensino Superior visto que tem a finalidade de formar um profissional para o mercado de trabalho. Quanto a um dos obstáculos, os docentes apontaram que para uso do ferramental é necessário o domínio da ferramenta, o que acarreta falta de confiança para o uso, outro ponto é a falta de tempo, isso recai tanto nas aulas quanto para o planejamento de uma aula. Por fim, os docentes elencaram critérios necessários para a escolha de um SC como recurso didático, desta forma, a interface gráfica deve ser intuitiva evitando que o docente necessite auxiliar o discente recorrentemente com tutoriais. É preferível que a SC seja traduzida para a língua portuguesa e, que as representações estejam condizentes com a literatura evitando induzir interpretações equivocadas devido a sua construção gráfica. Esta pesquisa, portanto, compreende que o uso de SC se planejada e dadas condições apontadas pelos docentes têm pontos favoráveis como complementar ao aprendizado de discentes de química no Ensino Superior. Para isso é necessário suporte aos docentes nas condições de uso das TDIC e ampliada oferta de *softwares*, preferencialmente, gratuitos. Por fim, esta pesquisa reforça a necessidade de investigações no Ensino de Química e a possibilidade de uso de TDIC no Ensino Superior.

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, S. S; MOL, G de S. Ensino Experimental Híbrido na disciplina Laboratório de Química Fundamental. Anais dos Encontros de Debates sobre o Ensino de Química - ISSN 2318-8316, [S. l.], n. 41, 2022. Disponível em: <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/60>.

ALVES FILHO, J. P. Atividades Experimentais: do método à prática construtivista. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Educação), UFSC - Florianópolis, 2000.

BARANAUSKAS, M. C.; VIEIRA, H.; MARTINS, R. M.; D'ABREU, J. V. Uma taxonomia para ambientes de aprendizado baseados no computador. In: O computador na sociedade do conhecimento. Campinas: Unicamp/NIED, v. 6, p. 45-69, 1999.

BARBOSA, F. T; AIRES, J.A. Elementos para a constituição da Natureza da Química: percepções de professores-pesquisadores sobre os processos de construção do conhecimento químico. **Revista História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, Volume 27 especial, p. 382-406, 2023. <http://dx.doi.org/10.23925/2178-2911.2023v27espp382-406>

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CP nº 1.303, aprovado em 6 de novembro de 2001, Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Homologado em 4 de dezembro de 2001. Diário Oficial da União, 7 de dezembro de 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf>.

BRASILEIRO, L. B; MATIAS, J. C. Simulações computacionais no ensino de química: estudando as microondas. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, 2019.

CARVALHO, A.M.P; GIL-PÉREZ, D. Saber analisar criticamente o “ensino tradicional”. In: Formação de professores de Ciências. Ed. Cortez, 2011.

COELHO, R.O. O uso da informática no ensino de física de nível médio. 2002. p. 101. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

COLTRI, E.B; RUBIO, J.A.S A IMPORTÂNCIA DO SENSO COMUM NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS QUÍMICOS. *Revista Eletrônica Saberes da Educação – Volume 4 – nº 1 -*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013

CUSTÓDIO, N. M.; RODRIGUES, A. Tecnologias e formação inicial docente: O papel do professor formador na construção do pensamento crítico e da cidadania digital. *Revista Contexto & Educação*, v. 38, n. 120, p. e12765, 2023. DOI: 10.21527/2179-1309.2023.120.12765. Disponível em: <https://www.revistas.unijuí.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/12765>.

DA COSTA, M. A. F.; COSTA, M. de F. B. Laboratórios didáticos de química: de Liebig (1803- 1873) aos processos de qualidade e biossegurança no séc. XX. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, v. 9, n. 2, p. 39-59, 2018.

DE LIMA, M R. Cibereducação: tensões, reflexões e desafios. *Cadernos da Pedagogia*, v. 5, n. 10, 2012.

DELAMUTA, B. H.; ASSAI, N. D. de S.; SANCHEZ JÚNIOR, S. L. Chemistry teaching and DICT: a systematic literature review and a webquest proposal for the teaching of Chemical Bonds. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, p. e149996839, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.6839. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6839>.

DUSO, L et al. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 15, p. 29-44, 2013.

