

JOSÉ ANTONIO MARUYAMA

**LABORATÓRIOS VIRTUAIS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA:** potencialidades e limites na
perspectiva de estudantes de graduação



ARARAQUARA
2022

JOSÉ ANTONIO MARUYAMA

**LABORATÓRIOS VIRTUAIS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA: potencialidades e limites na
perspectiva de estudantes de graduação**

Tese de Doutorado, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar da Faculdade de Ciências e Letras – Unesp/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Doutor em Educação Escolar.

Linha de pesquisa: Política e Gestão Educacional

Orientador: Prof. Dr. Silvio Henrique Fiscarelli

ARARAQUARA
2022

M3891 Maruyama, José Antonio
Laboratórios virtuais para o ensino de Química: :
potencialidades e limites na perspectiva de estudantes de
graduação / José Antonio Maruyama. -- Araraquara, 2022
171 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara
Orientador: Silvio Henrique Fiscarelli

1. Virtual Lab. 2. Tecnologias Digitais da Informação e
Comunicação. 3. Dimensões da Química. 4. Ensino de Química.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

JOSÉ ANTONIO MARUYAMA

LABORATÓRIOS VIRTUAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: potencialidades e limites na perspectiva de estudantes de graduação

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar da Faculdade de Ciências e Letras – UNESP/Araraquara, como requisito para obtenção do título de Doutor em Educação Escolar.

Linha de pesquisa: Política e Gestão Educacional

Orientador: Prof. Dr. Silvio Henrique Fiscarelli

Data da defesa: 16/08/2022

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Silvio Henrique Fiscarelli

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara.

Membro Titular: Prof. Dr. Sebastião de Souza Lemos

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara.

Membro Titular: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
Instituto de Química de Araraquara.

Membro Titular: Prof. Dr. Everton Bedin

Universidade Federal do Paraná.

Membro Titular: Profa. Dra. Luciane Penteado Chaquime

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

Local: Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Letras
UNESP – Campus de Araraquara

Para

Carol, minha mulher.

Clarice, minha mãe e Alberto (em memória), meu pai.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Doutor Silvio Henrique Fiscarelli, pela orientação e acima de tudo, por ter me aceitado desde o início da seleção do programa com meu projeto inicial sobre museus de ciências, minha agenda corrida e por toda a paciência com que me formou para chegar nessa etapa atual.

Aos professores Doutores Amadeu Moura Bego e José Luís Bizelli pelas contribuições na Qualificação. Seus comentários e críticas foram extremamente pertinentes e me guiaram para que esta tese atingisse este resultado.

Aos professores doutores Sebastião Lemos (Cuca), Amadeu Bego, Everton Bedin e a professora doutora Luciane Chaquime pelas relevantes contribuições durante a banca de defesa.

Aos amigos do setor de laboratórios do IFSP/MTO, Elis, Gui Christiani, Gui Pegler, Ivânia, Jana e Yuri. Vocês fizeram de tudo para que eu continuasse, nunca desanimasse e pudesse disponibilizar todo o tempo para me dedicar a esse estudo. Meus agradecimentos pelas conversas e ensinamentos são gigantescos.

À professora doutora Carolina Lourencetti, uma amiga desde os tempos da Licenciatura no IQ/Unesp. Você salvou meu Doutorado! Graças à sua disponibilidade e ajuda pude alterar o público-alvo do projeto e, neste contexto pandêmico, colher dados para pesquisar e escrever esta tese. Saiba que você é um dos meus exemplos de professora, com sua dedicação, profissionalismo e amor a essa profissão. Muito, muito obrigado Carol!

Aos meus colegas e amigos do colégio Dom Bosco COC/Guariba. As risadas nos intervalos das aulas e gargalhadas nos churrascos de confraternização tornam muito mais leves as rotinas e desafios de ser professor.

Aos alunos e alunas do colégio Dom Bosco COC/Guariba. Não somente aos deste ano, mas a todos e todas que estiveram comigo nas aulas desde 2006. Vocês têm me ensinado nesses últimos dezesseis anos muito mais do que eu para vocês.

Aos alunos e alunas que participaram desta tese, respondendo a questionários e participando de atividades remotas, mesmo estando saturados e saturadas de tantas aulas assistidas a partir de uma tela de computador, celular ou *tablet*.

Aos amigos Daniel e Camila pelos momentos de lazer originados pelos passeios e turismos que realizamos juntos. Vocês são nossos guias e mediadores que nos ensinam

sobre as cidades, os museus, os locais, artistas, escritores e escritoras... a amizade de vocês é essencial para minha vida.

À professora doutora Camila Silveira da Silva. Acima lhe agradeço pela amiga que é. Aqui agradeço à professora que é, uma exemplar única de dedicação, amor e defensora das mulheres. Sua ajuda começou bem antes deste Doutorado, pois você sempre que incentivou para que eu o fizesse e durante a seleção já me ajudou com ideias para o projeto inicial, depois para o projeto final, com o texto de Qualificação e agora com a Tese. Minha gratidão por tudo que você fez e faz por mim é imensurável.

À minha família, minha mãe Clarice, sempre presente em minha vida, pelos cuidados e orações diárias. Meu pai Alberto, que infelizmente foi cedo (“os bons morrem antes”), me ensinou sobre o que é ser um ser humano. Se tenho um objetivo na vida, posso dizer que é ser pelo menos metade do que o senhor foi. Muito obrigado meus pai e mãe por me possibilitarem o livre arbítrio sempre. Ao meu irmão Alberto Jr, minha cunhada Sílvia e minha sobrinha Kyra. Vocês sempre estão ao meu lado e me deram a afilhada dos sonhos. E a todos os tios, tias, primos e primas das famílias Maruyama, Kavachi/Kawachi e Rocha (minha sogra Maria Edna e meu sogro Sebastião).

Aos meus amados Jack e Marie, meus cachorros, que me enchem de alegria e amor, todos os dias, todos as horas, todos os minutos. Que pena que nós seres humanos não somos mais parecidos com vocês.

À todas e todos que não nomeei, mas contribuíram para minha formação.

Por fim, meu último agradecimento, para a mulher da minha vida, minha esposa, minha namorada, meu amor. Carol, sem você ao meu lado essa tese não teria saído. Você é a responsável por meu lado humano, pelo meu lado passional e emocional. Sem você eu seria apenas um robzinho sem sentimentos, sem você “não passo de uma máquina. Uma máquina insensível, eficaz e resistente. Que suga o tempo novo por uma ponta, transforma-o em velho, e o expelle por outra ponta. Que existe por existir” (MURAKAMI, 2013, p. 252). Meu amor por você vale mais que um mol e te amarei eternamente.

*“Às vezes, começar é como a gente continua”
King, T. 2022, p. 79.*

RESUMO

Os laboratórios virtuais são exemplos de recursos educacionais das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação que podem ser utilizados no ensino de Química e são classificados como *softwares* de simulação capazes de apresentar situações parecidas com as encontradas em um laboratório. Tais simulações têm potencial para o favorecimento do processo de ensino e aprendizagem por meio da visualização de fenômenos, como mudança de cor, formação de precipitado, liberação de gás e alteração de pH. A observação favorece a construção de modelos, que pode conduzir estudantes ao aprimoramento do exercício de abstração e de entendimento do conceito. Investigar as potencialidades e limitações de um laboratório virtual a partir da perspectiva de estudantes Graduação foi o objetivo deste trabalho de pesquisa. Para tanto, selecionamos o *Virtual Lab*, um *software* gratuito, e os conceitos de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico foram investigados à luz das dimensões da Química. Essa pesquisa se enquadra na metodologia qualitativa e a coleta dos dados se deu a partir da aplicação de questionários, observações e relatórios de práticas, ao passo que a análise dos dados foi referendada pela Análise de Conteúdo. O *Virtual Lab* foi classificado pelos participantes como sendo de boa usabilidade, sendo os poucos problemas encontrados relacionados à falta de conhecimento/experiência com o *software*. No geral, a maioria dos participantes relatou que o laboratório virtual utilizado contribuiu para o entendimento dos conceitos, favorecendo a formação de modelos e a abstração dos fenômenos, indicando a migração da dimensão macro para a submicroscópica, ou teórica para o fenomenológico. A maioria deles classificou o uso do *Virtual Lab* como uma ótima ferramenta de apoio ao ensino de Química, tanto para escolas que não possuem laboratórios físicos, quanto em momentos em que a aula presencial não pode ser realizada, mas principalmente, como complemento de uma teoria e prévia de uma prática experimental. Por fim, foi possível observar a influência do contexto pandêmico e a importância do “elemento humano” na aprendizagem de conceitos, ou seja, as dimensões da Química não podem ser estudadas desconexas do contexto social e requerem uma constante busca por um uso crítico das tecnologias da informação e comunicação.

Palavras-chave: *Virtual Lab*. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. Dimensões da Química. Ensino de Química

ABSTRACT

Virtual laboratories are examples of educational resources of Digital Information and Communication Technologies that can be used in Chemistry teaching and are classified as simulation software capable of presenting situations like those found in a laboratory. Such simulations have the potential to favor the teaching and learning process through the visualization of phenomena, such as color change, precipitate formation, gas release and pH change. Observation favors the construction of models, which can lead students to improve the exercise of abstraction and understanding of the concept. Investigating the potential and limitations of a virtual laboratory from the perspective of undergraduate students was the objective of this research work. For that, we selected the Virtual Lab, a free software, and the concepts of Titration of Neutralization and Chemical Equilibrium were investigated in the light of the levels of Chemistry. This research fits into the qualitative methodology and data collection took place through the application of questionnaires, observations, and practice reports, while data analysis was endorsed by Content Analysis. The Virtual Lab was classified by the participants as being of good usability, with the few problems found related to the lack of knowledge/experience with the software. In general, most participants reported that the virtual laboratory used contributed to the understanding of concepts, favoring the formation of models and the abstraction of phenomena, indicating the migration from the macro to the submicroscopic, or theoretical to the phenomenological dimension. Most of them classified the use of the Virtual Lab as a great tool to support the teaching of Chemistry, both for schools that do not have physical laboratories, and at times when the face-to-face class cannot be held, but mainly as a complement to a theory. and prior to an experimental practice. Finally, it was possible to observe the influence of the pandemic context and the importance of the "human element" in the learning of concepts, that is, the dimensions of Chemistry cannot be studied disconnected from the social context and require a constant search for a critical use of technologies. of information and communication.

Keywords: Virtual Laboratories. Digital Information and Communication Technologies. Levels of Chemistry. Chemistry teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Apresenta a imagem do simulador Virtual Labs do Ministério da Educação do Reino Unido.....	57
Figura 2: Apresenta a imagem do Laboratório Virtual Lab da Carnegie Mellon University.....	58
Figura 3: Apresenta a imagem do Laboratório Virtual Yenka Chemistry.....	59
Figura 4: Níveis de representação defendido por Johnstone em 1982.....	66
Figura 5: Os níveis do pensamento químico para Johnstone (1991) representados na figura de um triângulo equilátero: macroscópico, submicroscópico e simbólico.....	67
Figura 6: Três aspectos da representação nas ciências físicas, extraídos de Johnstone (2010).	68
Figura 7: Exemplos de representações para a molécula de água.....	69
Figura 8: Triângulo que representa o objetivo das investigações da Química.....	71
Figura 9: Aspectos do conhecimento químico, extraído de Mortimer, Machado e Romanelli (2004).....	71
Figura 10: Apresenta um exemplo de representação das três dimensões da Química utilizando como exemplo a combustão de uma vela.....	73
Figura 11: Apresenta uma atividade de titulação no Virtual Lab.....	79
Figura 12: Tetraedro do ensino de Química e a quarta dimensão: o elemento humano.....	82
Figura 13: Características definidoras da Análise de Conteúdo.....	86
Figura 14: Apresenta os gráficos de Equilíbrio Químico para a reação de dimerização de dióxido de nitrogênio.....	92
Figura 15: Reação da dimerização de dióxido de nitrogênio em Equilíbrio Químico apresentado nas três dimensões de Johnstone.....	93
Figura 16: Apresenta a titulação de uma amostra de vinagre realizada no laboratório virtual Yenka.....	95
Figura 17: Gráfico com as porcentagens de alunos e alunas nos respectivos cursos e as porcentagens de gênero em cada um dos cursos frequentados.....	102
Figura 18: Gráfico de variação de pH em função do volume de base adicionada em três concentrações ácidas e diferentes indicadores ácido-base.....	107
Figura 19: Gráfico de uma curva de titulação de neutralização que pode ser construído no laboratório virtual.....	108

Figura 20: Dados coletados pela dupla de estudantes (LQ3 – o outro aluno não respondeu ao questionário da pesquisa) durante a realização da atividade de Titulação no Virtual Lab.....	109
Figura 21: Tabela construída pela dupla de estudantes (LQ5 – a outra aluna não respondeu ao questionário da pesquisa) com os dados coletados durante a prática no Virtual Lab e os comentários, em destaque, feitos pela professora.....	111
Figura 22: Apresenta a porcentagem de respostas sobre a pergunta: Você acredita que um laboratório virtual pode substituir uma prática experimental real?.....	112
Figura 23: Exemplo de cálculos envolvidos na atividade de Equilíbrio Químico e determinação de solução tampão elaborados pelo participante EQ20.	122
Figura 24: Apresenta o gráfico indicando a quantidade de estudantes que demonstrou ter conseguido associar a teoria e a prática virtual.	123
Figura 25: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “Se o software (Virtual Lab) não fornecesse os valores de pH da solução tampão após a adição de ácido ou base, seria possível efetuar os cálculos do pH final da solução?”	124
Figura 26: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “Você conseguiu efetuar todos os procedimentos e obter as medidas de valor de pH?”	125
Figura 27: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “Quais as principais dificuldades encontradas?”	126
Figura 28: Explicação dada por uma participante (LQ28) sobre a atividade realizada.	127
Figura 29: Apresenta o gráfico com as porcentagens de respostas da pergunta “Um laboratório virtual pode substituir um real?”	131
Figura 30: Pergunta do questionário aplicado na atividade de Equilíbrio Químico. ..	132
Figura 31: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “Se, antes das aulas práticas, fossem ministradas práticas no laboratório virtual”	133
Figura 32: Apresenta o gráfico com a porcentagem de resposta da pergunta “Você utilizaria o laboratório virtual?”	137
Figura 33: Apresenta as escolhas dos alunos sobre quando utilizar o laboratório virtual.	138
Figura 34: Apresenta a imagem de uma transferência de líquido de um erlenmeyer para uma bureta de 50mL.....	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em instalar o Virtual Lab e as respectivas percentagens.	103
Tabela 2: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em utilizar o Virtual Lab e as respectivas percentagens.	104
Tabela 3: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em instalar o Virtual Lab e as respectivas percentagens.	119
Tabela 4: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em utilizar o Virtual Lab e as respectivas percentagens.	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de alguns laboratórios virtuais e simuladores disponíveis na internet.	56
Quadro 2: Perfil dos participantes da pesquisa.	87
Quadro 3: Apresenta os títulos dos livros e os títulos dos respectivos projetos ligados a cada um dos quatro grandes temas.	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IAGE	Informática Aplicada à Gestão Escolar
CCA	Centro de Ciências de Araraquara
IQ	Instituto de Química da Unesp de Araraquara
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
IFSP/MTO	Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação de Matão/SP
LV	Laboratório Virtual
SARS-CoV-2	Síndrome respiratória aguda grave do tipo-2
COVID-19	<i>Corona Virus Disease</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
PhET	<i>Physics Education Technology</i>
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
pH	Potencial hidrogeniônico
NaCl	Cloreto de sódio
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
EaD	Educação a Distância
IES	Instituições de Ensino Superior
MEC	Ministério da Educação
UAB	Universidade Aberta do Brasil
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
GL	Gay-Lussac
INPM	Instituto Nacional de Pesos e Medidas
NSDL	<i>National Science Digital Library</i>
H₂SO₄	Ácido sulfúrico
CO	Monóxido de carbono

N₂O₄	Tetróxido de dinitrogênio
NO₂	Dióxido de nitrogênio
K_c	Constante de Equilíbrio Químico em termos de concentração
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
STEAM	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematic</i>
HCl	Ácido clorídrico
pK_a	Potencial da constante de acidez
pK_b	Potencial da constante de basicidade

SUMÁRIO

<i>INTRODUÇÃO</i>	16
<i>AS TIC NO ENSINO DE QUÍMICA</i>	30
2.1 Conceituações sobre as TIC.....	30
2.2 A utilização de TIC de modo crítico	37
2.3 As TIC nas disciplinas de Química de graduandos e na formação de professores.....	47
2.4 Os Laboratórios Virtuais de Química	52
2.4.1 Laboratórios virtuais: definição, tipos e caracterização	52
<i>AS DIMENSÕES DA QUÍMICA</i>	61
3.1 O ensino e a aprendizagem de Química	61
3.2 As dimensões da Química: JOHNSTONE	65
3.3 As dimensões da Química: MORTIMER; MACHADO E ROMANELLI... 71	
3.4 As dimensões da Química: MAHAFFY	81
<i>METODOLOGIA DA PESQUISA</i>	85
4.1 Participantes da Pesquisa	87
4.2 Instrumentos e estratégia para a constituição de dados	90
4.3 O contexto dos conceitos Titulação e Equilíbrio Químico no Novo Ensino Médio	91
<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	101
5.1 Resultados sobre as atividades de Titulação	101
5.2 Resultados sobre as atividades de Equilíbrio.....	118
<i>CONCLUSÕES</i>	144
<i>REFERÊNCIAS</i>	151
<i>APÊNDICES</i>	159

INTRODUÇÃO

Esta Tese aborda a linha temática do campo de Ensino de Química sobre Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), tendo como foco os Laboratórios Virtuais como recursos educacionais.

Para compreensão dos caminhos que me conduziram até este assunto, exponho parte de minha trajetória profissional que se inicia com a minha formação acadêmica e me insere, posteriormente, no Grupo de Pesquisa IAGE - Informática Aplicada à Gestão Escolar, coordenado pelo meu orientador de Doutorado, Prof. Dr. Silvio Fiscarelli.