DUTRA, J. W. A. et al. Ferramentas educativas digitais para o ensino de química analítica. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar* - ISSN 2675-6218, 3(2), e321101, 2022. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1101>

FACCIONI, A C; SILVA, D V da; MORAES, S R de. Uma análise sobre o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) na formação de professores de matemática, química e ciências biológicas de uma universidade pública do Paraná. *Revista Brasileira de Ensino Superior, Passo Fundo*, v. 6, n. 3, p. 49-66, jul. 2022. ISSN 2447-3944. Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/REBES/article/view/4075/3030>. doi:<https://doi.org/10.18256/2447-3944.2022.v6i3.4075>.

FERREIRA, A. S., NETO, E. M. dos S., do NASCIMENTO, L. M. O., Alexandre, M. D. de S., ; do Nascimento, D. R. F. . Ferramentas lúdicas para intermediação pedagogia aplicadas ao ensino de química / Entertainment tools for pedagogical intermediation applied to teaching chemistry. *Brazilian Journal of Development*, 8(2), 12421–12430. (2022)<https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-264>

FROZZA, E; PASTORIZA, B. dos S. Discursos sobre a experimentação na formação de professores de Química. *INTERFACES DA EDUCAÇÃO*, v. 12, n. 35, p. 64–90, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26514/inter.v12i35.4374>.

GALIAZZI, M. do C; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova* [online]. 2004, v. 27, n. 2, p. 326-331. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>.

GIBIN, G. B; SOUZA FILHO, M. P. Atividades experimentais investigativas em Física e Química: uma abordagem para o Ensino Médio. Ed. Livraria da Física, 2016.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDAN, M. Computadores e Linguagens nas aulas de Ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Editora Unijuí - Coleção Educação em Ciências, 2013.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 02, p. 279-304, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Valinhos*, 1999.

GIORDAN, M. Análise e Reflexão sobre os artigos de Educação em Química e Multimídia publicados entre 2005 e 2014. *Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR*. Vol. 37, No Especial 2, p. 154- 160, dezembro, 2015.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. dos. Experimental laboratory and problem solving: building chemical knowledge. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 2, p. e90922076, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i2.2076. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2076>.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. A circulação inter e intracoletiva de conhecimento acerca das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência de formadores de professores de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 467–488, 2012. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/199>.

GONÇALVES, L de J; VEIT, E A; SILVEIRA, F L da. Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio. Encontro Estadual de Ensino de Física. (1.: 2005 nov. 24-26: Porto Alegre, RS). Atas. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 2006.

GRANDO, J. W; AIRES, J, A; CLEOPHAS, M. das G. O Uso da Realidade Aumentada no Ensino de Química sob a Ótica de Bachelard: Um Obstáculo ou uma Possibilidade? *ARTEFACTUM – Revista de estudos em Linguagens e Tecnologia* v.19, n1, 2020.

HACKING, Ian. Representar e Intervir: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2012.

HEINSFELD, B. D; PISCHETOLA, M. O discurso sobre tecnologias nas políticas públicas em educação. *Revista Educação e Pesquisa*. São Paulo, v. 45, e205167, 2019.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. DE. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. *Educar em Revista*, n. 44, p. 75–92, abr. 2012.

JUNGES, K. S dos; BEHRENS, M. A. Prática docente no Ensino Superior: a formação pedagógica como mobilizadora de mudança. *Revista PERSPECTIVA*, Florianópolis, v. 33, n. 1, 285-317, jan./abr. 2015.

JUSTI, R. Modelos e Modelagem no Ensino de Química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P dos; MALDANER, O. A. (Org.) *Ensino de química em foco*. 2. Ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2019, p. 175-193

JUSTI, R.. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(spe), 31–48.,2013.<https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s03>

KENSKI, V. M. Aprendizagem Mediada Pela Tecnologia. *Revista Diálogo Educacional*, vol. 4, núm. 10, septiembre-diciembre, , pp. 1-10. Pontifícia Universidade Católica do Paraná Paraná, Brasil.2003

KENSKI, V. M. Novas tecnologias: o redimensionamento do espaço e do tempo e os impactos no trabalho docente. *Rev. Bras. Educ.*, Rio de Janeiro, n. 08, p. 58-71, agosto 1998. Disponível em http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24781998000200006&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 11 jan. 2024

KHALIL, R F. O uso da tecnologia de simulação na prática docente do ensino superior. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Santos. Santos, 2013, 125 páginas.

LAMBACH, M; LOMAS, G. A. Tecnologias digitais de informação e comunicação para o ensino de química. APEDUC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 87-103, 2021.

LEITE, B. S. A experimentação no ensino de Química: Uma análise das abordagens nos livros didáticos. *Educación Química*, v. 29, n. 3, p. 61-78, 2018.

LEITE, B. S. Da sala de aula presencial à sala de aula virtual: histórias de uma experiência não virtual de ensino de Química. *Educación Química*, número especial. p.66-72, dezembro, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.5.77097>.

LIMA, J O G de; LEITE, L. R. Historicidade dos cursos de licenciatura no Brasil e sua repercussão na formação do professor de Química. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 143–162, 2018. DOI: 10.26843/rencima.v9i3.1483. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/1483>.

LIMA, R M. Cibereducação: TENSÕES, REFLEXÕES E DESAFIOS. *Cadernos da Pedagogia*. São Carlos, Ano 5 v. 5 n. 10, p. 18-29, jan-jun 2012. ISSN: 1982-4440.

LIRA, D.L; LEITE, B. S. Possibilidades do aplicativo Virtual Science Lab para o desenvolvimento de uma Experimentação Digital na Química. *Kiri-kerê: Pesquisa em Ensino*, n.14, dez. 2022.

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de Química. *Quím. Nova* [online]. , vol.35, n.2, pp.430-434.2012 ISSN 0100-4042.

LOPES, A. C. C. B.; CHAVES, E. V. Animação como recurso didático no ensino da química: capacitando futuros professores. *Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, Manaus, Brasil, v. 4, n. 07, 2018. DOI: 10.31417/educitec.v4i07.256. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/256>.

LOPES, J. G. da S.; JUNIOR, L. A. S. Estudo e caracterização do pensamento docente espontâneo de ingressantes de um curso de licenciatura em química. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 131-148, abr. 2014. Disponível em http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172014000100131&lng=pt&nrm=iso. <https://doi.org/10.1590/1983-21172014160209>.

LUDKE, M; ANDRÉ, M.E.D. Método de Coletas de dados: observação, entrevista e análise documental. In: *A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo. EPU, 1986.

MAAR, J. H. Aspectos Históricos do Ensino Superior de Química. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 33-84, 2004.

MALDANER, O. A. . A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. *Química Nova*, 22(2), 289-292,1999.

MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivo. In: *SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS*, 2, 2004, Bauru. A pesquisa qualitativa em debate. *Anais...* Bauru: USC, 2004.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARQUES, R.; FRAGUAS, T. A formação do senso crítico no processo de ensino e aprendizagem como forma de superação do senso comum. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 7, pág. e31010716655, 2021. DOI. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16655>.

MARTINS, S. O et al. O uso de simuladores virtuais na educação básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de química. Volume 11, n.1 – janeiro/abril, 2020.

NAMBA, A. M.; SILVA, V. B. DA .; SILVA, C. H. T. P. DA. **Dinâmica molecular: teoria e aplicações em planejamento de fármacos.** *Eclética Química*, v. 33, n. 4, p. 13–24, out. 2008.

NONATO, E. do R. S.; SALES, M. V. S.; CAVALCANTE, T. R. Cultura digital e recursos pedagógicos digitais: um panorama da docência na Covid-19. *Práxis Educacional*, [S. l.], v.17, n. 45, p. 1-25, 2021. DOI. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/praxis/article/view/8309>.

NÓVOA, A. Os professores na virada do milênio: do excesso dos discursos à pobreza das práticas. *Educação e pesquisa*, v. 25, p. 11-20, 1999.

NÓVOA, A., coord. - "Os professores e a sua formação". Lisboa : Dom Quixote, ISBN 972-20- 1008-5. pp. 13-33,1992.

NÓVOA, A.. Os Professores e a sua Formação num Tempo de Metamorfose da Escola. *Educação & Realidade*, v. 44, n. 3, p. e84910, 2019.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. *Acta Scientiae*, v. 12, n. 1, p. 139-153. 2010.

PAULA, H. de F. e. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 75–103, 2017. DOI. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4476>.

PAULA, H. F; MOREIRA, A. F. Atividade, ação mediada e avaliação escolar. **Educ. Rev.**, Belo Horizonte , v. 30, n. 01, p. 17-36, jan. 2014 . Disponível em <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-46982014000100002&lng=pt&nrm=iso>.