Sou licenciado em Química pelo Instituto de Química da Unesp de Araraquara e escolhi me tornar um químico porque me apaixonei pela disciplina de Química na escola, já em meu primeiro ano no Ensino Médio. Diferentemente da maioria dos estudantes que ouvem falar de Química e a relacionam com explosões, experiências divertidas que mudam de cor ou liberam fumaças e gases, ou com a produção de substâncias proibidas, como drogas e bebidas alternativas, eu gostava de saber sobre as estruturas da matéria e, principalmente, dar um significado para os cálculos que fazíamos, aplicando regras matemáticas antes só visualizadas em teorias. Na Química, pude usá-las em situações-problemas muito interessantes, e isso me levou a fazer o famigerado vestibular. E nesta época, um desafio inicial se apresentou a mim: Bacharelado ou Licenciatura? Escolhi a Licenciatura porque era um curso noturno e sabia que necessitaria trabalhar para me manter, ambigualmente à vontade de, ao terminar minha Graduação, trabalhar em uma indústria. A decisão foi certa, porque o curso noturno me possibilitou tempo disponível para conhecer as diversas áreas da Química, pois tinha a consciência da necessidade de experimentar na prática o que era um laboratório de pesquisa, um laboratório industrial e uma sala de aula. Essas buscas e vivências não me proporcionaram as melhores notas nas avaliações das disciplinas do curso, mas me apresentaram contextos, pessoas e atividades que me fortaleceram e enriqueceram minha formação pessoal e profissional. Nas investidas por projetos e nas buscas por atividades, me encontrei professor em um projeto de extensão universitária, no Centro de Ciências de Araraquara - CCA. Foi na Graduação que solidifiquei meu alicerce profissional, com exemplos de professoras e professores, servidores e servidoras administrativos que me educaram e ensinaram não apenas os conceitos químicos, mas também as virtudes e éticas de que um profissional deve levar consigo. Assim que me formei, iniciei minha carreira docente na Educação Básica, em uma escola estadual em Itápolis/SP, minha cidade natal, profissão que sigo até hoje. Continuei

atuando como voluntário no CCA e foi lá que aprendi a necessidade de levar para a escola vários aspectos da educação não formal, conciliando desta forma o formal e não formal.

Foi no Centro de Ciências que participei da elaboração e execução de um projeto chamado Gincana Tecnológica e Investigativa de Química (GTIQ) e com ele nasceu meu interesse pelo uso de tecnologias digitais na educação, tema central desta Tese. Pouco tempo depois fiz meu Mestrado Profissional em Ensino de Química, na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, investigando o referido projeto. No mesmo período, a escola que lecionava, e ainda leciono, colégio Dom Bosco COC Guariba/SP, adquiriu lousas digitais e meu interesse pela tecnologia aumentou ainda mais. Entretanto, o tempo e a experiência dentro de escolas e salas de aula, assim como a convivência com professoras e professores de diversas áreas e formações me mostraram um problema: a grande maioria dos profissionais da educação apresentam dificuldades com o uso dessas ferramentas tecnológicas dentro das salas de aula, nas escolas.

Essa constatação ficou e está comigo desde então e sempre me questiono se os cursos de Licenciatura oportunizam experiências didáticas aos graduandos para enfrentar tal situação em uma sala de aula. Em 2018, atuando no Instituto Federal de São Paulo, campus Matão, IFSP/MTO, desde 2013, após muitas conversas e debates com meus colegas de *campus* e, principalmente, setor, decido participar da seleção para o Doutorado em Educação Escolar da Faculdade de Ciências e Letras da Unesp de Araraquara. Além de decidir pela participação, seria necessário escolher a linha de pesquisa e orientador. Neste momento de buscas, encontro o professor Silvio e seu grupo, com pesquisas nessa área de tecnologias e educação.

Ao ingressar no referido Programa, decidimos por pesquisar a influência dos Laboratórios Virtuais (LV), como recursos didáticos aplicados previamente às aulas práticas dos estudantes de primeiro ano do Ensino Médio do IFSP de Matão. Com a pesquisa, almejávamos investigar as contribuições que os LV teriam para o aprendizado dos estudantes, além de iniciar a preparação para um procedimento experimental. Acreditávamos que laboratórios virtuais possibilitariam que eles trocassem os reagentes e observassem as consequências dessas escolhas sem a preocupação ambiental, uma vez que não seriam gerados resíduos, não haveria gastos financeiros, não teria nenhuma periculosidade e poderiam fazê-lo em qualquer momento do dia ou da noite. Devido ao início da pandemia da COVID-19, em meados de março de 2020, as aulas presenciais foram suspensas e apenas em março de 2022 elas voltam à sua forma presencial (muitas disciplinas universitárias continuam em modo híbrido – presencial-distância até o presente momento da escrita deste texto).

Como consequência, não conseguimos aplicar as atividades previstas no projeto. Assim como a maioria das pessoas, não imaginávamos que a pandemia, o distanciamento social e a quarentena durariam tanto e, lamentavelmente, fomos obrigados a alterar o desenvolvimento do projeto e conseqüentemente seus objetivos e, principalmente, o cronograma.

Com a mudança e ainda com as aulas presenciais suspensas, fomos forçados a desenvolver atividades de maneira remota e reduzir drasticamente a quantidade de atividades e constituição de dados, pois, apesar dos estudantes estarem de maneira remota há mais de um ano, eles ainda tinham muitas dificuldades, sejam elas técnicas: falta de computadores, celulares e internet; financeiras: muitos alunos e alunas tiveram que iniciar sua vida no mercado de trabalho para contribuir com a renda familiar, pois muitos responsáveis perderam seus empregos; emocionais: estudantes diagnosticados com depressão e elevada ansiedade; saúde: contaminações pelo coronavírus e as conseqüências dessas contaminações e; cognitivas: dificuldades de aprendizagem devido ao ensino remoto e sua adaptabilidade necessária.

Definidos os novos direcionamentos do projeto, mantivemos a investigação das potencialidades e das limitações da utilização dos laboratórios virtuais, porém com a alteração do público-alvo: aplicamos as atividades com alunos e alunas de Graduação dos cursos do IFSP de Matão que participaram da disciplina de Química Analítica Qualitativa e Quantitativa: cursos de Licenciatura em Química; Engenharia de Alimentos e Engenharia de Energias Renováveis.

O delineamento do presente estudo considera alguns pressupostos sobre o papel que os recursos tecnológicos digitais assumem no contexto da educação escolar. A grande heterogeneidade presente em uma sala de aula, seja ela social, cultural ou econômica, concomitante às constantes alterações do cenário educacional, ocasionam grandes desafios ao ensinar. Como consequência, há a necessidade por parte do professor e da professora de buscarem alternativas para confrontar, de forma satisfatória, todo esse cenário. Nesse aspecto, com relação à utilização de recursos tecnológicos, concordamos com Serra e Arroio (2007) ao afirmarem que as ferramentas tecnológicas possuem grande potencial pedagógico e, por isso, devem estar presentes nos “[...] cursos de formação continuada de professores para que atuem em sala de aula de maneira contextualizada, interdisciplinar e contribuam para a melhoria do ensino da ciência” (SERRA; ARROIO, 2007, p. 9). Dessa maneira, as TDIC quando bem arquitetadas e elaboradas, podem promover um bom vínculo entre o educador/educadora, o assunto a ser estudado e o aluno/aluna, ao mesmo tempo em que, conforme apontam algumas pesquisas, podem possibilitar estímulos motivacionais com resultados positivos no processo de ensino e aprendizagem.

Alguns desses estudos apontam que as TDIC podem despertar o interesse do educando/educanda porque o insere em um mundo que ele já faz parte, ou seja, ela permite que o celular e o computador sejam utilizados como recursos didáticos de ensino, valorizando não apenas a apropriação de conteúdos e conhecimento, mas, principalmente, as habilidades do pensamento (SERRA; ARROIO, 2007). Isso possibilita novos processos criativos, novas aproximações e associações estimulando a elaboração de significados e ampliando o diálogo. Nesse sentido, a escola precisa buscar nas TDIC instrumentos para estimular e potencializar a aprendizagem dos conteúdos curriculares pelos alunos e pelas alunas.

Os estudantes, entre outras características, aprendem a receber informação com rapidez, gostam do processo paralelo, de realizar várias tarefas ao mesmo tempo, preferem fazer seus gráficos antes de ler o texto, enquanto os docentes creem que acompanham a era digital apenas porque digitam e imprimem textos, têm e-mail, não percebendo que os estudantes nasceram na era digital (BRASIL, 2013, p. 25).

Entretanto, a necessidade criada pelo uso da tecnologia como recurso educacional estabelece o indispensável conhecimento de como aplicar e explorar todo seu potencial em uma sala de aula, principalmente, quando empregados no processo de ensino e aprendizagem. Na era do conhecimento, as TDIC privilegiam a transmissão de dados, possibilitando novos processos de aprendizagem a distância. E ensinar com as TDIC será uma revolução se mudarmos simultaneamente os paradigmas convencionais do ensino, que conservam distantes os professores e os alunos, caso contrário, conseguiremos dar um verniz de modernidade, sem mexer no essencial (MORAN, 2000).

Para este trabalho de pesquisa, consideramos que as TDIC são classificadas como sendo recursos didáticos e não como uma metodologia de ensino. Para tal definição nos baseamos no artigo de Alves e Bego (2020) que diz que a

acepção de metodologia que se defende neste trabalho como mais adequada é aquela em que seu sentido está próximo ao de sua origem etimológica, ou seja, relacionada com o significado de caminho, no sentido de estudo dos métodos. Entende-se, nessa perspectiva, que um professor não muda suas concepções de fundo em diferentes momentos e atividades no contexto da sala de aula, mas possui uma certa concepção metodológica, explícita ou implícita, que orienta de certo modo o desenvolvimento de suas ações. Logo, um professor não utilizaria diferentes metodologias para ensinar determinado tópico, mas possui uma determinada tendência metodológica que orienta suas ações em sala de aula (ALVES; BEGO, 2020, p. 82).

E concluem que

a metodologia está relacionada ao plano teórico acerca das concepções de fundo sobre o processo de ensino e aprendizagem. A metodologia se relaciona ao caráter social da área em termos das proposições de abordagens para o ensino pautadas em determinadas concepções, princípios e pressupostos (ALVES; BEGO, 2020, p. 86).

Enquanto o recurso didático é entendido como uma estratégia de ensino e os autores propõem que “as estratégias sejam compreendidas como um conjunto de ações intencionais e planejadas que visam à consecução dos objetivos de aprendizagem delimitados” (ALVES; BEGO, 2020 p. 83). No mesmo trabalho, os autores ainda apresentam alguns exemplos de estratégias de ensino de Ciências: utilização de experimentação; uso de mapas conceituais; uso de jogos didáticos; uso de História e Filosofia da Ciência; aplicação de estudos de casos; utilização de modelos, analogias e metáforas; dentre outras (ALVES; BEGO, 2020). Portanto, os recursos didáticos “podem ser entendidos como suportes físicos que são veículos de algum conteúdo e auxiliam no desenvolvimento das estratégias didáticas, mas que não são produzidos necessariamente pelos professores” (ALVES; BEGO, 2020 p. 88).

De acordo com Antunes (2010), as estratégias de ensino convencionais não agradam aos educandos, para conseguir despertar o interesse e a atenção, é preciso estar atento aos seus cotidianos e, mais, integrado com as mudanças tecnológicas. Portanto, se faz necessário buscar por novas estratégias e metodologias.

Em uma pesquisa elaborada por Maruyama e Fiscarelli (2020) os autores investigaram o uso de computadores e celulares nas aulas remotas de um colégio privado do interior do Estado de São Paulo, durante a pandemia da COVID-19, e notaram que no início das aulas remotas os alunos e as alunas mostraram-se bastante participativos, muito interessados e assíduos. Com o passar do tempo e das aulas, eles relataram que a maioria delas tornou-se idênticas às aulas tradicionais ministradas dentro da escola e como consequência diminuiu-se consideravelmente a assiduidade, a participação e o interesse dos educandos e das educandas.

Os pesquisadores destacaram que a utilização de aulas remotas não estava inserida no projeto pedagógico do colégio e os professores e as professoras não tiveram tempo hábil para se capacitarem sobre o uso de TDIC. O resultado é que o uso das tecnologias por si só não representa mudança pedagógica caso ela seja usada somente como suporte tecnológico, seja para demonstrar um conceito, seja para ilustrar a aula. Mais uma vez, destaca-se a importância que ela faça parte da metodologia e esteja inserida em um contexto, pois desta forma as TIC podem se tornar um mediador da aprendizagem podendo contribuir para uma melhoria no

processo de ensino e aprendizagem. Portanto, é coerente levar em conta que, para aperfeiçoar a qualidade do ensino, o professor e a professora estejam em constante capacitação e cientes que as tecnologias estão presentes no cotidiano de muitas pessoas; logo, ela deve estar também nas salas de aula.

Para Kenski (2012), a revolução digital transforma o espaço educacional, entretanto, segundo Leite (2015), apesar da recorrente inserção de recursos tecnológicos digitais, como projetores e computadores conectados à internet, no contexto educacional, a velocidade com que são inseridas e usadas, por professores e professoras ainda é preocupante, refletindo em necessárias discussões e pesquisas sobre as abordagens teóricas e metodológicas desses recursos, além da inserção dessas pesquisas no universo da escola. Portanto, é urgente que elas cheguem nas leituras e estudos desses professores e dessas professoras.

O contexto pandêmico acelerou exponencialmente a inserção das TDIC nas escolas e universidades, seja para o oferecimento de aulas remotas, seja no uso de aplicativos de comunicação como *Google Meet*, *Microsoft Teams*, ou *softwares* de animação, realidade aumentada e simulação, como os laboratórios virtuais, utilizados para demonstrar representações de fenômenos físicos e químicos. Tais recursos são merecedores de atenção, uma vez que a utilização dessas ferramentas pode contribuir e favorecer uma elaboração conceitual e até a ampliação da capacidade de abstração, tão importante para o entendimento de conceitos químicos.

Os laboratórios virtuais, portanto, revelam-se como potenciais recursos para o ensino de Química. Alguns pesquisadores como Aquino e colaboradores (2017), Bottentuit Junior e Coutinho (2007), Lucena, Santos e Silva (2013) e Gomes, *et al.* (2020) têm estudado a usabilidade dos laboratórios virtuais no Ensino de Química e de modo geral. Os LV analisados são classificados como de fácil instalação (quando necessário, uma vez que a maioria deles não requer a instalação em um computador e é usado de maneira *online* nos sites das empresas que os disponibilizam), fácil utilização ou alta usabilidade e navegabilidade.

Outras pesquisas têm estudado a importância de *softwares* de simulação, como os laboratórios virtuais, na aprendizagem de conceitos químicos. Em suas pesquisas, Machado (2016) estuda a criação de situações-problema capazes de estimular o aluno e a aluna a superá-los com o uso de simulações. Em suas constatações iniciais, o autor afirma que as TDIC têm “potencial de aplicação nas atividades de ensino, favorecendo assim o processo de ensino e aprendizagem” (MACHADO, 2016, p. 109). Já na pesquisa realizada por Fiscarelli e colaboradores (2013), os autores afirmam que o uso de simuladores contribui para que os

estudantes reflitam sobre a atividade prática e os procedimentos nela envolvidos, refletindo os erros experimentais e o uso correto de vidrarias e reagentes, sem ter a necessidade de se preocupar com o uso de uma substância errada e ter que descartá-la e, desta maneira, agredir o meio ambiente ou ter um gasto financeiro maior.

Pascoin e Carvalho (2021) analisaram três experimentos virtuais do portal PhET – *Interactive Simulation* e apontaram a facilidade do usuário e da usuária em controlar parâmetros numéricos ocasionando uma percepção e influência, por exemplo, da quantidade de um soluto dissolvido em um solvente na concentração de uma solução, além da comodidade de realizar tal medida sem sair de casa ou da necessidade de um laboratório físico. Entretanto, mencionaram a incompletude de representações simbólicas (reações químicas – representações químicas por meio de fórmulas e equações) não apresentadas pelo *software* e que pode vir a comprometer a compreensão dos processos envolvidos na interpretação dos signos não verbais.

Apesar de encontrar diversos trabalhos que pesquisam e estudam tais simuladores e laboratórios virtuais, como os citados anteriormente, ainda são poucos os que pesquisam os LV que permitem uma maior liberdade de procedimentos e escolhas livres por parte dos usuários e das usuárias, como os apresentados nos laboratórios *Yenka Chemistry* e *Virtual Lab*, por exemplo. Este tipo de laboratório virtual possibilita que os usuários e as usuárias escolham suas vidrarias e reagentes, podendo construir seus próprios procedimentos experimentais e ainda testar outras substâncias em substituição às escolhidas inicialmente, experimentando seus resultados, formando suas conclusões como se estivessem em um laboratório físico, ou seja, o aluno e a aluna que utilizam esse recurso educacional podem construir suas interpretações e relacioná-las com os conteúdos químicos estudados. Um exemplo de trabalho nesse tipo de LV foi feito por Davenport e colaboradores (2018). Neste trabalho, os autores investigaram quais seriam, se elas ocorressem, as contribuições que um laboratório virtual ocasionaria na compreensão de conceitos químicos em alunos e alunas da Educação Básica. Na pesquisa, os autores utilizaram o *Virtual Lab* e o aplicaram a mais de 1.400 alunos e alunas de uma escola de Ensino Médio e descobriram que aqueles e aquelas que usaram as atividades *online* demonstraram maior aprendizagem, conforme evidenciado pela melhoria na resolução de problemas e investigação ao longo do curso das atividades e por melhorias estatisticamente significativas do pré ao pós-teste. Entretanto, essa melhoria foi encontrada somente quando a atividade no *Virtual Lab* foi realizada posteriormente a uma explicação teórica do professor, atuando assim como uma atividade complementar. De modo geral, os autores concluíram que

o contexto de como a atividade é aplicada e como o laboratório virtual é inserido na metodologia do professor influenciam significativamente no resultado e na aprendizagem dos estudantes.