PILETTI, N; ROSSATO, S. M. Psicologia da aprendizagem: da teoria do condicionamento ao construtivismo. São Paulo, SP: Contexto, 2011.

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RECEPUTI, C. C.; PEREIRA, T. M.; VOGEL, M.; REZENDE, D. de B. A experimentação pelo

olhar de graduandos em química: relações com o contexto formativo. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 313–331, 2020. DOI. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1603>.

REIS, R. da S.; LEITE, B. S.; LEÃO, M. B. C. Percepções sobre a incorporação das TIC em cursos de licenciatura em Química no Brasil. *Debates em Educação*, [S. l.], v. 11, n. 23, p. 01–18, 2019. DOI. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/5125>.

RODRIGUES, A. Ensino remoto na Educação Superior: desafios e conquistas em tempos de pandemia. *SBC Horizontes*, jun. 2020. ISSN 2175-9235. Disponível em: <http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/06/17/ensino-remoto-na-educacao-superior/>. A

RODRIGUES, A. O potencial das narrativas digitais na aproximação/ apropriação da tecnologia: reflexões sobre dois contextos de formação de professores. *Revista Observatório*, v. 5, n. 1, p. 336-358, 14 jan. 2019.

ROSA, M.I.P. *Investigação e ensino: articulações e possibilidades na formação de professores de ciências*. Ed. Unijuí, 2004.

SANTOS, . R. dos; MENEZES, . A. de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *REVISTA ELETRÔNICA PESQUISEDUCA*, [S. l.], v. 12, n. 26, p. 180–207, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940>.

SANTOS, A. et al. Contribuição de simuladores para o desenvolvimento de modelos mentais de alunos sobre estados físicos da matéria. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 18., 2016, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SANTOS, D. M.; NAGASHIMA, L. A. Potencialidades das atividades experimentais no ensino de Química. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 8, n. 3, p. 94-108, 28 set. 2017.

SCHNETZLER, R. P.; ANTUNES-SOUZA, T.. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. *Química Nova*, v. 42, n. 8, p. 947–954, ago. 2019.

SILVA, F. N. da .; SILVA, R. A. da; RENATO, G. de A.; SUART, R. de C. Concepções de professores dos cursos de Química sobre as atividades experimentais e o Ensino Remoto Emergencial. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 10, p. 1–21, 2020. DOI. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/24727>. Acesso em: 14 jan. 2024.

SILVA, I.P da MERCADO, L.P.L. Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de física. *Revista Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 1, p. 49-77, 2019.

SILVA, M. L. da; MAIA FILHO, O. N.; RABELO, J. J. As condições de trabalho do professor universitário substituto na contemporaneidade: explorando a realidade de uma universidade pública. *Educ. Form.*, [S. l.], v. 5, n. 13, p. 215–234, 2020. DOI. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/redufor/article/view/1002>. .

SILVA, R.R; MACHADO,P.F.L;TUNES,E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P dos; MALDANER, O. A; MACHADO, P. F. L. Ensino de química em foco. 2. Ed. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 195-216.2019,

SOUZA, R. F; CABRAL, P.F de O; QUEIROZ, S. L. Mapeamento da pesquisa no campo da experimentação no ensino de química no Brasil. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia. UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil – 2019.

TAROUCO, L. M.R. Competências digitais dos professores. Pesquisa TIC Educação, p. 33-44, 2018.

TAVARES, R; FARIAS, M.J.G.S; ALENCAR, E.P.G; SANTOS, L.L.M. Perspectiva de discentes do curso de química sobre o senso comum na aprendizagem. Ensino & Pesquisa, União da Vitória, v. 21, n. 3, p. 63-75, ago./dez., 2023.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação. Ed. Atlas, São Paulo, 1987.

UNIVERSIDADE ABERTA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE. Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus. Disponível em: <https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>. Acesso em: 30 de novembro de 2021.

de Vasconcelos, F. C. G. C. Considerações de licenciandos em Química sobre o uso de simulações PhET em aulas simuladas, Revista Tecnologias na Educação – Ano 8 - número 14 – Julho, 2016.

VALENTE, J. A. Pensamento computacional, letramento computacional ou competência digital? Novos desafios da educação revista educação e cultura contemporânea. VOL. 16, N. 43, 2019.