Em pesquisa realizada por Lucena, Santos e Silva (2013) os autores apresentam o laboratório virtual como recurso didático utilizado por professores, professoras e escolas que não possuem laboratório físico. De imediato, os pesquisadores deixam claro que o LV não é usado para substituir a aula prática e muito menos o professor ou professora, além de destacar a importância da experimentação real no ensino de Química. Em seus resultados eles abordam que a utilização do LV contribui para um maior entendimento dos conceitos químicos por parte de alunos e alunas do 1º ano do Ensino Médio quando comparados com a compreensão advinda do uso exclusivo do livro didático. Na pesquisa, eles destacam que 90% dos consultados julgaram ser acessível à facilidade e a praticidade de utilização do *software*, no caso o LV foi o *Crocodile Chemistry*, atualmente *Yenka Chemistry*. Por fim, relatam ainda a necessária e importante qualificação profissional dos docentes para uma melhor utilização dos recursos do LV, sugerindo a introdução de uma disciplina de Informática no Ensino de Química nos cursos de formação inicial de professores e professoras, pois possibilitaria:

[...] o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades para o uso criativo das tecnologias computacionais em suas práticas educacionais. Neste sentido, as instituições de ensino superior devem investir na formação dos novos docentes e proporcionar alternativas que garantam a formação continuada daqueles que estão atuando nas escolas (LUCENA; SANTOS; SILVA, 2013, p. 35).

Os argumentos anteriormente apresentados indicam a real e imediata necessidade da criação de disciplinas que envolvam as TDIC nos cursos de Graduação e de formação de professores e professoras. Alguns cursos já possuem essas disciplinas, sejam com o título de Informática no Ensino de Química/Ciências, ou TIC/TDIC no Ensino, ou ainda como parte integrada de disciplinas como Metodologias no Ensino de Química/Ciências. Além da criação específica de uma disciplina de Tecnologia (Digital) de Informação e Comunicação, elas podem ser inseridas nas ementas das disciplinas que possuem carga horária de atividade teórica e prática, uma vez que o laboratório virtual pode contribuir para a formação do graduando.

Entretanto, ainda são poucas as pesquisas que abordam o uso de laboratórios virtuais nas disciplinas de Graduação e na formação docente. Como exemplo de pesquisa nessa linha pode-se citar o trabalho de Souza e colaboradores (2016) em que investigaram a compreensão e concepções de licenciandos em Química a respeito da contribuição do laboratório virtual Pearson – *Virtual Lab* de Química® para o ensino de Química, porém dois detalhes importantes devem ser destacados sobre este trabalho. O primeiro diz respeito ao LV escolhido, uma vez

que é um *software* pago, portanto de difícil acesso para a maioria dos professores e das professoras e alunos e alunas. E segundo e principal, o foco prioritário do trabalho era a elaboração de sequências didáticas e sua importância metodológica e não sobre a utilização do laboratório virtual e as consequências para a aprendizagem ou ensino de conteúdos científicos e/ou químicos.

Entender as potencialidades dos laboratórios virtuais nos cursos de graduação e como eles podem contribuir no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos carecem de estudos e o contexto pandêmico indicou a urgente discussão/continuação da utilização das TIC no ensino. Sendo assim, nesta nossa pesquisa foram investigados as potencialidades e os limites dos laboratórios virtuais e para atingir tal objetivo, foram selecionados dois conceitos bastante importantes e presentes no dia a dia das pessoas: Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico. Concomitante a isso, a escolha também se deu porque ambos os conceitos são relacionados a algumas competências e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da nova BNCC (2018) e porque fazem parte da maioria das ementas das disciplinas de Química Geral ou Química Analítica dos cursos de graduação como um todo e não somente nos de Química.

A Titulação de Neutralização é uma técnica que envolve alguns conceitos químicos, como Soluções, Estequiometria, Ácidos, Bases, pH e Mol. Essa técnica está presente na maioria das indústrias, principalmente no controle de qualidade de seus produtos. Por exemplo, pode-se citar as indústrias alimentícias que fazem uso da referida técnica com o intuito de controlar a acidez de um determinado produto. Devido à sua grande aplicabilidade e por estar inserida, direta e indiretamente, no contexto da maioria das pessoas e, conseqüentemente, dos estudantes, o ensino da Titulação se faz necessário, tanto em nível da Educação Básica, no Ensino Médio, quanto nos cursos Superiores que envolvem disciplina da área da Química.

Na BNCC (2018), na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Titulação pode ser um conceito norteador, e consta em seu documento que a aula deve possuir: “definição de problemas; levantamento, análise e representação; comunicação; intervenção, tornando assim um processo investigativo” (BRASIL, 2018, p. 322-323). Neste sentido, aprender Ciências vai além do aprendizado de conteúdos conceituais, o ensino deve ser contextualizado e inserido no cotidiano dos alunos e alunas. Para o conceito de Titulação, pode-se, por exemplo, instigar os alunos e as alunas a descobrir qual a concentração de ácido acético em uma amostra de vinagre adquirida em um supermercado ou venda qualquer.

Partindo-se desse pressuposto, pode-se afirmar que o conceito de Equilíbrio Químico está presente no dia a dia das pessoas, porém, como a maioria dos conteúdos científicos, ele passa despercebido. Um exemplo da relevância desse conceito é o equilíbrio químico entre os íons sódio e potássio em nosso metabolismo, que é de extrema importância para nossa saúde. Esse conceito pode ser exemplificado, de maneira muito simples, com uma lembrança de alguma ida a um bar para tomar uma cerveja com os amigos e amigas. Ao chegar em um bar qualquer e se sentar em uma mesa com os amigos, o garçom logo coloca a mesa um potinho com amendoins ou outro aperitivo do tipo. O que todos eles têm em comum: a grande quantidade de sal (NaCl, cloreto de sódio). Ao ingerir esse amendoim o cloreto de sódio se dissocia e libera íons sódio (Na^+), conseqüentemente, o equilíbrio entre íons sódio e potássio no organismo é desequilibrado. Como restabelecê-lo? Ingerir íons potássio. E onde esse tipo de íon pode ser encontrado? Na cerveja! Resultado: ingere-se mais cerveja! Esse é apenas um exemplo de como o Equilíbrio Químico está inserido no dia a dia. Ele também está presente na produção e ingestão de medicamentos e os diferentes tipos de recobrimentos de comprimidos: cápsulas, drágeas, sublingual, gelatinosos, outros. São várias as aplicações e utilidades do conceito e entendê-lo é fundamental para a formação de um cidadão crítico e capaz de opinar e discutir embasado cientificamente.

Em seu livro didático, Machado e Mortimer (2008) afirmam que as transformações químicas são essenciais para todos os seres vivos existentes no planeta, pois elas estão relacionadas com a produção de energia e formação de novos materiais, por exemplo. Podemos falar também que elas possuem velocidades diferentes, podem ser espontâneas, como no caso da queima de combustíveis, em que é necessária uma energia inicial para se começar a reação. Por sim, essas transformações podem ser irreversíveis ou reversíveis, sendo essa última uma reação em que os reagentes e produtos coexistem. Neste caso, estamos lidando com uma reação química em Equilíbrio Químico.

O conceito de Equilíbrio Químico está inserido na Competência Específica 1 da BNCC (2018):

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BNCC, 2018, p. 554)

Nesta competência, os fenômenos são analisados sob a perspectiva das relações entre ciência, matéria e energia. Por exemplo, como cita a BNCC (2018), pode-se considerar as possibilidades, limitações e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologia para a tomada

de decisões responsáveis e consistentes com base em várias considerações. É importante destacar que as habilidades que se relacionam a esta competência podem ser desenvolvidas com o uso de dispositivos e aplicativos digitais, potencializando e estimulando o ensino e a aprendizagem.

Nota-se, entretanto, que os conteúdos de Química abordados no Ensino Médio são variados e requerem muita abstração, além de poderem ser considerados bastante complexos uma vez que um conceito pode ser construído com outro e outro, levando a uma complexidade maior e conseqüentemente aumentando ainda mais a necessidade de abstração para seu melhor entendimento.

Alguns autores apontam que a dificuldade dos estudantes em entender determinado assunto de Química se deve por enxergarem tais conteúdos de forma compartimentada e sedimentada, um exemplo é citado por Meneses e Nuñez (2018), em que explicitam dificuldades que os estudantes apresentam ao interpretar uma reação química quando observam, de forma separada, parâmetros quantitativos, termodinâmicos, cinéticos, e do equilíbrio. Segundo Mol e Silva (1996), o ensino da Química encontra muitos obstáculos, desde a simples transmissão de conteúdo, a conceitos fragmentados, a dificuldade de abstração e a falta de motivação para aprender. Conseqüentemente, os estudantes têm uma grande dificuldade para correlacionar os conceitos entre si.

Outros autores afirmam que a dificuldade para aprender conceitos químicos decorre do uso de concepções alternativas. Pozo e Crespo (2009) acreditam que as concepções alternativas são originadas naturalmente com a finalidade de entender alguma situação e segundo os autores, essas concepções surgem quando os estudantes passam por situações que vão de encontro com suas expectativas sobre um determinado problema. Em equilíbrio químico, Aragão e Machado (1996) observaram, como exemplo de concepção alternativa, que os alunos e as alunas concebem o equilíbrio sendo alcançado quando as massas dos reagentes e dos produtos se igualam. Já em soluções/titulação, percebe-se que os alunos e as alunas não possuem uma visão microscópica do processo de dissolução de um sal em água, a pesquisa aponta ainda que tais dificuldades são originadas pela não discussão de conceitos qualitativos prevalecendo assim os aspectos quantitativos no ensino (ECHEVERRÍA, 1996).

Uma outra dificuldade citada pelos autores é a falta da utilização de aulas práticas concomitantes às aulas teóricas. É unânime entre pesquisadores e pesquisadoras e professoras e professores de Ensino de Química que a disciplina de Química deve ser ministrada simultaneamente com aulas práticas, sendo que a falta de experimentos para melhor elucidação

de questões teóricas contribui para um senso comum distorcido sobre a disciplina. A Química é uma ciência experimental, conseqüentemente, um curso sem experimentos não faz sentido. Yamaguchi (2019) apresenta em seu trabalho as dificuldades em Química e o uso de atividades experimentais sob a perspectiva, tanto dos e das docentes, quanto dos alunos e das alunas:

As dificuldades dos discentes reportadas na literatura estão relacionadas com a pouca experiência dos docentes, falta de estrutura dos laboratórios nas escolas e ausência de materiais e reagentes para o desenvolvimento das atividades experimentais. Os docentes relatam o alto custo para o desenvolvimento desse tipo de aula nas escolas, por meio da aquisição de reagentes e vidrarias (YAMAGUCHI, 2019, p. 173).

Para superar esses obstáculos, os poucos professores e professoras que utilizam técnicas laboratoriais como estratégias de ensino acabam procurando e executando práticas com materiais de baixo custo, realizam experimentos de maneira demonstrativa nas salas de aula ou fazem uso de simuladores e laboratórios virtuais para demonstrar como um determinado experimento ou reação química ocorreria. Sobre esse último exemplo, Giordan e Góis (2005) afirmam que:

a visualização computacional além de permitir a disposição de múltiplas representações coordenadas e tridimensionalmente projetadas, também favorece variados tipos de manipulação destes objetos, como translação, rotação, aumento ou redução de tamanho (GIORDAN; GÓIS, 2005, p. 46).

O uso desses *softwares* contribui para que os alunos e as alunas visualizem, mesmo que virtualmente, o que ocorre em uma reação química, através da mudança de uma cor, ou pela formação de gases percebidos pela liberação de bolhas, ou até a formação de uma substância insolúvel. E essa percepção auxilia na abstração, uma vez que “os objetos do conhecimento químico são modelos, isto é, constructos teóricos da interpretação química da realidade” (BENITEZ; BENITEZ; SILVA FILHO, 2011, p. 71), ou seja, pode-se intuir que as simulações contribuem para a construção ou aperfeiçoamento de modelos, que por sua vez, podem levar a uma melhor abstração do conceito estudado.

Sobre os conceitos ensinados em Química, Mortimer, Machado e Romanelli (2000), baseados em Johnstone (1982), também distinguem três aspectos desse conhecimento: fenomenológico, teórico e representacional. Aspectos esses intitulados por Johnstone de níveis ou dimensões da Química, classificados como macroscópico, submicroscópico e simbólico. Nesse sentido, utilizar um laboratório virtual, por exemplo, parece uma alternativa viável de transformar práticas educativas do Ensino Médio e do Superior, uma vez que é capaz de

correlacionar os três diferentes níveis anteriormente citados. Destaca-se que a utilização de um LV não substitui um laboratório físico e as aulas práticas experimentais, todavia, devido ao contexto pandêmico enfrentado por todo o setor educacional, os laboratórios virtuais mostraram-se um promissor, atual e importante recurso nas atividades remotas para a visualização, mesmo que sendo simulações, de fenômenos e reações químicas nas atividades educacionais.

Os LV são e podem ser utilizados como recursos didáticos de apoio para complementar uma teoria, ou exemplificar um fenômeno e/ou reação química. A partir das observações e interpretações dos resultados dos experimentos é possível criar e/ou aperfeiçoar um modelo mental, seja de um conceito, lei, teoria ou ideia, que, por sua vez, contribui para um melhor entendimento e construção do conceito envolvido naquela prática virtual.

Levando-se em conta os argumentos destacados e também o fato de existirem poucas pesquisas que relacionam o uso de laboratórios virtuais como recursos didáticos às atividades práticas, na formação de professores e professoras e graduandos e graduandas que têm disciplinas voltadas para a Química é que foi delineado o problema desta pesquisa: *Quais as potencialidades e os limites do Virtual Lab para a abordagem didática dos conceitos de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico, na percepção de estudantes de Graduação?*

O Objetivo Geral da Tese é analisar quais são as potencialidades e limites do uso do *Virtual Lab* junto a estudantes de Graduação do IFSP/MTO para a abordagem dos conceitos de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico. E tem como objetivos específicos: a) investigar a usabilidade do laboratório virtual escolhido para desenvolver atividades pedagógicas com os alunos e as alunas; b) analisar o potencial do laboratório virtual para abordar pedagogicamente aspectos teóricos com os e as estudantes; e c) identificar quais características do laboratório virtual que podem ser utilizadas para a prática docente.

O texto da Tese está organizado em cinco capítulos, considerando esta introdução e mais as considerações da pesquisa nas conclusões. No Capítulo 2 são exploradas as conceituações sobre as TIC e suas abordagens no ensino de Química e mais precisamente sobre os laboratórios virtuais. A seguir, no capítulo três são expostos os referenciais teóricos utilizados no entendimento das dimensões da Química, iniciando com Johnstone (1982) e seus três níveis: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Dimensões essas, de acordo com o autor, necessárias para o entendimento de um conceito Químico. Concomitante a ideia de Johnstone, expomos também o triângulo e os três níveis apresentados por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), com as semelhanças e particularidades em relação à primeira. A essas teorias, das

dimensões da Química, acrescentar-se-á uma quarta dimensão, inserida pelo professor e pesquisador Peter Mahaffy (2004), intitulada por ele de “elemento humano”, cujo vértice representa a teia de contextos humanos vinculados ao aprender Química, teoria que transformou o triângulo em um tetraedro.

No quarto capítulo apresentamos os alicerces que nos sustentaram a enquadrar essa tese como uma pesquisa qualitativa e são expostas as metodologias que embasaram esse trabalho de pesquisa, destacando-se as ideias de Laurence Bardin (2016), juntamente com as teorias já apresentadas no capítulo anterior. No capítulo 5 apresentamos e discutimos os resultados empíricos de nossas investigações organizados nas atividades de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico e os respectivos dados extraídos dos questionários respondidos pelos estudantes do Instituto Federal de Educação do campus de Matão, SP. Por fim, apresentamos nas conclusões as considerações e questões geradas a partir das investigações e análises, bem como as referências bibliográficas utilizadas na elaboração desta tese e os apêndices (questionários *online* aplicados).

AS TDIC NO ENSINO DE QUÍMICA

O presente capítulo aborda algumas conceituações sobre as TDIC, buscando evidenciar as articulações com as pesquisas realizadas no campo do Ensino de Química com foco nos processos de ensino.

2.1 CONCEITUAÇÕES SOBRE AS TDIC

A sociedade atual está inserida em um contexto em que novas tecnologias são desenvolvidas e outras substituídas a grandes velocidades, possibilitando o acesso e produção de informações de maneira impressionante. Castells (1999, p. 35) sinaliza que vivemos “um novo modo de desenvolvimento, cuja fonte de produtividade está centrada na geração de conhecimentos, armazenamento, processamento, uso da informação e comunicação de signos e símbolos”. E ainda, para Alves (2009)

[...] presenciamos uma grande revolução geral da tecnologia, engendrada pelo modo de produção capitalista, a revolução das redes informacionais. De tal forma que, instaura-se um processo de disseminação do ciberespaço, seja como rede interativa, seja como rede controlativa, através das instâncias de produção e reprodução social. Além disso, com ela surge uma nova forma de ser da mercadoria: a mercadoria-informação (ALVES, 2009, p. 57).

Desta maneira, cotidianamente, as pessoas estão investindo cada vez mais tempo no uso das tecnologias, como *smartphones*, *notebooks*, *tablets* e outros dispositivos móveis. A consequência disso é o constante envio e recebimento de informações e comunicação, sendo o aparelho celular um dos produtos mais tecnológicos da sociedade contemporânea. Portanto, refletir e discutir sobre as potencialidades e limitações do aparelho celular e suas funcionalidades se faz necessário no campo educacional.

Os recursos tecnológicos como computadores, internet, lousas digitais, celulares, *tablets*, *softwares*, aplicativos e *notebooks*, fazem parte dos recursos e possibilidades de intervenção no processo de ensino e aprendizagem. Nascimento (2014) afirma que

a escola está inserida nessa sociedade global e sua abrangência inclui diferentes gerações com diferentes acessos e domínios das tecnologias que convivem em um mesmo espaço. Assim, com tanta tecnologia à disposição, muitos estudantes com determinado perfil socioeconômico lidam, no seu cotidiano, com computadores, jogos de vídeo/computadores, aparelhos de música digital, câmeras digitais, telemóveis (iphone, ipad, ipod, smartphone, tablet, entre outros) e no contexto escolar, deparam-se e utilizam os mesmos recursos que seus pais, e até mesmo seus avós dispunham em suas respectivas épocas escolares. Contudo, estes sujeitos vivem em uma sociedade que utiliza

intensivamente a tecnologia, sobretudo digitalizada e que, profissionalmente, exigirá cada vez mais o uso competente de recursos tecnológicos (NASCIMENTO, 2014, p. 14).

Estas barreiras ainda necessitam ser transpostas, seja por mais pesquisas, seja por maiores investimentos ou mais cursos de formação de todos os envolvidos no campo educacional. Um importante foco dado deve ser na inserção de recursos tecnológicos nas práticas educativas de modo a aprimorar o processo de ensino e aprendizagem.

São necessárias, portanto, mudanças, como apontado por Atanazio e Leite (2017), na atuação dos professores e professoras, deixando de serem meros expositores e transformando-se em mediadores do processo de ensino e aprendizagem com as TIC, mas “há ainda muitos desafios e dificuldades a se superar, principalmente no que se refere aos docentes (formação continuada e tempo) e à escola (infraestrutura adequada)” (ATANAZIO; LEITE, 2017, p. 6).

Algumas pesquisas têm atualizado o termo TIC por TDIC, Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. Em seu artigo Moreira, Covre e Carvalho (2020) expõem os termos “tecnologia”, “informação” e “comunicar”, com auxílio de referenciais, e define que tecnologia pode ser interpretada ou entendida como aquela responsável pela criação, pelo desenvolvimento de novos recursos que visem a satisfação de necessidades e expectativas. Já a “informação” pode ser representada por um conjunto estruturado de dados. A informação é a junção de dados isolados que foram processados e relacionados, logo, segundo suas pesquisas, sem informação não há conhecimento. “Comunicar” significa expressar, seja oral ou textualmente e as relações entre tecnologia e comunicação tiveram seus laços estreitados a partir da invenção da escrita e evoluíram enormemente com a invenção do telefone e do rádio, por exemplo.

Para Kenski (2011), “baseados nos conceitos previamente estabelecidos e no uso da linguagem oral e escrita e da junção com o som, a imagem, a dinâmica, da produção, têm-se as tecnologias da informação e comunicação, TIC” (KENSKI, 2011, p. 28). Gewehr (2016) defende a ideia de que o conceito de TIC é comumente usado para expressar a convergência entre as telecomunicações e a informática. De acordo com o autor, as TIC podem agrupar ferramentas computacionais e mais vinte e cinco meios comunicativos, dentre eles o rádio, a televisão e o vídeo, fazendo com que a difusão das informações seja facilitada e ganhe agilidade.

Kenski (2011) afirma que os avanços tecnológicos nas últimas décadas garantiram novas oportunidades de uso das TIC para criar e distribuir informação, interagir e comunicar em tempo real. Foram introduzidas as NTIC, Novas Tecnologias da Informação e Comunicação. A televisão e, principalmente, a internet, enquadram-se nessa categoria. Quando

o uso dessas tecnologias se torna corriqueiro, o adjetivo “novo” é esquecido e voltam a ser classificadas como TIC, independente das características.

O termo TDICs – Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação - se distinguem das TIC pelo fato de serem digitais. Assim sendo, como acredita Gewehr (2016), as tecnologias digitais permitem o processamento de qualquer informação. Isso causou e ainda causa grandes mudanças na vida das pessoas, principalmente em se tratando da comunicação instantânea e da busca por informações. Visando facilitar o entendimento da distinção entre as TIC e as TDICs, Gewehr (2016) realizou uma comparação entre a lousa escolar analógica e a digital. Para o pesquisador “um quadro negro (lousa analógica) é uma tecnologia, é uma TIC, já a lousa digital é uma TDIC, pois, por meio dessa tecnologia digital é possível a navegação pela Internet, além do acesso a um banco de dados repletos de *softwares* educacionais” (GEWEHR, 2016, p. 25).

As tecnologias digitais podem ser definidas, segundo as ideias de Kenski (2011) e partindo-se da linguagem digital, por

romper com as formas narrativas circulares e repetidas da oralidade e com o encaminhamento contínuo e sequencial da escrita e se apresenta como um fenômeno descontínuo, fragmentado e, ao mesmo tempo, dinâmico, aberto e veloz. Deixa de lado a estrutura serial e hierárquica na articulação dos conhecimentos e se abre para o estabelecimento de novas relações entre conteúdos, espaços, tempos e pessoas diferentes (KENSKI, 2011, p. 32).

Devido ao impacto ocasionado pelo crescente e rápido desenvolvimento de tecnologias e, segundo Leite (2015), pela inerente necessidade do maior envolvimento, quando nos referimos à comunicação, entre as pessoas e suas atividades, representada pelas TIC, sejam escolares, profissionais ou mesmo de lazer, vêm-se estabelecendo a implementação de diversos recursos e formas de ensino vinculadas à essas tecnologias. Entretanto, as discussões teóricas e metodológicas não evoluem na mesma velocidade que as inserções de recursos tecnológicos, ou seja, como apontado por Leite (2019):

Além da necessária discussão teórica na utilização das TIC, pesquisas e processos cuidadosos de elaboração de materiais educacionais que utilizem estas tecnologias ainda estão longe de ser satisfatórios. Muitas partes interessadas da sociedade dedicam seu tempo para melhorias contínuas no ensino, em especial com o uso das TIC (LEITE, 2019, p. 327).

Outro fator de destaque é que muitas das pesquisas sobre a utilização de TIC e TDIC não alcançam os professores e as professoras da Educação Básica, seja por falta de conhecimento sobre como fazer uma pesquisa, seja por falta de tempo devido ao excessivo número de aulas semanais ou pela falta de estímulo para conhecê-las. Apesar disso, de acordo com Giordan (2008, p. 19), “é insustentável considerar o computador um item supérfluo na

educação dos dias de hoje”. Tal afirmação pode ser consolidada pelo grande número de publicações, realizadas por pesquisadores da área de Ensino de Química/Ciências e outras, a respeito do uso das TDIC, como recursos didáticos. Entretanto, Giordan (2008, p. 19) afirma que “certamente isso não significa adotar o computador indiscriminadamente, ou ainda atribuir-lhe funções alheias às suas possibilidades”.

As mudanças sociais causadas pelo uso das tecnologias eletrônicas de informação e comunicação e os aspectos triviais do acesso a elas afetam não somente as escolas, mas todos os níveis da sociedade. Na era da informação, comportamentos e práticas estão mudando muito rapidamente o que resulta em um conhecimento expandido e variável e tais alterações refletem-se nas práticas educativas, conduzindo mudanças estruturais nos métodos de ensino e aprendizagem possibilitadas pela tecnologia atual (KENSKI, 2011).

No final de 2019 e início de 2020 o mundo foi atingido por um novo coronavírus nomeado como SARS-CoV-2, caracterizado por desenvolver uma síndrome respiratória que foi relatada em Wuhan, uma província de Hubei na China, e desde então o vírus se espalhou rapidamente levando o mundo todo a adotar um estado de pandemia. Os coronavírus pertencem à ordem *Nidovirales*, família *Coronaviridae* e subfamília *Coronavirinae* é composta pelos gêneros *Alphacoronavirus* e *Betacoronavirus*, cujos membros infectam mamíferos e *Gammacoronavirus* e *Deltacoronavirus*, os quais infectam tanto aves quanto mamíferos. O vírus SARS-CoV-2 causa a doença denominada COVID-19, em que as principais características clínicas variam de um simples resfriado a um quadro de pneumonia muito mais severa. Ele pertence à família *coronaviridae* (Subfamília *Orthocoronavirinae*), do gênero β -coronavírus (subgênero *Sarbecovirus*), podendo apresentar diâmetro entre 60 e 140 nm. É um RNA viral com uma forte tendência a mutações genéticas e de disseminar-se, sendo o sétimo coronavírus conhecido até agora por infectar humanos (DUARTE, 2020).

Neste contexto da pandemia de COVID-19, os recursos tecnológicos passaram a ser adotados com frequências nos processos de ensino e aprendizagem por conta do ensino remoto emergencial estabelecido em muitas instituições educativas. Os ambientes *online*, como plataformas de comunicação e afins passaram a fazer parte da rotina de planejamento de ensino de docentes e se configuraram como espaços de aulas para as turmas de estudantes de todos os níveis de ensino.

A adoção de aulas remotas, transferiu os conteúdos, metodologias e práticas pedagógicas, quase exclusivas de ambientes físicos reais, para ambientes virtuais. Os professores/professoras foram obrigados a aprender a gravar aulas, editar vídeos, responder

chats online, conhecer *softwares* de videoconferências como *Google Meet*, *Microsoft Teams*, *Moodle*, *Zoom*, *Google Hangout* e *Classroom*, além de criarem contas para fazerem *upload* de seus vídeos no YouTube.

Nesse sentido é importante caracterizar e apresentar as diferenças entre os ensinos remoto emergencial, educação a distância, *e-learning* e educação *online*.

A oferta de cursos na modalidade EaD pelas Instituições de Ensino Superior, IES, tem sido cada vez mais comum. De acordo com Gusso e colaboradores (2020) a EaD pode ser definida como sendo uma modalidade de ensino mediada pelo uso de tecnologias cujas principais características são: os professores e alunos encontram-se separados fisicamente; as aulas podem ser assistidas a qualquer momento do dia ou da noite por meio de vídeos assíncronos ou atividades síncronas em que os professores ministram suas aulas ao vivo.

Para Leite (2015), em educação a distância

[...] o ensino raramente é um ato individual, mas sim um processo colaborativo que reúne em equipes de planejamento e redes de distribuição a competência de um certo número de especialistas, é o aluno e não o professor quem determina os objetivos, as experiências de aprendizagem e as decisões de avaliação do programa de aprendizagem (LEITE, 2015, p. 149).

O Ministério da Educação (MEC) por meio de Decreto 9057, de 25 de maio de 2017, propõe uma definição do conceito de EaD.

Para os fins deste Decreto, considera-se educação a distância a modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorra com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com pessoal qualificado, com políticas de acesso, com acompanhamento e avaliação compatíveis, entre outros, e desenvolva atividades educativas por estudantes e profissionais da educação que estejam em lugares e tempos diversos (BRASIL, 2017).

A EaD pode ser realizada em diferentes meios (impresso, TV, rádio), a exemplo do Instituto Universal Brasileiro, baseado na mídia impressa, fundado em 1941 e durante as décadas de 1960 a 80 tornou-se a maior escola a distância do Brasil, mas desde a década de 1980, a principal forma tem sido *online*.

No ano de 2005 o Ministério da Educação criou a Universidade Aberta do Brasil, UAB, que possui o objetivo de articular e integrar um Sistema Nacional de Educação Superior na modalidade a distância, cujo intuito é criar as bases para uma universidade Aberta e a distância no país e atuará, preferencialmente, na área de formação inicial e continuada de professores da

educação básica. A UAB foi criada pelo Decreto 5800 de 8 de junho de 2006 (LEITE, 2015 p. 153).

Outro termo utilizado quando se trata de educação a distância é o *e-learning*. O *e-learning*, segundo Leite (2015 p. 155), “é simplesmente a entrega de instrução ou a aquisição de conhecimento usando o computador ou materiais baseados no computador”. O pesquisador afirma que a definição está longe de ser precisa, mas é muito adotada por usuários e grupos de pesquisa.

Entre as possibilidades de ofertar o ensino por meio *online*, são comuns tanto cursos totalmente *online* quanto híbridos, nos quais uma parte do ensino é realizado no ambiente virtual e outra presencialmente. O desenvolvimento da EaD envolve planejamento e uso de estratégias de gerenciamento específicas, que abrangem aspectos como oferta de uma estrutura informacional adequada, suporte técnico aos professores e estudantes, cuidadosas elaboração e entrega de materiais didáticos a serem utilizados nas aulas, e a alocação desses no ambiente virtual, bem como apoio pedagógico aos estudantes e treinamento contínuo em tecnologia aos professores (KAPLAN; HAENLEIN, 2016).

A educação *online* é uma forma de educação a distância que ocorre pela Internet e cuja comunicação pode ser síncrona ou assíncrona. A internet pode ser usada para distribuir informações rapidamente ou para integrar e permitir interações entre pessoas que podem se comunicar de maneiras diferentes (LEITE, 2015).

Ao contrário das experiências planejadas para ofertar EaD, no contexto da pandemia da COVID-19, o modo de oferta improvisado das disciplinas curriculares pelas IES tem sido designado como Ensino Remoto Emergencial. Para Hodges e colaboradores (2020), pesquisadores em tecnologia educacional definiram cuidadosamente os termos ao longo dos anos, distinguindo e categorizando ensino a distância, ensino distribuído, ensino misto, ensino *online*, aprendizagem móvel, entre outros. Entretanto, a compreensão das importantes diferenças não se difundiu, ficando restrito ao universo desses profissionais (HODGES *et al.*, 2020).

Muitas IES fizeram adaptações para o ensino utilizando recursos *online* de modo não planejado, desconsiderando aspectos importantes da realidade de estudantes e professores/professoras, bem como aspectos pedagógicos e tecnológicos envolvidos. Além dos riscos de, com essa prática, excluírem muitos estudantes que não tenham acesso à Internet, computador e demais tecnologias requeridas para esse meio de ensino (OCDE, 2020), tais instituições também podem ter falhado em prover recursos tecnológicos aos alunos/alunas e

capacitação aos professores/professoras para que pudessem planejar e viabilizar condições mínimas para o desenvolvimento e a implementação de um curso *online* de qualidade (HODGES *et al.*, 2020). Com a urgência para a implementação do Ensino Remoto Emergencial, é possível que as limitações de tempo, planejamento, treinamento e suporte técnico para a oferta dos cursos tenham comprometido a qualidade do ensino (HODGES *et al.*, 2020). Embora ainda não se possa evidenciar os efeitos do Ensino Emergencial Remoto, é possível que consequências sejam percebidas nas instituições que o adotaram já com o fim do primeiro semestre acadêmico afetado pela pandemia. Como exemplos de possíveis consequências estão: a) baixo desempenho acadêmico dos estudantes; b) aumento do fracasso escolar; c) aumento da probabilidade de evasão do Ensino Superior; e, d) desgaste dos professores e professoras, que estiveram sobrecarregados pelas múltiplas atividades e pelos desafios de lidar com a tecnologia a fim de promover o ensino.

Outro fator que também precisa ser destacado é a possibilidade de acesso a essas aulas remotas. Segundo as estatísticas da União Internacional de Telecomunicações (*International Telecommunication Union – ITU*) no final de 2019, um pouco mais da metade da população global (51%) estavam usando a internet em todo o mundo, algo em torno de 4 bilhões de pessoas (CETIC, 2020). No Brasil, a pesquisa TIC Domicílios 2019 mapeou uma coleta de dados sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação nos domicílios brasileiros entre outubro de 2019 e março de 2020 e apontou que 134 milhões de brasileiros tem acesso à internet, um percentual que corresponde a 74% da população. Houve também um aumento, que passa dos 50% de usuários da internet na área rural e nas classes D e E, onde o celular é o dispositivo mais usado (99%) (CETIC, 2020). Apesar de termos um número expressivo de usuários com acesso à internet, ainda há realidades nas quais estudantes, docentes e responsáveis por crianças e jovens estudantes nem sempre podem acompanhar o desenvolvimento tecnológico e todos os seus recursos disponíveis, uma vez que ter acesso a internet não significa ter acesso às aulas remotas e vídeos explicativos, já que muitas dessas pessoas não possuem banda larga de internet em suas residências e a quantidade de dados de rede móvel em seus celulares é limitado, não possibilitando a visualização de vídeos longos e diários.

Portanto, o debate qualificado sobre a utilização das TDIC na sala de aula, é urgente e se transformou em pauta importante no contexto das aulas remotas desenvolvidas por conta da pandemia. As pesquisas científicas ganham protagonismo neste sentido ao serem caminhos possíveis para a compreensão deste cenário e para a proposição de metodologias que avaliem práticas educativas mediadas por recursos tecnológicos.

Martinez e colaboradores (2017) afirmam em seu artigo que as TDIC já fazem parte de um novo paradigma e atuam como meio principal para o processo de ensino e aprendizagem nos cursos semipresenciais e a distância. É por isso que se faz necessário a continuação e realização de novas pesquisas nesta área, pois há muito ainda que se entender e aperfeiçoar.

De acordo com Vasconcelos (2017),

Dessa forma, temos atualmente a nomenclatura mais usual que trata das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), visto que a comunicação é uma ação inerente ao ser humano e o modo como as informações são propagadas constitui formas de veiculação por meio de canais que conseguem atingir seu objetivo, que não está mais restrito a informar apenas, mas também formar. Essa tarefa está sendo desempenhada por diversos meios eletrônicos como a televisão, o celular, o computador, a internet entre outros (VASCONCELOS, 2017, p. 116).

Assim, é importante considerar que as TDIC aplicadas ao ensino são mecanismos novos e requerem tempo para se adequarem à realidade escolar brasileira. Ademais, as práticas educativas com recursos tecnológicos devem ser adotadas com embasamento provenientes de estudos na área.

2.2 A UTILIZAÇÃO DE TDIC DE MODO CRÍTICO

Muitos artigos relatam que alunos e alunas, sejam da Educação Básica ou Superior, manipulam as tecnologias de maneira bastante trivial, pois já estão acostumados com esses recursos tecnológicos e os utilizam em seus cotidianos, quase sempre inseridos nas redes sociais. Entretanto, a utilização dessas mesmas tecnologias, com fins educacionais, ainda necessita de pesquisas e maiores estudos para se averiguar como elas afetam a cognição e desenvolvimento desses alunos e dessas alunas.