VALENTE, J. A. Visão analítica da informática na educação no Brasil: a questão da formação do professor. Revista Brasileira de Informática na Educação – Número 1 – 1997.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. Políticas de tecnologia na educação no Brasil: Visão histórica e lições aprendidas. Arquivos Analíticos de Políticas Educativas, 28(94), 2020.

VALENTE, José Armando et al. O computador na sociedade do conhecimento. Campinas: Unicamp/NIED, v. 6, 1999.

VALENTE, José Armando. Por que o computador na educação. Computadores e Conhecimento: repensando a educação. Campinas: Gráfica da UNICAMP, p. 24-44, 1993.

VELOSO, B; SESTITO, C, D. O; MILL, D. Análise de práticas pedagógicas com tecnologias digitais: um olhar sobre a experiência do curso de especialização EduTec. EccoS – Revista Científica, [S. l.], n. 65, p. e24584, 2023. DOI. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/eccos/article/view/24584>.

▫ APÊNDICE A

ROTEIRO DA ENTREVISTA

A entrevista será semiestruturada com o objetivo de identificar as compreensões dos professores que lecionam disciplinas que envolvem a formação no campo/área de química sobre atividades experimentais e o uso de simulações virtuais. As perguntas a seguir, tem por objetivo, verificar quais as compreensões que professores do ensino superior de universidades públicas e privadas e institutos federais brasileiros possuem sobre os seguintes tópicos:

- Experimentação e práticas que envolvem o uso de simulação virtual;
- O que são simuladores virtuais e seus potenciais, limitações e pontos positivos/negativos;
- Motivações para o uso, ou não, de simuladores em sua prática docente.

A entrevista busca contemplar os objetivos desta pesquisa:

- Compreender e identificar as possibilidades do uso de simuladores no auxílio à prática docente no ensino superior;
- Identificar pontos positivos, negativos e limitadores do uso de simuladores no ensino superior e na prática docente;
- Identificar a compreensão de professores de ensino superior sobre simuladores;
- Analisar o domínio de professores acerca de tecnologias e seu uso na prática docente;
- Buscar formas de compreender como os simuladores podem auxiliar na avaliação curricular e no processo de aprendizagem dos alunos;

LEGITIMAÇÃO DA PESQUISA (AMBIENTAÇÃO)

- Promover a apresentação do entrevistador/ entrevistado criando um clima de empatia.
- Agradecer a disponibilidade do participante em contribuir para a investigação.
- Explicitar o problema e o objetivo do estudo ao participante, procurando motivá-lo para a temática da investigação.
- Solicitar autorização para efetuar gravação de áudio/vídeo, assegurando o caráter confidencial das informações fornecidas e o seu uso restrito ao âmbito da presente investigação.

ESTRUTURA DA ENTREVISTA

- a) PRIMEIRO BLOCO DA ENTREVISTA QUE SE REFERE À PRÁTICA DOCENTE E O USO DE TECNOLOGIA
- b) SEGUNDO BLOCO DA ENTREVISTA REFERENTE ÀS ATIVIDADES DE EXPERIMENTAÇÃO PROMOVIDAS NO COTIDIANO DO PROFESSOR
- c) TERCEIRO BLOCO DA ENTREVISTA REFERENTE AO USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE QUÍMICA
- d) QUARTO BLOCO DA ENTREVISTA – ENCERRAMENTO