Neste caminho, consideramos relevante pontuar uma definição do que é tecnologia para posterior tentativa de entendimento de suas contribuições para o ensino. Damásio (2007 apud Silva, 2016 p. 22) conceitua tecnologia como um "conjunto de artefatos e dispositivos que incorporam um vasto número de práticas no seu uso e desenvolvimento e que se organizam de acordo com lógicas sociais e organizacionais específicas". Partindo para um lado mais filosófico, a tecnologia, de acordo com Feenberg (2004), depende de um design técnico. Esse design pode levar a uma sociedade mais democrática, baseada na auto-organização. Conclui que onde quer que as relações sociais sejam mediadas pela tecnologia moderna, seria possível introduzir controles mais democráticos e reformular a tecnologia a fim de acolher maiores

inputs de perícia e iniciativa. Entretanto, também pode ser configurada de modo a reproduzir o domínio de poucos sobre muitos, por isso, possui dois lados, um o operador e no outro o objeto (FEENBERG, 2004). O referido autor faz essas inferências a partir de sua experiência na participação do primeiro curso a distância usando computadores. Na elaboração do curso ele pode notar uma reelaboração democrática do uso da tecnologia, o computador, servindo propósitos humanos de educação. No contexto de escrita de seus estudos, ele tinha de um lado os defensores do construtivismo social e de outro a teoria de rede. Junto a isso ele faz um contraponto entre as pessoas que “administram” e as que se submetem o/ao mundo (o que ocasiona uma diferença significativa politicamente, e não apenas politicamente, mas de significados como um todo!). Portanto, um choque de diferentes mundos é inevitável numa sociedade que se baseia no domínio tecnológico. Assim, pode-se dizer que tecnologia é um conjunto de técnicas/designs que interage, influencia e é influenciada pelo meio social, político, econômico no qual está inserido. Desta forma, reconhecer e entender esses designs se faz necessário para a elaboração e posterior utilização da tecnologia de maneira apropriada.

A inserção das TDIC no ensino já não é um pensamento futurista e é comum encontrarmos atividades didáticas com recursos tecnológicos presentes em muitas escolas públicas e privadas do país. Muitas instituições utilizam computadores, *notebooks*, lousas digitais, *tablets* e *smartphones* para ensinar conteúdos, realizar exercícios e atividades lúdicas, entretanto, de acordo com Silva (SILVA, 2016, p. 1), “a utilização desses novos aparatos tecnológicos se encontra centrada em uma política restritiva, isto é, utilização de forma regrada, limitada, monitorada e controlada”.

Todavia, a questão das tecnologias na escola é paradoxal porque muitas escolas estão equipadas com artefatos tecnológicos (TV, computador, lousa digital etc.), mas os professores e as professoras que trabalham em sala de aula não sabem usá-los ou não possuem perspectivas de como podem explorar estes artefatos em suas práticas de ensino. A formação docente é um ponto fundamental para ampliar as possibilidades educativas com esses recursos de ensino.

No Reino Unido, a partir de 1998, em uma tentativa de promover oportunidades inclusão social e resultados educacionais mais satisfatórios, adotaram-se três grandes ações: *i.* integração de tecnologias digitais de informação e comunicação no currículo nacional; *ii.* formação e capacitação dos professores e professoras em termos de uso de TDIC e; *iii.* o estímulo e suporte para a produção de *software* e de conteúdos digitais. Nota-se que a ideia central foi utilizar as TDIC para modernizar os espaços educacionais e atores que atuam nesses espaços, objetivando uma melhora nos níveis de ensino e aprendizagem, uma vez que professores e professoras

sentir-se-iam mais confortáveis para o uso das tecnologias, haveria uma rede de informação entre escolas e responsáveis, apresentando relatórios, desempenhos acadêmicos e o comportamento das alunas e dos alunos, praticamente, em tempo real. Entretanto, todas essas mudanças positivas, elaboradas e disseminadas por todo o país, alcançando toda a estrutura escolar não ocasionou, até o determinado momento da coleta dos dados, um grande impacto nos resultados e nas oportunidades educacionais naquele país (SELWIN, 2008). A partir da experiência inglesa e os resultados apresentados até o momento, a associação do uso das TDIC para a produção de melhorias na educação mostrou limites e evidenciou o necessário o olhar crítico para sua utilização.

O desafio para resistir a tais problemáticas apassivadoras e de lógica operacional encontradas nas escolas, de acordo com Santos (2013), não é a abolição das produções cinematográficas das salas de aula, mas a formação crítica dos educadores, de modo a (des/re)construírem o que subjaz enquanto (semi)formação cultural. Dessa forma, Santos (2013) reacende a necessidade de uma formação de professores mais críticos e questionadores, promovendo o diálogo e análise das mídias no mundo, a partir da pedagogia imagética, fornecendo elementos para habilitá-los em sala de aula, pois

a oferta desses recursos e o contato cada vez mais intenso das novas gerações com as mídias e tecnologias é um fato recorrente e inquestionável e aboli-los da escola não significaria garantia alguma de que esses recursos não influenciarão os alunos em suas percepções sobre o que os cerca (SANTOS, 2013, p. 166).

Para Lacerda (2012), a chegada dos novos recursos tecnológicos nas instituições de ensino, manifestam vários sentimentos, tais como

empolgação pelas novas perspectivas que se abrem, temor de que os equipamentos substituam os educadores, desconfiança quanto ao potencial das novidades tecnológicas, impotência por não saber utilizar os equipamentos ou incapacidade por conhecer menos do que os alunos sobre as ferramentas digitais (LACERDA, 2012, p. 18).

As questões de Lacerda (2012) contribuem para aclarar o conceito de tecnologias digitais no campo educacional, por conta de sua presença nas instituições de ensino. No entanto, o histórico dos seus impactos na área indica que não temos conhecimento de seus potenciais à justificação dos saberes e experiências pedagógicas pela incapacidade (re)criadora de conjugar preconceitos e possibilidades. Somente com o contato reflexivo em relação à percepção do papel das tecnologias na organização do mundo atual, no sentido da relação interdependente

com a linguagem tecnológica, poderemos chegar com o tempo a uma prática formativa, recriadora e emancipada das tecnologias digitais na educação. Em suas considerações, Lacerda (2012) destaca que “é preciso desfazer o pensamento equivocado de que a tecnologia digital melhora a essência do que se ensina, pois, a tecnologia digital proporciona um processo mais enriquecedor de ensinar e aprender”, quando tomada como um certo horizonte intercultural, aberto e acessível que torna possível o (re)conhecimento humano e as suas implicações (LACERDA, 2012, p. 182).

Tudo indica que o instrumental tecnológico/cultural tem na educação o caráter de referência, primeiramente no sentido informativo e técnico para os profissionais que o usam. De fato, são materiais básicos à atuação do professor, desde o papel, o livro, o quadro negro, o giz, o lápis etc., passando pelas técnicas de leitura e de escrita. Se a estrutura do mundo está em significar a totalidade dos artefatos humanos, então, o nexa da linguagem seria como as instruções de uso destes equipamentos, pois aprendemos a usar os programas de computador não apenas usando ou vendo os outros usarem, mas por meio dos discursos ideológicos vigentes sobre o uso a partir de nossas próprias reconstruções e reinvenções, que dão sentido às coisas do mundo.

No instante em que o educador faz uso de qualquer arte e/ou fato cinematográfico, sem um olhar crítico subjacente, para abordar questões ambientais, ele não conduz os educandos a uma nova postura, mas a um acirramento da mentalidade de consumo de produtos e informações, que é gerada pela semiformação cultural presente nas obras cinematográficas. O acesso à cultura por meio das tecnologias na educação também não pode caminhar no estreito sentido do ensino profissionalizante para atender ao mercado, com o qual se pretende operar e controlar a maquinaria, mas viabilizar os múltiplos significados, as implicações políticas e ideológicas desse processo de aprender dialético, de preparação para constituir-se na relação com o mundo.

Essa narrativa pode ser contornada pela atuação crítica do professor. Nakashima (2014) entende que o papel do professor, enquanto mediador do processo de ensino e aprendizagem requer estratégias diferenciadas, ancoradas

por tecnologias selecionadas a partir de critérios que identifiquem os recursos que transformem a sala de aula em espaço de aprendizagem ativa e de reflexão coletiva, e que contribuam para a produção e utilização das informações para o posicionamento crítico diante da realidade (NAKASHIMA, 2014, p. 48).

É necessário que o estudante seja autor de suas próprias descobertas e o educador, um guia sensível às diferentes formas de expressão no percurso que o estudante projeta. Por isso, “foi compreendido que a tecnologia é apenas suporte, apoio, auxílio e não um fim em si mesma; não pode ser o foco principal para a realização de tarefas e planejamento de situações-problema”, mas possibilidade reelaboração conjunta do próprio conhecimento, à luz da orientação do professor (NAKASHIMA, 2014, p. 225).

O uso das tecnologias da informação e comunicação na educação exigem experiências e vivências capazes de superar as resistências ao novo e, principalmente, à exclusão sociocultural, para que “a dialética inclusão-exclusão adquira formas diferenciadas de legitimação social e individual e manifeste-se no cotidiano como identidade, sociabilidade, afetividade, consciência e inconsciência”, que só faz sentido em diálogo com as tradições culturais (HABOWSKI; CONTE, 2019, p. 15).

Compreender as tecnologias na educação exige de nós a disposição de aceitar o desconhecido e a interculturalidade¹, bem como de gerar a produção de uma humanidade implicada com o outro e com a sociedade. As TDIC na educação necessitam ser questionadas, desafiando-se então posições dominantes, devem destacar a luta pela melhor compreensão sobre as questões de poder, controle, conflito e resistência na convivência com o uso da tecnologia na educação, reconhecendo seu papel na geração das desigualdades sociais, com novos formatos de divisão e desvantagem. Para o pesquisador, qualquer discussão sobre a tecnologia na educação necessita reconhecer a natureza inerentemente política (SELWIN, 2017). Em outro trabalho Selwin (2008) utiliza o exemplo das tentativas, no Reino Unido, de promover a inclusão social na educação por meio do uso das tecnologias. Diversos projetos, agenda e financiamentos foram iniciados em meados de 1997 com o intuito de promover uma educação informática oficial, com programas de apoio e subsídios para a compra de equipamentos de tecnologia da informação para pessoas de baixa renda, além de melhoria significativa na infraestrutura de escolas e universidades. Houve mudanças substantivas como a integração contínua das TDIC no currículo nacional; formação continuada do pessoal docente em termos de uso das TDIC e; estímulo e suporte para a produção de *softwares* e conteúdos digitais (SELWIN, 2008).

¹ A interculturalidade é um processo dinâmico de relação, intercâmbio e de diálogo entre as diferentes culturas, que valoriza e respeita a complexidade do humano em termos de comunicação e aprendizagem entre pessoas, conhecimentos e práticas diversas. É uma perspectiva contra-hegemônica de construção social, política e educacional complexa, porque é atravessada por desafios e tensões das diferentes práticas da condição humana, enquanto experiência de alteridade (CANDAU, 2011 apud HABOWSKI; CONTE, 2019).

Como consequência, dez anos depois, o autor afirma que muitas metas foram alcançadas e até ultrapassadas, as escolas e universidades se modernizaram, as TDIC foram introduzidas no sistema educativo e resultou numa quebra das barreiras ao uso das tecnologias. Entretanto, a prometida “transformação” baseada nas TDIC não se materializou e “o sistema educacional do Reino Unido continua profundamente desigual e polarizado, restrito por expressivas preocupações sociais com o insucesso, a pobreza e a exclusão social” (SELWIN, 2008, p. 824).

A partir das sucintas ideias discutidas até aqui pode-se notar que há um grande desafio na utilização das tecnologias na educação. Como destacaram Habowski e Conte

[...] o desafio das tecnologias na educação é evidenciado na relação entre conhecimento e mundo na dimensão humano-social do aprender, cujas atividades humanas não são isoladas do conjunto de sentidos históricos e sociais. Daí que para estabelecer a conexão com a realidade e assim delinear percursos rumo à democratização das tecnologias na educação é necessária a força do diálogo no encontro com o outro. Todo projeto de educação tecnológica passa pelos sentidos que os sujeitos atribuem às tecnologias, pela reconstrução sociocultural que permite ir além dos muros da escola e metamorfosear saberes, linguagens, contextos, pois as tecnologias digitais estão ancoradas na relação pedagógica do agir polissêmico com o outro no mundo objetivo, subjetivo e social e com os limites à compreensão mútua entre os envolvidos. O agir pedagógico implica e exige a interação e o encontro com o outro voltado à formação dialógica, diferenciando-se da razão instrumental vigente, o que explica a resistência pedagógica a mera transposição e legitimação de determinadas tecnologias reverberadas em novas técnicas e modelos operatórios na escola (HABOWSKI; CONTE, 2019, p. 25).

Portanto, ao fazer uso das TDIC no ensino é necessário se estabelecer um pré-requisito principal: sua utilização não pode ser uma simples manipulação de uma ferramenta, mas sim uma elaboração e utilização de um recurso colaborativo entre os alunos, professor e conteúdo, pensado nas motivações, objetivos e resultados que se almejam alcançar. Carvalho (2015, p. 21) destaca que “não pode haver Educação onde há distância. Educação exige presencialidade: o sujeito mobilizando sentidos, valores, conhecimentos prévios para dialogar com o objeto em estudo e/ou com outros sujeitos, independente do tempo e de estarem no mesmo local” (CARVALHO, 2015 apud HABOWSKY; CONTE, 2019, p. 277).

Em seu artigo Santos, Ferreira e Maneschy (2020) indicam que muitos trabalhos e pesquisas abordam que as TDIC “são tomadas como essenciais e benéficas e acabam exprimindo uma espécie de defesa acrítica das ferramentas, de sequências ou jogos didáticos baseados ou inspirados nelas, e nos eventuais efeitos positivos de sua aplicação” (SANTOS;

FERREIRA; MANESCHY, 2020, p. 740). Para eles, há uma necessidade de debates e discussões focando a influência das ideologias.

Os questionamentos sobre a dialéticas na relação humano-computador, “revela-se a necessidade de não permanecermos no reducionismo das tecnologias digitais abreviadas a uma qualificação técnica e metodológica, que evidenciam modismos, a pedagogia despreparada e improvisada das proposições educacionais” (HABOWSKI; CONTE, 2019, p.39). No mesmo artigo, Santos, Ferreira e Maneschy (2020) defendem que

a tecnologia na educação deveria ser questionada, desafiando-se então posições dominantes. Para tanto, deveriam sublinhar a luta pela melhor compreensão sobre as questões de poder, controle, conflito e resistência no trato com o uso da tecnologia na educação, reconhecendo-se enfim o papel da tecnologia na perpetuação das desigualdades sociais, com novos formatos de divisão e desvantagem (SANTOS; FERREIRA; MANESCHY, 2020, p. 741).

A pandemia da COVID-19 foi mais uma demonstração dessa dominação ao apresentar a todos os brasileiros as limitações das escolas públicas no enfrentamento aos desafios de distanciamento social e a utilização do ensino remoto. Desafios também enfrentados pelas escolas privadas, entretanto, o abismo existente entre os obstáculos mostrou-se quase intransponível. Enquanto muitas escolas privadas iniciaram suas aulas remotas em menos de um mês após o início do isolamento social, as escolas públicas de São Paulo demoraram muito mais e quando iniciaram, as aulas ocorriam de forma assíncrona e por meio de um Centro de Mídia. Para Selwin (2008) o desafio atual é trabalhar para evitar que “...nesta era globalizada e centrada na tecnologia, indivíduos, grupos, organizações e países podem ser tão conectados ou isolados, tão beneficiados ou desfavorecidos, quanto antes” (SELWIN, 2008, p. 817).

A educação deveria ser um espaço para “ensinar” a criança, o adolescente, as pessoas, a serem livres, ou seja, deve ser libertária. Para Paulo Freire (1967, p. 4) “a liberdade é a matriz que atribui sentido a uma prática educativa que só pode alcançar efetividade e eficácia na medida da participação livre e crítica dos educados”. A educação libertadora tem entre seus princípios a dialogicidade, a problematização e a reflexão crítica. O diálogo, para Freire, é o instrumento que possibilita desvelar um contexto a partir dos diferentes pontos de vista dos envolvidos; é a base de uma comunicação entre pessoas cuja relação não é de hierarquia ou de sobreposição, mas de solidariedade, no sentido de que todas estão comprometidas, em última instância, com a transformação do contexto em que vivem. Em tal perspectiva, a problematização é fruto do diálogo, e se dá quando há uma investigação do “universo temático do povo” ou do “conjunto de seus temas geradores” (FREIRE, 2013), resgatando saberes

locais/regionais, valorizando o patrimônio cultural dos educandos e, ao mesmo tempo, levando a estes o saber acadêmico. A reflexão crítica ocorre quando formamos pessoas conscientes e socialmente responsáveis. Mas a educação popular transcende um conjunto de “normas” e “princípios”, na medida em que busca a práxis, a educação como prática de liberdade, instrumentalizando o aluno para o contexto em que vive (FREIRE, 1967).

Porém, não é isso que ocorre. Nas escolas os professores são os responsáveis pelo conhecimento e, portanto, responsáveis por apenas transmitir esse conhecimento a quem não o têm, os alunos. Dessa forma, como se “ensina” o aluno sobre liberdade se ele é coagido já no momento de aprender? Esse pensamento também pode ser estendido para a comunidade e o cotidiano de todos, em que a liberdade que cada um tem, é falsa, é contraditória, é oxímoro. E será que isso ocorre porque a população e os professores, por exemplo, não percebem que não estão ensinando para a liberdade? E como atingir tal liberdade?

Não é o uso das TDIC que possibilitará uma aula, disciplina ou escola libertária. São diversas ações e atitudes necessárias para atingir tal objetivo. As tecnologias podem contribuir para alcançar tal meta. Freire (1992, p. 133) encontra o ponto de referência para articular uma abertura às ações tecnológicas no desenvolvimento do pensamento pedagógico, ao afirmar: “o que me parece fundamental para nós, hoje, mecânicos ou físicos, pedagogos ou pedreiros, marceneiros ou biólogos é a assunção de uma posição crítica, vigilante, indagadora, em face da tecnologia”.

Se as tecnologias digitais abrem e fundam um mundo, elas não podem reduzir-se a um simples instrumento educacional novo, mas precisam penetrar no mundo pedagógico e entrar em diálogo com outras perspectivas de mundo, que nos obriga a modificá-la e aprofundá-la (HABOWSKI; CONTE, 2019). Nesse sentido, Freire (2000, p. 101-102) chama a atenção para as questões éticas e políticas, em suas palavras:

A compreensão crítica da tecnologia, da qual a educação de que precisamos deve estar infundida, e a que vê nela uma intervenção crescentemente sofisticada no mundo a ser necessariamente submetida a crivo político e ético. Quanto maior vem sendo a importância da tecnologia hoje, tanto mais se afirma a necessidade de rigorosa vigilância ética sobre ela. De uma ética a serviço das gentes, de sua vocação ontológica, a do ser mais e não de uma ética estreita e malvada, como a do lucro, a do mercado (FREIRE, 2000, p. 101-102).

Ao analisar diversos trabalhos envolvendo a utilização das TDIC e a Teoria Crítica Habowski e Conte (2019) apontam que:

[...] sobressaiu a preocupação de que não é pela exclusão ou negação das tecnologias do debate nas escolas que estamos libertos de sermos moldados

pelo mercado e influenciados pelas ideologias alienantes da manipulação técnica das tecnologias. Mas, pelo contrário, já que as tecnologias são formas de expressão, de reagir/intervir das criações humanas e estão presentes na prática cotidiana, é necessário reconstruir o sentido das tecnologias na educação, para pensá-las criticamente tendo em vista uma formação profissional que atua e intervém refletindo na ação/situação, experimentando, mobilizando, por meio do diálogo, a cultura digital. Por isso, enquanto possibilidade de trilhar tal caminho, encontramos no pensar sobre a práxis tecnológica uma expressão para superar a rejeição e a crise do trabalho de reflexão crítica sobre as práticas tecnológicas na educação (HABOWSKI; CONTE, 2019, p. 40).

Tal práxis é um processo crítico-reflexivo que visa humanizar e transcender as relações tecnológicas, possibilitando, desse modo, que as interações dialéticas humano-computador, sejam exigências de um exercício crítico e emancipador da práxis social e não uma separação hierárquica entre o que se pensa e o que se faz. Parte-se de uma formação docente que necessita reconhecer a experiência e a contextualização da tecnologia, bem como a compreensão e utilização para desenvolver, por meio de tal práxis, uma gama de conhecimentos que nos possibilitam resistir ao fetichismo (função conservadora e desresponsabilizada da cultura) produzido e difundido enquanto receituário para a eficiência técnica (HABOWSKI; CONTE, 2019).

Ao pensar o uso das TDIC na educação pode-se chegar à pergunta: elas são realmente necessárias? São, porque os alunos e as alunas (e nós também?) não são esclarecidos e esclarecidas e elas, as TDIC, são uma tentativa de auxiliar o começo de um pequeno esclarecimento, ocorrendo, claro, quando elas são pensadas, elaboradas e executadas de maneira colaborativa, construtiva e com fins claros e definidos (definido não quer dizer que há apenas um caminho; definido quer dizer que devem ser norteadoras), características essas que contribuirão para uma melhor aprendizagem. Outro fator que contribui e por isso deve ser explorado: os adolescentes são aficionados por ela. Cabe ao professor saber utilizar e incentivar seus alunos. E como afirmam Benite e Benite (2008):

Reconhecemos que o computador não é objetivo ou factual, mas produto (ferramenta) cultural que deve ser entendido como resultado complexo de interações mediadas por questões econômicas, sociais e culturais. Ou seja, o computador expressa a materialização de conflitos entre grupos para hegemonizar suas posições. Nessa perspectiva, é importante o papel atribuído à sua inserção na escola. Assim, concebemos a instituição escolar como um dispositivo cultural que tende a induzir formas particulares de desenvolvimento aos sujeitos que vivenciam suas práticas (BENITE; BENITE, 2008, p. 325).

Considerando as ideias apresentadas nesse capítulo e concomitante às apresentadas em diversas pesquisas que justificam a utilização das TDIC porque elas podem ser utilizadas para correlacionar, o que Johnstone (1982) classifica como as três dimensões da Química: macroscópico (fenômenos visuais); submicroscópico (energia, átomos, moléculas, ligações e interações) e; o simbólico (símbolos, gráficos e equações). A falta de entendimento e consequentemente o não estabelecimento de relações entre as três dimensões é apontado por pesquisadores como um dos principais problemas enfrentados por estudantes na aprendizagem de conteúdos químicos, uma vez que tais conceitos requerem um grande grau de abstração. Em um de seus trabalhos Benite, Benite e Silva Filho (2011), ao utilizarem o computador em sala de aula optam por representar as relações químicas e suas características como função de um mundo sistematizado da lógica simbólica, ampliando, assim, compreensões sobre os limites e as possibilidades da expressão da lógica simbólica, em ambientes virtuais como alternativa de representação do conhecimento químico.

Tal procedimento é seguido por diversos outros professores e professoras que fazem uso de computadores em suas aulas e isso é consolidado pelo grande número de publicações realizadas por pesquisadores e pesquisadoras da área de Ensino de Química e Ciências e outras áreas, a respeito do uso das TDIC, como recursos didáticos educacionais no ensino de conceitos químicos, embasados, por Giordan (2008), ao descrever a necessidade da utilização desses computadores de forma adequada e inserida em uma metodologia que apresente aos alunos e alunas os conceitos de maneira contextualizada e de maneira inovadora. Outra característica que se deve considerar é a inserção do computador e/ou das TDIC ocorra de maneira gradual e contextualizado com o currículo escolar. E para se compreender suas funções no ensino e na aprendizagem, de acordo com o mesmo Giordan, é necessário, portanto, voltar a atenção para os efeitos produzidos pelas suas formas de uso na sala de aula, quando elas estão imersas em um contexto que as toma como meios mediacionais, capazes de sustentar a realização de ações motivadas por propósitos definidos pela própria cultura da sala de aula.

O pensar criticamente não se trata de realizar uma crítica no sentido pessimista ou de descrença ao elucidar o mundo danificado, mas de desenvolver um projeto educativo no qual as perplexidades, polêmicas e adversidades da sociedade *tecnologizada* possam produzir metamorfoses e atos de resistência política, apontando os desafios às novas formas de pensar e agir do educador, em sintonia com essa aparelhagem digital.

Dentro desse contexto, torna-se imperativo superar nossos métodos e técnicas educacionais de natureza individualista em decorrência da cultura de nosso tempo, para compreendê-la e lançar novas ideias e estabelecer pontes entre nós.

Portanto, ao fazer uso das TDIC no ensino é necessário se estabelecer um pré-requisito principal: sua utilização não pode ser uma simples manipulação de uma ferramenta, mas sim uma elaboração e utilização de uma ferramenta colaborativa entre os alunos/alunas, professor/professora e conteúdo, pensada nas motivações, objetivos e resultados que se almejam alcançar. Esse recurso educacional, portanto, deve ser colaborativa, pensada COM o aluno e a aluna e não simplesmente PARA o aluno e a aluna, pois se o for (PARA) deixa de ser colaborativa. Quando a utilização das TDIC se faz de modo colaborativo o triângulo de Johnstone se expande e torna-se o que Mahaffy chama de tetraedro, inserindo um quarto vértice, além dos já existentes macroscópico, submicroscópico e simbólico, chamado por ele de “elemento humano” (MAHAFFY, 2004).

2.3 AS TIC NAS DISCIPLINAS DE QUÍMICA DE GRADUANDOS E NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

O aparelho celular ou *smartphone* tornou-se um aliado inseparável das pessoas e, conseqüentemente, dos estudantes, pois a partir de uma tela de cinco, seis ou sete polegadas todos têm a sua disposição agendas, editores de texto e planilhas, redes sociais, livros, artigos e blocos de anotações, o que proporciona uma maior comodidade e agilidade nas tarefas diárias. No ensino superior, assim como nos demais, o uso de tecnologias como recursos educacionais é indispensável e sua utilização, quando bem orientada, possui grande poder de persuasão junto aos alunos e alunas. Nesse sentido, Gabini e Diniz (2009) apontam que:

A escola deve adaptar-se e abrir-se para as possibilidades geradas pelas tecnologias, não ignorando ou desafiando essa presença atual, o que provocaria um distanciamento do ensino desenvolvido e as novas linguagens. Contudo, reforça-se a importância de não agir de forma acrítica e alienada em relação aos recursos. O potencial das tecnologias digitais no contexto educacional determina oportunidades adicionais aos alunos, ampliando os limites da sala de aula. A contribuição que os recursos tecnológicos, em especial a informática, têm trazido ao ensino de Química, por exemplo, por meio das simulações, pode colaborar para a reversão de uma situação de afastamento desenvolvida por parte dos alunos em relação ao monólogo do professor treinando macetes e dicas de como decorar fórmulas e nomes de substâncias (GABINI; DINIZ, 2009, p. 356).

As conseqüências positivas do uso de um computador ou outra TDIC, em sala de aula, estão relacionadas ao nível de interatividade aluno-recurso tecnológico educacional. Essa

abordagem pode fortalecer a aprendizagem e elaboração do saber, contribuindo para que o conhecimento adquira um maior grau de significação (GABINI; DINIZ, 2009).

Entretanto, de acordo com Ponte (2000), o comportamento dos professores e das professoras, não apenas de Química, mas todos e todas, de modo geral, é muito diversificado frente ao uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação em sala de aula. Uma boa parcela deles e delas as utilizam em suas vidas cotidianas, entretanto, não sabem como utilizá-las dentro da escola. Outros têm grande insegurança e esquivam-se de sua utilização e desafios. Uma pequena parcela as utiliza em suas aulas, sem, contudo, alterar suas práticas, enquanto uma minoria entusiasta desbrava caminhos buscando novos produtos e ideias, porém defrontam-se com muitas dificuldades e perplexidades.

Para o autor, essas atitudes não são surpreendentes, uma vez que “toda a técnica nova só é utilizada com desenvoltura e naturalidade no fim de um longo processo de apropriação” (PONTE, 2000 p. 64) e ainda, para as TDIC, esse processo envolve dois aspectos, a tecnologia e a educação.

Considerando esses dois vieses pode-se dizer que as TDIC surgem como recursos para serem utilizados de maneira criativa e livre, tanto pelos alunos e pelas alunas, quanto pelos professores e pelas professoras, sendo esses últimos, importantes protagonistas ao desempenhar a função de não limitadores, ou seja, não devem ficar policiando o que os estudantes podem e devem fazer ao utilizarem, por exemplo, um computador em sala de aula. Isso, entretanto, não é tarefa fácil e requer muito planejamento e, principalmente, que a tecnologia a ser utilizada esteja enquadrada perfeitamente na metodologia e atividades pensadas, possibilitando um claro protagonismo do aluno e aluna para a sua aprendizagem.

O processo não é trivial e possui limitações, uma vez que muitos programas, aplicativos e *softwares* que podem ser utilizados na escola não foram criados para esse ambiente ou não possuem as especificidades do processo educativo, nas várias faixas etárias e classes e/ou séries escolares, muito menos em uma integração com o currículo escolar.

Isso tem um grande impacto na atuação do professor e da professora, pois eles são os principais promotores do processo de ensino e aprendizagem. A professora e o professor têm papel de destaque na sociedade do conhecimento e vai muito além do papel de passar informações para as alunas e os alunos. Neste contexto, eles devem possibilitar novos subsídios para o processo de ensino e aprendizagem com o uso das TDIC, criando atividades interativas e didáticas que favoreçam a compreensão mútua pelos alunos e pelas alunas (LEÃO, 2006).

Muitas pesquisas indicam que as TDIC contribuem para o processo de ensino e aprendizagem, seja por meio de sofisticadas técnicas de simulação e animações ou o uso de inteligência artificial auxiliando na modelagem cognitiva. No entanto, tais recursos ainda estão economicamente distantes da grande maioria das escolas e universidades formadoras de professores, ou não, e o que pode realmente marcar o uso de TDIC são as possibilidades de pesquisa, criação e comunicação que elas ocasionam. Segundo Ponte, para que essas transformações possam realmente acontecer nesse sentido, “são necessárias duas condições fundamentais: i. um amplo acesso às TDIC na sociedade em geral e; ii. o protagonismo dos professores e professoras, como atores e atrizes educativos fundamentais” (PONTE, 2000 p. 75).

Protagonistas não no sentido de serem mais importantes que os estudantes, mas sim como tendo um papel primordial para a utilização de uma tecnologia, em outras palavras, a tecnologia não substitui o professor. Na verdade, sem uma grande disseminação das TDIC nos locais onde as pessoas vivem e trabalham, não será nunca possível que estas sejam usadas de modo fluente e natural e, conseqüentemente, ainda são poucas os professores e as professoras universitárias que inserem nos conteúdos programáticos de suas disciplinas a utilização das TDIC de modo crítico e significativo.

O acesso às TDIC é uma condição necessária, embora não suficiente, para se entrar numa nova fase na relação com estas tecnologias. Trata-se de um problema de gestão de recursos e de política educativa onde ainda está quase tudo por fazer (PONTE, 2000).

A pandemia da COVID-19 tem mostrado uma outra triste realidade, em termos educacionais: muitos alunos e muitas alunas não têm acesso a computadores, notebooks, celulares e internet para acompanharem às aulas ministradas a distância e a consequência dessa falta de acesso é o elevado número de evasão encontrado pelas escolas públicas do país. E além de mostrar esse fato, um segundo também se fez presente: as escolas privadas conseguiram se adequar muito mais rápido que as públicas em relação às atividades remotas, o que provou, mais uma vez, o grande abismo existente entre esses dois tipos de escolas e o urgente e necessário investimento, por parte do poder público, em educação, seja em infraestrutura, quanto na capacitação e formação inicial e continuada dos professores e das professoras.

Ao se falar de TDIC muitas pesquisas têm apresentado a utilização de uma ou outra determinada tecnologia como recurso didático educacional, entretanto, pouco se fala da importância da Comunicação e as consequências que as TDIC ocasionam para ela. A relação professor/a-aluno/a pode ser profundamente alterada pelo uso das tecnologias digitais da

informação e comunicação. Ponte (2000) destaca a importância dessa nova relação professor/a-aluno/a e a importância da comunicação quando diz:

Na resolução de um problema, na realização de um projecto, na pesquisa e interpretação da informação recolhida, o professor tem de compreender profundamente o trabalho do aluno para poder responder às suas dúvidas e questões. Tem de procurar compreender as suas ideias. Tem, muitas vezes, de efectuar ele próprio uma pesquisa a propósito de aspectos que não tinha considerado inicialmente. Professor e aluno passam a ser parceiros de um mesmo processo de construção do conhecimento (PONTE, 2000 p. 77).

E estabelecer essa relação em um ensino remoto é ainda mais complexo e difícil. Gatti, Barreto e André (2011) afirmam que os professores e as professoras têm desafios ocasionados pelas atuais necessidades da sociedade brasileira, necessidades sociais, econômicas e culturais no contexto da direitos humanos. Entre esses desafios existe um que está posto pelas tecnologias na atualidade, que é o desafio de compreender as ações humanas de manipular as informações. Todos já tinham uma ideia da dificuldade para se conseguir a democratização da informação e da tecnologia, porém, essa dificuldade se tornou uma triste realidade com o surgimento da pandemia da COVID-19, explicitando a falta de equipamentos e tecnologia para muitas escolas e estudantes, além da falta de preparo de professores e professoras para utilizá-los de uma maneira contextualizada e inserida em suas propostas e atitudes.

Outro aspecto que é alterado pelo uso constante das TDIC é a relação do professor e da professora com seus colegas. O trabalho pode se tornar mais colaborativo com a utilização da internet, não apenas como ferramenta de pesquisa, como de aproximação a partir do envio em tempo real de arquivos, mensagens, imagens e vídeos. O espaço geográfico deixa de ser um problema, uma vez que a internet propicia a interação de professores até separados por oceanos e idiomas.

São essas as características que as instituições de ensino superior devem considerar, não apenas criando disciplinas com títulos como “As TDIC no Ensino”, mas sim incentivando seus professores e suas professoras na construção de práticas pedagógicas, com o auxílio das TDIC, tendo como intuito facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Nestes termos, práticas pedagógicas associadas à tecnologia digitais de informação e comunicação ajudam a estabelecer as relações entre o local e o global, inclusive despertar o interesse dos alunos e das alunas, os quais fazem parte da sociedade da informação (LEÃO, 2006), estes por sua vez habituados cotidianamente a lidar com diferentes aparatos tecnológicos, pois como considera Coutinho (2009, p. 77)

a natureza inovadora das práticas pedagógicas com as TIC, se não for acompanhada por ações de formação que suscitem uma atividade prática e reflexiva dos professores, não tem capacidade, por si só, de operar grandes mudanças nas práticas pedagógicas dos docentes”. É fundamental apostar em modelos de formação que possibilitem que os professores tenham oportunidade de aprender e observar novos métodos de ensino com as TIC, partilhar questões e problemas com os outros e explorar novas ideias com os peritos e com os pares. (COUTINHO, 2009, p. 77).

No contexto atual, essa tecnologia muda a forma como conhecemos o mundo, como expressamos esse conhecimento e veiculamos essa expressão por meio da linguagem. Em um mundo da tecnologia digital da informação e comunicação, novas formas de transferir, transmitir e organizar o conhecimento são desenvolvidas e aprimoradas rapidamente e lutamos para tentar acompanhá-las, pode-se afirmar que há uma nova relação com o mundo, com o saber, com o outro.

O professor e a professora, diante dos desafios apresentados na atualidade, da crescente e rápida disseminação de informações, necessitam alterar e repensar suas práticas pedagógicas, pois, mesmo eles nunca tendo sido os detentores dos saberes, eram para muitos, a única e exclusiva fonte de respostas. Agora eles deixam de estar só, já não são exclusivos e passam a ter a companhia, a cada dia mais acessível, de computadores, *notebooks*, *tablets* e celulares conectados à internet e suas bilhões de páginas e aplicativos sedentos por responder e solucionar dúvidas e problemas, sejam quais forem.

Competir com toda a informação que chega aos alunos e as alunas é batalha perdida. O professor e a professora precisam formar seus alunos e suas alunas para que eles e elas saibam selecionar tais informações, consigam identificar e interpretar uma notícia e tenham desta forma, discernimento em suas escolhas. Como reforça Kenski (2003):

Estamos vivendo um novo momento tecnológico. A ampliação das possibilidades de comunicação e de informação, por meio de equipamentos como o telefone, a televisão e o computador, altera nossa forma de viver e de aprender na atualidade. [...] esse é um dos grandes desafios para a ação da escola na atualidade. Viabilizar-se como um espaço crítico com relação ao uso e à apropriação dessas tecnologias de comunicação e informação. Reconhecer sua importância e sua interferência no modo de ser e de agir das pessoas e na própria maneira de se comportarem diante do seu grupo social (KENSKI, 2003, p. 24).