<u>PRIMEIRO BLOCO DA ENTREVISTA</u>				
1)	Deixar o professor se apresentar livremente com informações que dizem respeito a sua formação acadêmica e atuação profissional (área de atuação, tempo, nome, formação acadêmica, onde se formou etc)	Se necessário questionar) Na universidade em que trabalha, qual sua área específica de atuação? (analítica, inorgânica) Há quanto tempo leciona?		Intuito: Conhecer e contextualizar que é o entrevistado
2)	Durante sua formação, houve abordagem de temas relacionados a tecnologia?	Se sim) Quais? Como foi essa abordagem?	Se não, ir para pergunta 3)	Intuito: investigar se o professor teve contato com tecnologia na sua formação e se isso afeta de alguma forma sua prática atual (questão 3)
3)	É na sua prática docente, como é sua relação com a tecnologia? O ensino em regime não presencial, afetou de alguma forma? (pedir relato)			Intuito: Como o docente realizou a atividade, se envolveu as tecnologias)
<u>SEGUNDO BLOCO DA ENTREVISTA</u>				
4)	Ainda sobre o ensino não presencial, na universidade em que atua, você lecionou alguma disciplina que fez o uso de laboratório?	Se sim,) Qual? (Se necessário) Como promoveu essa atividade? Você fez uso de alguma plataforma virtual?	Se não, fazer pergunta 5)	Intuito: Saber se o professor leciona disciplinas teóricas e/ou práticas; Se o professor adaptou sua prática de laboratório, caso afirmativo.
5)	Para você, o que é o laboratório e o que é insubstituível nele?			Intuito: Compreender quais aspectos são importantes para o professor no laboratório
6)	Para você, quais são as habilidades necessárias que um aluno precisa para estar em um laboratório? (comente)			Intuito: O que ele espera do aluno no laboratório, saberes, habilidades, postura.
7)	Quanto a atividades experimentais. O que você entende por atividade experimental?			
8)	Durante suas aulas, você tem o hábito de realizar atividades experimentais?	Se sim) De que tipo? Quais são as intenções e os conhecimentos que você busca ao realizar essas atividades?	Se respondeu que não) Qual o motivo?	O que o professor aplica na sala, quais métodos ele usa, e se não usa o motivo.

<u>TERCEIRO BLOCO DA ENTREVISTA</u>			
9)	Na sua compreensão, o que é a simulação virtual?		
10)	Já utilizou algum simulador virtual?	Se sim) Em que ocasião?	Se não, fazer pergunta 2) Compreender o domínio tecnológico do professor.
11)	Se fosse possível promover algumas práticas através de simulação virtual, você utilizaria?	Se sim) Em que situações você aplicaria?	Se não, fazer pergunta 2) Potencial e limites do simulador na prática.
12)	Por quais motivos você não faria uso da simulação virtual?		O que o simulador não substitui?
13)	O que considera importante para a execução de uma atividade experimental, por meio virtual?		O que é necessário e o que impediria seu uso? O que é importante para a elaboração de um simulador virtual?
14)	De acordo com que referências/método você construiria a avaliação dos alunos?		Como avaliar o aluno de forma virtual?
<u>QUARTO BLOCO DA ENTREVISTA</u>			
15)	Agradecer a participação, questionar se há algo que o professor considera relevante que não foi discutido durante a entrevista.		

▫ **APÊNDICE B**

ROTEIRO DE ENTREVISTA

A entrevista será semiestruturada com o objetivo de identificar as compreensões dos professores que lecionam disciplinas que envolvem a formação no campo/área de química sobre atividades experimentais e o uso de simulações computacionais. As perguntas a seguir, tem por objetivo, verificar quais as compreensões que professores do ensino superior de universidades públicas e privadas e institutos federais brasileiros possuem sobre os seguintes tópicos:

- Experimentação e práticas que envolvem o uso de simulação virtual;
- O que são simuladores virtuais e seus potenciais, limitações e pontos positivos/negativos;
- Motivações para o uso, ou não, de simuladores em sua prática docente.

A entrevista busca contemplar os objetivos desta pesquisa:

- Compreender e identificar as possibilidades do uso de simuladores no auxílio à prática docente no ensino superior;
- Identificar pontos positivos, negativos e limitadores do uso de simuladores no ensino superior e na prática docente;
- Identificar a compreensão de professores de ensino superior sobre simuladores;
- Analisar o domínio de professores acerca de tecnologias e seu uso na prática docente;
- Buscar formas de compreender como os simuladores podem auxiliar na avaliação curricular e no processo de aprendizagem dos alunos;

LEGITIMAÇÃO DA PESQUISA (AMBIENTACÃO)

- Promover a apresentação do entrevistador/ entrevistado criando um clima de empatia.
- Agradecer a disponibilidade do participante em contribuir para a investigação.
- Explicitar o problema e o objetivo do estudo ao participante, procurando motivá-lo para a temática da investigação.
- Solicitar autorização para efetuar gravação de áudio/vídeo, assegurando o caráter confidencial das informações fornecidas e o seu uso restrito ao âmbito da presente investigação.