Percebe-se muito nitidamente que as TDIC vão muito mais além do uso de um computador em sala de aula e como se faz necessária a capacitação dos professores e das professoras para esse entendimento, para assim, apresentar, lembrar, reforçar que a sociedade é informatizada, globalizada e quais as consequências que essas características devem ocasionar,

tanto na formação docente, quanto na prática docente. Talvez assim, um curso de licenciatura possa oferecer subsídios para a construção e aprimoramento de projetos educacionais com ênfase nas TDIC interligadas à formação social, cultural e científica. E, segundo Vasconcelos,

[...] Um aspecto importante a observar nessa interação social é a capacidade de saber avaliar, julgar e trabalhar criticamente as informações obtidas nas mídias. É necessário definir aonde se quer chegar, o que um professor deve saber, não para ensinar, mas para fazer aprender; não para transmitir o saber, mas para construir competência e uma identidade, uma relação com o mundo e com o saber (VASCONCELOS, 2017, p. 8).

2.4 OS LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE QUÍMICA

As simulações são, de acordo com Focking (1995), a representação ou a modelagem de um objeto real, de um sistema ou de um evento. É um modelo simbólico e representativo da realidade que deve ser utilizado a partir da caracterização dos aspectos essenciais do fenômeno. Isso significa que a simulação deve ser utilizada após a aprendizagem de conceitos e de princípios básicos do tema em questão. Para Alessi e Trollip (2001), uma simulação educacional é um recurso computacional que busca motivar o aluno a se envolver na resolução de problemas, teste de hipóteses, aprendizagem experimental e desenvolvimento de modelos mentais.

2.4.1 Laboratórios virtuais: definição, tipos e caracterização

Os laboratórios web (ou *online*) são *softwares* educacionais, uma vez que são projetados por meio de uma metodologia que os contextualizam no processo ensino e aprendizagem (LEITE, 2015) e podem ser categorizados em laboratórios virtuais e laboratórios remotos. Os laboratórios remotos são experimentos reais que podem ser controlados e acessados pela conexão de rede (internet) e são influenciados, por exemplo, pelas variações de temperatura e pressão do ambiente em que estão montados e podem ser acessados de qualquer local e horário, bastando um agendamento. Os laboratórios remotos constituem importantes ferramentas computacionais, uma vez que permitem o controle de variáveis de um experimento e a observação das consequências dessas alterações na reação e/ou fenômeno estudado por meio de uma transmissão de vídeo (TULHA; CARVALHO; COLUCI, 2019).

Os laboratórios virtuais são baseados em simulações e animações, ou seja, apenas reproduzem parte da realidade, possuindo sempre a mesma correlação entre entrada e saída de dados, portanto, ele é pré-programado a dar uma resposta a partir da escolha do usuário e

usuária, conseqüentemente, ele permite investigar a reação mais próxima da realista, mas com algumas limitações de programação. Permite, também, que os estudantes realizem a atividade quantas vezes acharem pertinentes e de qualquer localização e horário. E, de acordo com Amaral e colaboradores (2011) o uso do laboratório virtual

poderá contribuir para auxiliar as intervenções do professor e favorecer a autonomia dos alunos, estimulando-os na construção de conhecimentos significativos. Assim, o LV necessita ser interativo, ergonômico, sólido quanto ao conteúdo abordado e eficiente quanto à organização lógica do funcionamento do sistema computacional (AMARAL; *et al*, 2011, p. 4-5).

Para essa pesquisa os recursos didáticos investigados foram os laboratórios virtuais. Inicialmente é importante distinguir simulação de animação, pois, segundo Giordan (2008), enquanto a animação computacional é construída a partir de aplicativos de edição gráfica que não levam em conta valores empíricos obtidos em pesquisas científicas, nas simulações são priorizados os valores teóricos ou empíricos de propriedades características e as escalas de tempo e tamanho parametrizadas por equações matemáticas que regem leis físicas.

Os laboratórios virtuais podem ser classificados como ambientes virtuais (utilizados em equipamentos eletrônicos como computadores, celulares, *tablet* etc.) que simulam uma reação ou fenômeno científico, seja ele de física, química ou biologia, programados a apresentar resultados de acordo com as teorias científicas aceitas, de forma precisa e com a maior exatidão possível, além de oferecer liberdade de escolha, tanto de vidrarias, quanto de reagentes, a seus usuários e usuárias.

Os laboratórios virtuais foram criados devido a necessidade de se utilizar um laboratório sem a obrigatoriedade de um espaço físico, limitado apenas a um computador, podendo ser usado em qualquer hora do dia e da noite, por uma grande quantidade de pessoas, estejam elas reunidas em um mesmo local ou separadas por grandes distâncias. Como o LV não utiliza materiais científicos reais, ele evita o gasto com vidrarias, equipamentos e reagentes, itens onerosos para universidades, escolas e empresas (NUNES, *et al*, 2014). Para Lucena, Santos e Silva (2013), o laboratório virtual apresenta uma alternativa para contribuir no ensino de Química junto a estudantes do ensino médio, proporcionando à construção do conhecimento dos fenômenos químicos a partir da observação e investigação, bem como, avaliar os possíveis impactos positivos que um laboratório virtual poderia oferecer. Como resultado, esses autores afirmam que a falta de um laboratório de Química equipado e utilizado é um dos principais fatores que distancia a teoria e a prática.

Os primeiros laboratórios virtuais foram disponibilizados por meio de recursos físicos e eletrônicos como CD-ROMs ou DVDs e até *Pendrives*. Atualmente, com o avanço da internet

a grande maioria dos LV ficam disponíveis em sites de empresas ou, principalmente, universidades e podem ser utilizados de forma *online* ou baixados e instalados nos computadores em versões gratuitas, pagas ou de acesso limitado.

Atualmente, os laboratórios virtuais são utilizados e definidos como ambientes de desenvolvimento interativo criados com intuito de realizar experimentos a distância e controlada, uma vez que obedecem a programações pré-estabelecidas. Portanto, são bons para assimilar a teoria, mas não substituem o laboratório real, seu modelo é apenas uma aproximação da realidade (BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2007).

Esse aspecto do LV deve ser sempre levado em consideração ao utilizá-lo, uma vez que as experiências de se realizar um procedimento laboratorial são insubstituíveis, sejam elas para o aprendizado de conceitos químicos ou para a formação de um profissional da área da Química. Devido à argumentação, muitos pesquisadores sugerem o uso do laboratório virtual como atividade prévia do laboratório real. Tal afirmação se faz regra já que em um laboratório virtual não se consegue observar e obter resultados inéditos, uma vez que todas as experiências reproduzidas são resultado de programações baseadas em fenômenos já observados, comprovados e teorizados.

De acordo com Bottentuit Junior e Coutinho,

[...] os laboratórios virtuais também são ótimos como recursos pré-laboratoriais. Assim, o aluno antes de ir para o laboratório real faz todas as experiências de modo virtual, fixando melhor os conhecimentos e evitando possíveis inconvenientes que possam ocorrer da má utilização dos equipamentos ou substâncias. (BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2007, p. 70).

Resumidamente, pode-se caracterizar os laboratórios virtuais como sendo um produto, um *software* em que todos os seus elementos e funcionalidades são virtuais, seu uso e acesso se faz de forma virtual, assim como as observações, procedimentos e resultados são exclusivamente virtuais. E mesmo sendo estritamente virtual, no ambiente o aluno e aluna poderão explorar os objetos e buscar informações a respeito dos fenômenos e reações químicas estudados, seja na rede, seja com amigos, portanto, a interação pode ocorrer de forma significativa.

Em seu artigo, Bottentuit Junior e Coutinho (2007) apresentam as principais vantagens e desvantagens do laboratório virtual a partir das pesquisas de diversos autores. O laboratório virtual apresenta as seguintes vantagens (BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2007, p. 47):

- São bons para explicação de conceitos;
- Não há restrições de acesso no que diz respeito ao tempo e nem lugar;

- Permitem a interatividade;
- Possuem um baixo custo de desenvolvimento utilização e manutenção;
- Segurança, ou seja, nenhuma operação arriscada ou efeito indesejado irá ocorrer.
- O estabelecimento de padrões de divulgação de trabalhos científicos, principalmente em áreas experimentais, uma vez que os pesquisadores podem demonstrar seus métodos propostos por meio de simulação.
- O aumento de produtividade por meio da redução do tempo de viagens e de capacitação de alunos a participar de múltiplas experiências distribuídos geograficamente.
- Permitem que o estudante trabalhe com ferramentas colaborativas.
- Permitem o desenvolvimento de novas competências.

E ainda segundo os autores acima citados, como principais desvantagens dos laboratórios virtuais têm-se:

- A informação idealizada, ou seja, o utilizador já sabe qual o resultado que irá obter;
- Falta de colaboração dos colegas e do instrutor;
- Nenhuma interação com equipamentos reais;
- Restrição no resultado ou manipulação das experiências, em alguns casos não se pode reproduzir fielmente uma experiência nos laboratórios virtuais;
- Não substituem as práticas dos laboratórios reais.

Nesta época de pandemia, quarentena e isolamento social, com a limitação do acesso às escolas e laboratórios reais, os laboratórios virtuais mostram-se como uma boa alternativa para a educação a distância mediada por computador, desde que planejada e inserida em uma metodologia, pois oferecem aos estudantes a possibilidade de interagir, praticar e observar, mesmo que virtualmente, fenômenos químicos observados de maneira prática, complementando o conceito disponível na disciplina de uma forma mais viva e enriquecedora, quando comparado apenas com o estudo tradicional.

Para essa pesquisa decidiu-se dividir os laboratórios virtuais em duas grandes categorias que denominamos simuladores e laboratórios virtuais. Os simuladores são facilmente encontrados em uma pesquisa rápida pela internet e cabe ao usuário escolher o que melhor se

enquadra para sua finalidade. Nos simuladores o usuário ou a usuária tem limitações de escolhas, tendo disponíveis apenas alguns controles de parâmetros, com um número reduzido de vidrarias e reagentes, além de restrições de procedimentos, geralmente podendo realizar um único. Na grande maioria dos simuladores o usuário apenas aciona um botão para o experimento começar e observa seu desenvolvimento, não sendo possível a troca de reagentes ou controle de concentrações de soluções, nem velocidades ou temperaturas.

Os simuladores podem ser classificados como *softwares* educacionais que direcionam para uma aprendizagem algorítmica, uma vez que “a ênfase está na transmissão de conhecimentos, na direção que vai do sujeito que domina o saber para aquele que quer aprender” e o “programador tem o papel de programar uma sequência de instruções planejadas para levar o educando ao conhecimento” (LEITE, 2015 p. 177).

Já os laboratórios virtuais podem ser classificados como *softwares* de aprendizagem heurística uma vez que “predominam as atividades experimentais em que o programa produz um ambiente com situações variadas para que o aluno ou a aluna as explore e construa conhecimentos por si mesmo” (LEITE, 2015 p. 177).

O Quadro 1 apresenta alguns exemplos de laboratórios virtuais encontrados na internet e que podem ser utilizados gratuitamente² sendo necessário apenas um cadastro inicial quando necessário. A exceção é o laboratório desenvolvido pela editora Person®, único *software* privado, sendo assim, é possível utilizá-lo por um período de avaliação e posteriormente é preciso o pagamento de uma licença.

Quadro 1: Lista de alguns laboratórios virtuais e simuladores disponíveis na internet.

Nome	Site	Classificação	Idioma
LabVirt USP	http://www.labvirtq.fe.usp.br/indice.asp	Simulador	Português
Yenka Chemistry	https://www.yenka.com/en/Yenka_Chemistry/	LV	Inglês
Virtual Lab	https://chemcollective.org/vlab/vlab.php	LV	Inglês*
PhET	https://phet.colorado.edu/pt_BR/	Simulador	Português
Virtual Labs	http://virtuallab.pearson.com.br	LV	Português

² O Yenka Chemistry pode ser utilizado gratuitamente em qualquer local e horário por 30 dias. Passado o período de avaliação é possível utilizá-lo por um período indeterminado desde que não seja usado em um determinado horário estabelecido pelo site do desenvolvedor. Este horário é entendido por eles como sendo o período escolar.

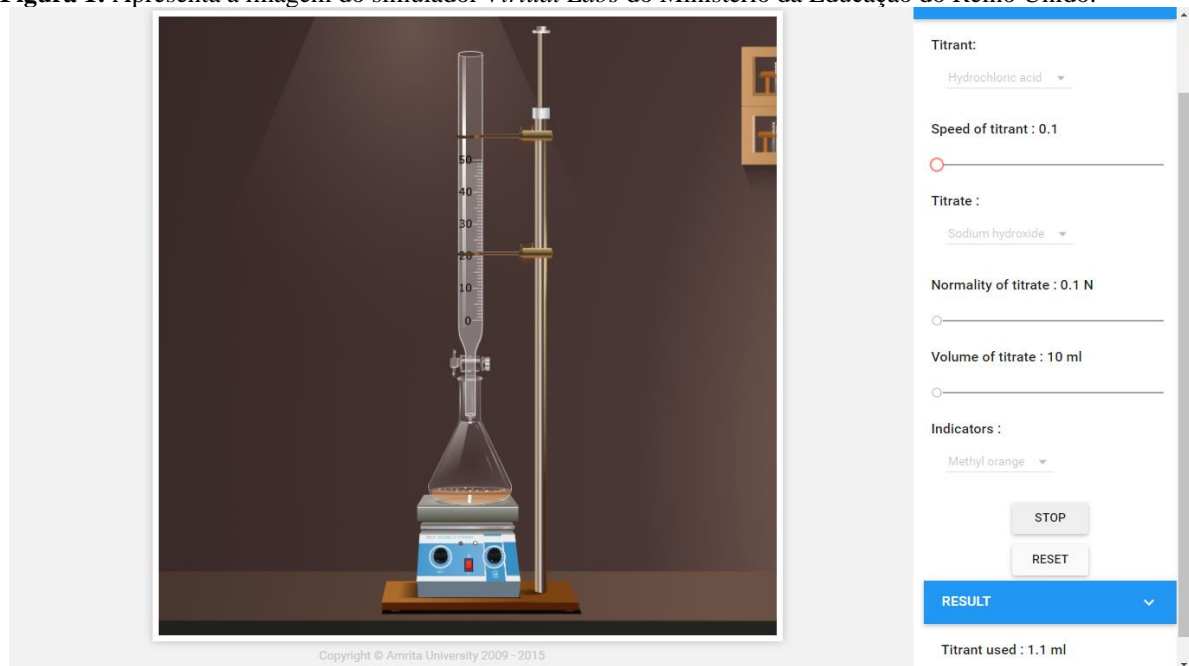
Vlab <https://vlab.amrita.edu/index.php?sub=2> Simulador Inglês
Amrita

* possível fazer um download do *software* e escolher a português como idioma.

Fonte: próprio autor.

A Figura 1 apresenta a imagem de um exemplo de simulador. Nela pode-se notar que o sistema experimental, equipamentos, reagentes e vidrarias, já estão montados e prontos para o início do experimento, ou seja, obrigatoriamente, o usuário ou a usuária realizam um único procedimento experimental, no caso, uma titulação de neutralização. Eles podem escolher a velocidade da titulação (gotejamento de titulante), bem como qual titulante pretende usar e sua concentração. Entretanto, essa escolha é feita a partir de botões de seleção, não há disponível uma bancada ou prateleira de reagentes e vidrarias. Apesar dessa limitação, os simuladores são exemplos de TDIC que podem ser utilizadas como recursos educacionais e podem contribuir para apresentar um fenômeno científico e conseqüentemente auxiliar no ensino e aprendizagem.

Figura 1: Apresenta a imagem do simulador *Virtual Labs* do Ministério da Educação do Reino Unido.



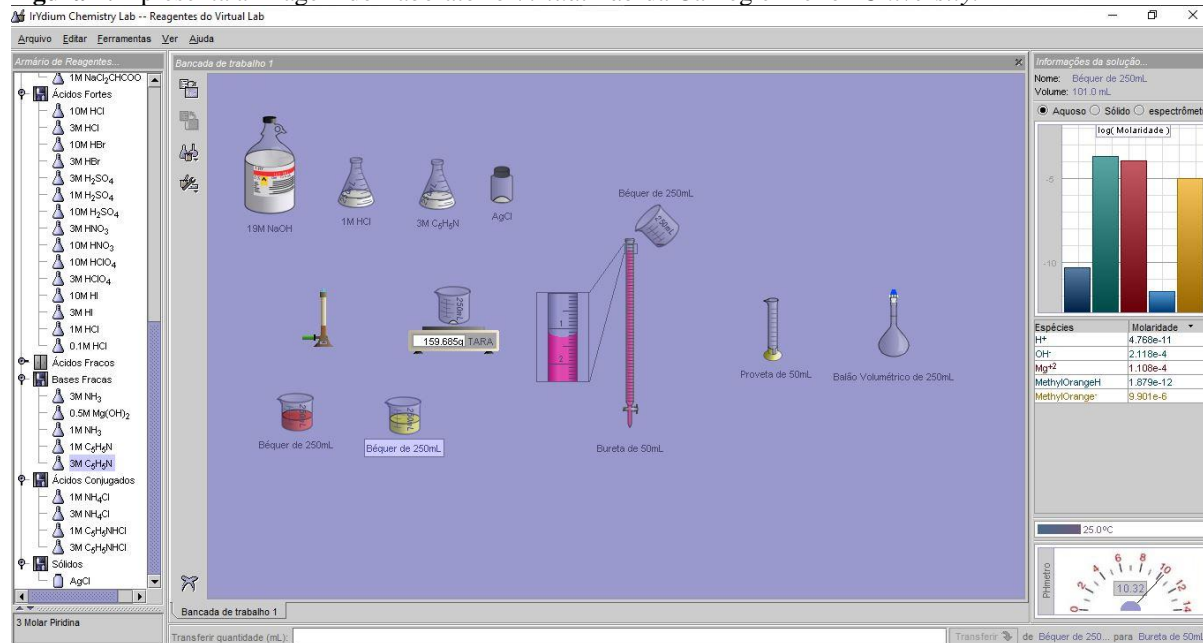
Fonte: <https://vlab.amrita.edu/index.php?sub=2&brch=193&sim=352&cnt=4>

Os laboratórios virtuais são mais complexos que os simuladores. Neles o usuário e/ou usuária conseguem selecionar o que se pretende fazer como se estivesse em um laboratório real. Por exemplo, podem escolher a vidraria mais indicada para o procedimento que deseja realizar ou ainda, selecionar uma vidraria com um volume inapropriado caso o intuito seja simular um

erro ou descuido. Podem também escolher os reagentes que desejam, escolhendo a melhor concentração e quantidade para seu experimento. Essas liberdades de escolha, opções e variações foram determinantes na escolha por esse tipo de laboratório virtual no desenvolvimento desta pesquisa. O laboratório virtual apresenta o resultado da interação do estudante com os recursos disponíveis de maneira, tanto qualitativa, como quantitativamente. Os laboratórios virtuais representam uma combinação de característica iconográfica, além do alto grau de interatividade que proporcionam ao contextualizar conceitos disciplinares. Isso o faz ser largamente utilizado para estudos científicos, sobretudo quando se considera a transposição do fenômeno do meio natural para o computador (GIORDAN, 2013).