DOCENTE: _____

LOCAL DA ENTREVISTA: _____ DATA: _____

ESTRUTURA DA ENTREVISTA

- a) PRIMEIRO BLOCO DA ENTREVISTA QUE SE REFERE À PRÁTICA DOCENTE E O USO DE TECNOLOGIA
- b) SEGUNDO BLOCO DA ENTREVISTA REFERENTE ÀS ATIVIDADES DE EXPERIMENTAÇÃO PROMOVIDAS NO COTIDIANO DO PROFESSOR
- c) TERCEIRO BLOCO DA ENTREVISTA REFERENTE AO USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE QUÍMICA
- d) QUARTO BLOCO DA ENTREVISTA - ENCERRAMENTO

<u>PRIMEIRO BLOCO DA ENTREVISTA</u>				
1)	Deixar o professor se apresentar livremente com informações que dizem respeito a sua formação acadêmica e atuação profissional (área de atuação, tempo, nome, formação acadêmica, onde se formou etc)	(Se necessário questionar) Na universidade em que trabalha, qual sua área específica de atuação? (analítica, inorgânica...) Há quanto tempo leciona?		Intuito: Conhecer e contextualizar que é o entrevistado
2)	Durante sua formação, houve abordagem de temas relacionados a tecnologia? Em caso afirmativo, qual? Como foi essa abordagem? E agora dela, você teve contato com a tecnologia?	Se sim) Quais? Como foi essa abordagem?	Se não, perguntar para o professor se teve contato com tecnologia na sua formação e se isso afetou de alguma forma sua prática atual (questão 3)	Intuito: investigar se o professor teve contato com tecnologia na sua formação e se isso afetou de alguma forma sua prática atual (questão 3)
3)	É na sua prática docente, como é sua relação com a tecnologia? O ensino em regime não presencial, afetou de alguma forma? (pedir relato)			Intuito: Como o docente realizou a atividade, se envolveu com as tecnologias)
<u>SEGUNDO BLOCO DA ENTREVISTA</u>				
4)	Ainda sobre o ensino não presencial, na universidade em que atua, você lecionou alguma disciplina que fez o uso de laboratório?	Se sim,) Qual?(Se necessário) Como promoveu essa atividade? Você fez uso de alguma plataforma virtual?	Se não, perguntar para o professor se lecionou alguma disciplina teórica e/ou práticas; Se o professor adaptou sua prática de laboratório, caso afirmativo.	Intuito: Saber se o professor leciona disciplinas teóricas e/ou práticas; Se o professor adaptou sua prática de laboratório, caso afirmativo.
5)	Para você, o que é o laboratório e o que é insubstituível nele?			Intuito: Compreender o que é o laboratório para o docente, e por

				im [atualizado] quais aspectos são importantes para o professor no laboratório
6)	Para você, quais são as habilidades necessárias que um aluno precisa para estar em um laboratório? (comente)			Intuito: O que ele espera do aluno no laboratório, saberes, habilidades, postura.
7)	Quanto a atividades experimentais. O que você entende por atividade experimental?			
8)	Durante suas aulas, você tem o hábito de realizar atividades experimentais?	Se sim) De que tipo? Quais as intenções e os conhecimentos que você busca ao realizar essas atividades?	Se responde que não) Qual o motivo?	O que o professor aplica na sala, quais métodos ele usa, e se não usa o motivo.
<u>TERCEIRO BLOCO DA ENTREVISTA</u>				
9)	Na sua compreensão, o que é a simulação computacional?			O que o docente compreende sobre a temática
10)	Já utilizou algum simulador computacional?	Se sim) Em que ocasião?	Se não, fazer pergunta (2)	Compreender o domínio tecnológico do professor.
11)	Se fosse possível promover algumas práticas através de simulação computacional, você utilizaria?	Se sim) Em que situações você aplicaria?	Se não, fazer pergunta (2)	Potencial e limites do simulador na prática.
12)	Por quais motivos você não faria uso da simulação computacional?			O que o simulador não substitui?
13)	O que considera importante para a execução de uma atividade experimental, que ocorra por meio virtual?	Caso seja necessário, fazer questão 14)		O que é necessário e o que impediria seu uso? O que é importante para a elaboração de um simulador computacional?
14)	O que não pode faltar em um simulador computacional, que busca representar fenômenos químicos?			Compreender quais recursos que o docente considera necessário para o uso do simulador.

15)	De acordo com que referências/método você construiria a avaliação dos alunos?			Como avaliar o aluno na forma virtual?
<u>QUARTO BLOCO DA ENTREVISTA</u>				
16)	Agradecer a participação, questionar se há algo que o professor considera relevante que não foi discutido durante a entrevista.			