Durante o planejamento e preparo das atividades, não foram encontrados laboratórios virtuais de empresas brasileiras disponíveis de maneira gratuita e que pudessem ser utilizadas durante a execução deste projeto. Desta forma, foi necessário a busca por LV desenvolvidos e disponibilizados por instituições estrangeiras. As figuras 2 e 3 apresentam as imagens de dois exemplos de laboratórios virtuais utilizados durante o preparo das atividades, sendo o LV da Figura 2 o preterido devido a sua gratuidade. Cabe destacar que o *Yenka Chemistry* possui uma versão gratuita de avaliação de trinta dias prorrogáveis por outros ciclos mensais indeterminados, desde que o laboratório não seja utilizado em ambiente escolar.

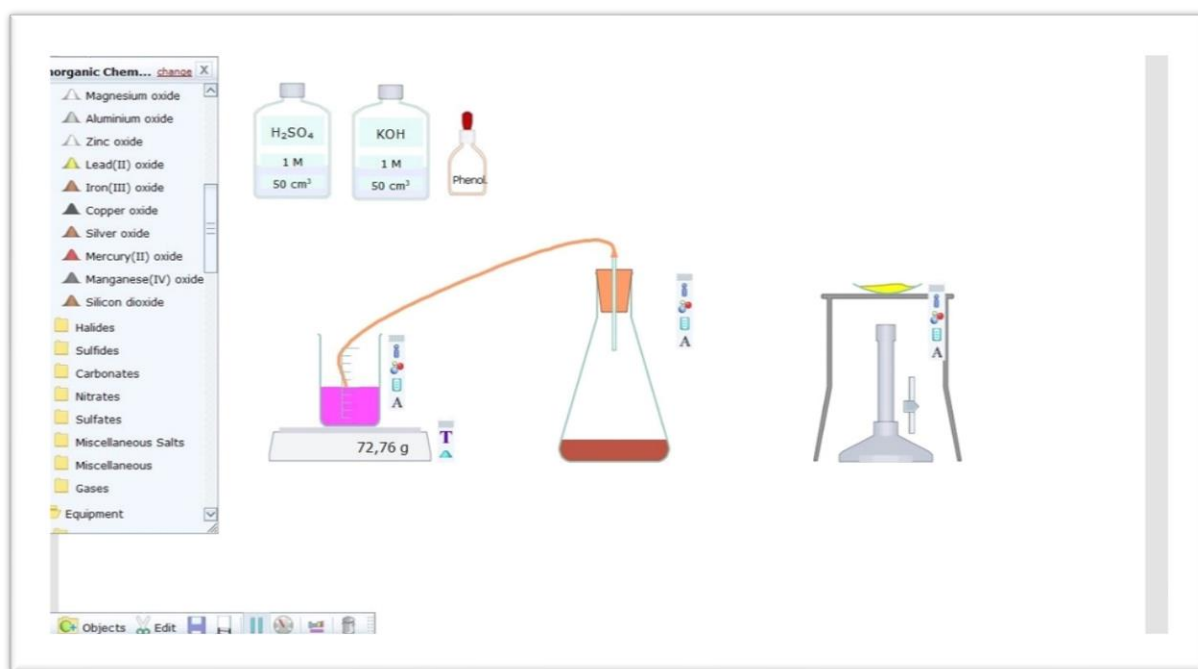
Figura 2: Apresenta a imagem do Laboratório *Virtual Lab* da Carnegie Mellon University.



Fonte: <http://chemcollective.org/vlab/vlab.php>

Pode-se observar na Figura 2 um vasto exemplo de opções que o *Virtual Lab* oferece a seus usuários e usuárias, uma vez que há, ao lado esquerdo da imagem, a lista de reagentes e vidrarias disponíveis. Na parte central é representada a bancada de laboratório e nela estão expostos alguns exemplos de vidrarias, como erlenmeyers, béqueres, proveta, balão volumétrico e bureta. Essa última, chamada de vidraria volumétrica de precisão, é possível observar a preocupação com a exatidão que os desenvolvedores do *software* tiveram, pois apresenta em escala decimal o volume da vidraria. Essa mesma precisão é seguida ao se realizar uma prática em um laboratório físico real. Ainda sobre a precisão das vidrarias apresentadas no *Virtual Lab*, destaca-se a importância dada ao acerto exato do volume, com a apresentação do menisco formado ao se adicionar líquidos. Essa observação é uma das características muito comentada nas aulas práticas reais e ensinada criteriosamente aos alunos e alunas que realizam procedimentos volumétricos. Ao lado direito da imagem são apresentados dados das espécies químicas que participam da reação ou que fazem parte do reagente utilizado. Esses dados são importantes para a compreensão microscópica do fenômeno observado.

Figura 3: Apresenta a imagem do Laboratório Virtual *Yenka Chemistry*.



Fonte: <https://www.yenka.com/>

A escolha por esses dois laboratórios virtuais se deu por possuírem todos os requisitos necessários para a investigação: *i.* possuem muitas vidrarias; *ii.* têm uma grande quantidade de reagentes; *iii.* simulam de maneira bastante satisfatória a exatidão e precisão em termos de volumes, massas e concentrações; *iv.* os resultados observados seguem as leis e conceitos

químicos e físicos; v. podem ser utilizados de forma gratuita (o *Yenka Chemistry* possui uma limitação em sua versão gratuita: não pode ser utilizado em um determinado período do dia) e; vi. permitem que os usuários tenham liberdade de escolha e, conseqüentemente, construam seus próprios procedimentos e experimentos.

Todas essas características foram essenciais na escolha do LV, uma vez que, além de oferecerem um design fácil e intuitivo, estão conectados aos princípios da Educação Química preocupados não apenas com o conteúdo, mas também como ele é apresentado e abordado, oferecendo uma boa variedade de possibilidades na escolha de procedimentos, seguindo as regras e normas laboratoriais. Pode-se afirmar, portanto, que o último requisito acima citado foi primordial na busca do *software* preterido. Essa liberdade de escolha oferecida ao usuário e usuária é de suma importância para que o virtual tenha uma aproximação ainda maior com o laboratório real.

Um outro fator para a utilização do *Virtual Lab* nas atividades investigadas foi que ele, apesar de ter sido desenvolvido por uma universidade estrangeira, possui uma versão em português para ser baixada e instalada em qualquer computador de forma gratuita. Entretanto, caso o usuário e usuária escolham utilizá-lo de maneira *online* terá que fazê-lo a partir de uma versão em inglês. Seguindo o site em que o *Virtual Lab* pode ser utilizado ou baixado, os objetivos da criação são apoiar uma comunidade de instrutores interessados em melhorar o ensino de química por meio de atividades online interativas e envolventes. Segundo a equipe do ChemCollective, a lição de casa feita com papel e lápis normalmente enfatiza a aplicação de fórmulas – um processo que pode se tornar rotineiro e desconectado da realidade e da diversão de fazer química. Em contraste, os exercícios baseados em simulação oferecem novas maneiras de promover o aprendizado e a motivação. Exercícios interativos podem permitir que os alunos explorem e reforcem conceitos fundamentais em contextos cada vez mais complexos, realistas e envolventes. Portanto, o objetivo é criar ambientes de aprendizado flexíveis e interativos, onde estudantes universitários e do ensino médio possam abordar a química mais como cientistas praticantes.

AS DIMENSÕES DA QUÍMICA

Neste capítulo são apresentadas algumas ideias de pesquisadores a respeito da importância de aprender Química, bem como suas dificuldades, tanto no ato de ensinar, quanto, principalmente, no ato de aprender. Para isso, as pesquisas foram norteadas pelas ideias de Johnstone (1982) sobre as três dimensões da Química, juntamente com a complementação estabelecida por Mortimer, Machado e Romanelli (2000) e, mais atualmente, por Mahaffy (2004).

3.1 O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

O ensino de Química, assim como ocorre com a Física e a Matemática, as chamadas ciências exatas, continua proporcionando desconforto junto aos estudantes e grandes dificuldades de aprendizagem são enfrentadas no processo educacional, uma vez que, na grande maioria das vezes, esses ensinamentos são apresentados de maneira tradicional, com o intuito de fazer com que os estudantes decorem a fórmula de uma molécula, ou construam uma equação química sem ter o entendimento do que ela realmente representa. Como consequência os alunos e alunas começam a perder o interesse pelo conteúdo, que progressivamente, torna-se mais complexo e desconexo, desligando-se do seu cotidiano. Desta forma, os estudantes não conseguem compreender e enxergar uma aplicação prática do conteúdo químico ensinado na escola. Chassot (2013) relata que essa falta de interesse e desgosto pela ciência Química é consequência de um ensino inútil e não prazeroso, desconexo ao cotidiano, portanto, não contribui para que os alunos apliquem os conceitos aprendidos em seu dia a dia.

Algumas pesquisas indicam que muitos professores e muitas professoras mantem o contínuo uso das metodologias tradicionais porque muitas vezes eles não conseguem entender a verdadeira razão para que seus estudantes aprendam os conceitos de Química, ou seja, os próprios professores não sabem como os conceitos são utilizados em seu dia a dia, sendo assim, não podem ensinar de maneira contextualizada. Outro grupo de docentes e alunos e alunas acreditam que a importância de se estudar, ensinar e aprender Química seja para utilizar esses conceitos para serem aprovados em alguma seleção, como vestibulares e concursos, uma vez que tais professores e professoras se educaram desta maneira e enxergam suas conquistas profissionais como prêmios do ensino que tiveram, ou mérito por se dedicarem e decorarem a maior quantidade de informação possível e com isso atingir a aprovação sonhada. Ou ainda, em um terceiro grupo, pode-se sugerir que os alunos e as alunas que têm o interesse em

aprender Química o fazem devido a motivações profissionais futuras, pois já sabem e querem seguir carreira em uma área que utilizam tais conceitos.

Aprender Química se torna muito importante, uma vez que desenvolve nas pessoas uma visão capaz de analisar e compreender o mundo em que vivem e de tomarem decisões a partir dos conhecimentos científicos. Para isso, autores como Chassot e colaboradores (1993) afirmam a necessidade do ensino de Química de maneira contextualizada, em que o conceito científico é apresentado por meio de um contexto próximo ao seu cotidiano, ou ainda o ensinar Química de forma contextualizada seria “abrir as janelas da sala de aula para o mundo, promovendo relação entre o que se aprende e o que é precisa para a vida” (CHASSOT *et al.* 1993, p. 50).

Encontrar alternativas nas quais os alunos e as alunas possam participar, de maneira ativos e ativas, dos processos de tomadas de decisões, educação e aprendizagens se tornam necessários. Essas alternativas podem ser alcançadas com mudanças nas posturas dos professores e professoras, adicionando-lhes desafios, tarefas, responsabilidades e habilidades, características que muitos carecem ou não são motivados para colocá-las em prática. E outro fator importante a ser destacado é que o processo formativo inicial e continuado também necessita ser aperfeiçoado. Um aspecto que pode colaborar para que alunos e alunas contribuam e participem mais das aulas é o uso de atividades experimentais.

As atividades experimentais, sejam elas realizadas em laboratórios adequados, ou com poucos recursos, ou ainda nas salas de aulas de maneira improvisada, foram inseridas nas escolas, devido à grande influência das pesquisas realizadas nas universidades cujo objetivo era o de melhorar a aprendizagem do conhecimento científico por meio da aplicação do que foi aprendido (GALIAZZI *et al.*, 2001). Posteriormente, essas atividades mantiveram-se na escola porque despertavam o interesse entre alunos e alunas, uma vez que possuíam um caráter motivador, lúdico e essencialmente vinculado aos sentidos (GIORDAN, 1999).

A elaboração e realização dessas atividades experimentais sofreu grande influência positivista, pautada pela racionalização de procedimentos, pela produção de uma metodologia científica – método científico – e quando uma atividade experimental é realizada sem muito preparo procedimental e, principalmente, descontextualizada e não investigativa, ela pode gerar conclusões perigosas, como por exemplo, que a ciência é irrefutável e que o erro é inaceitável, ocorrendo a formação de um pensamento indutivista³, onde não há lugar para a contradição,

³ A ciência indutivista foi descrita por Francis Bacon e descrita por ele como “Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma que consiste em saltar das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, em se descobrirem os axiomas intermediários a partir desses princípios e de

portanto, as evidências e observações empíricas devem concordar com os enunciados teóricos (GIORDAN, 1999). Essas ideias positivistas, segundo Giordan (1999) “influenciaram e ainda influenciam práticas pedagógicas na área de ensino de ciências, sustentadas pela aplicação do método científico” (GIORDAN, 1999, p. 45). O mesmo autor indica que o desenvolvimento desse método científico foi o principal objetivo do uso da experimentação na década de 1960.

Um estudo estadunidense, também da década de 60 do século passado, chegou à conclusão que

[...] e a experimentação apresentava grandes vantagens frente a outros métodos de aprendizagem, mesmo não se registrando diferenças significativas em relação aos conceitos adquiridos, compreensão da metodologia científica ou a motivação. Assim, o trabalho concluiu finalmente que a única vantagem da experimentação estava em atingir alguns objetivos de aprendizagem que outros métodos de aprendizagem não alcançariam (YAGER *et al.*, 1969 apud SILVA, 2016, p. 14).

Em outras palavras, bastava-se realizar uma atividade experimental e seguir as etapas do método científico que a aprendizagem ocorreria pela transmissão dessas mesmas etapas aos alunos e alunas e, indutivamente, assimilariam o conhecimento subjacente (GIORDAN, 1999). Em sua pesquisa, Silva, Machado e Tunes (2013) destacam que, entre professores e professoras de Química, há a crença de que a realização de uma atividade prática é intrinsecamente motivadora, que a aprendizagem ocorre incondicionalmente por meio da realização e observação do(s) fenômeno(s), que a experimentação comprova empiricamente as teorias discutidas em sala de aula e que o laboratório é uma condição indispensável para a inserção dessas atividades no ensino de Química e afirmam ainda sobre a necessidade fundamental que os futuros professores e professoras de Química possuam conhecimentos sobre as potencialidades e limites da experimentação, bem como saibam planejar e conduzir essas atividades práticas nos diferentes contextos educacionais (SILVA, MACHADO; TUNES, 2013).

A partir das pesquisas acadêmicas realizadas no final de 1960, continuadas até hoje, existe um consenso sobre a importância da experimentação, o que Giordan (1999) chama em seu artigo de “dimensões psicológica e sociológica da experimentação”. No trabalho, o autor destaca a importância, por exemplo, do erro na prática experimental, uma vez que a falha representa o inesperado, rompendo a linearidade fenômeno—observação—interpretação

sua inamovível verdade. E outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade. Esse é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado.” (BACON, 1989, p. 16. Apud GIORDAN, 1999, p. 44)

inequívoca. Na dimensão psicológica, quando a experimentação possibilita o erro e o acerto, mantém o aluno e a aluna comprometidos com sua aprendizagem, além de apresentar a ciência como uma construção humana, logo suscetível de falhas. Como consequência pode ocasionar e mobilizar no grupo esforços para a correção, desencadeando mais diálogos e, portanto, mais trocas de ideias e construção de conhecimentos (GIORDAN, 1999).

Diante dessa perspectiva, o professor e a professora têm papel fundamental durante a prática experimental, pois “ao professor é atribuído o papel de líder e organizador do coletivo, arbitrando os conflitos naturalmente decorrentes da aproximação entre as problematizações socialmente relevantes e os conteúdos do currículo de ciências” (GIORDAN, 1999, p. 46)

Em seus trabalhos, Oliveira (2010) apresenta algumas contribuições associadas à experimentação, como motivar e despertar o interesse; desenvolvimento de trabalho em grupo, iniciativa e tomada de decisões, estímulo da criatividade, aprimoramento da capacidade de observação e registro, análise de dados, detecção de erros, compreensão da natureza da ciência e suas relações com a sociedade e tecnologia.

Pode-se afirmar que a experimentação tem papel bastante importante no ensino de ciências e em particular no de Química, desde que o professor e a professora a utilizem de maneira contextualizada, investigativa e favorecendo o diálogo e observação e não apenas o procedimento e o resultado esperado.

Sabemos que são poucas as escolas que possuem um laboratório de Ciências e/ou de Química disponível e quando o tem, dificilmente estará corretamente equipado, com vidrarias, equipamentos laboratoriais e reagentes químicos necessários para a realização de uma prática experimental. Nesses casos, muitos professores e muitas professoras se desdobram para, ao menos, demonstrar alguns fenômenos fazendo uso de materiais de baixo custo e os realizando dentro das salas de aula. Como já mencionado anteriormente neste texto, uma alternativa para remediar essa situação é fazer uso dos laboratórios virtuais, uma vez que são capazes de simular uma reação específica, mostrando as transformações ocorridas e propriedades físicas e químicas envolvidas. Essa atitude não pode ser empregada como a solução das escolas que não possuem laboratórios e materiais para as práticas, mas sim como um recurso temporário ou complementar usado enquanto não são adquiridos materiais ou construídos os laboratórios. Essa precarização precisa ser combatida e a luta por melhores condições de trabalho necessita ser contínua e nunca substituída por soluções alternativas que apenas remedeiem o problema.

Entretanto, as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem não se limitam ao uso ou não da experimentação. Assim, indaga-se: o que se entende por dificuldades de

aprendizagem? Quais as principais causas que estão na base dessas dificuldades em aprender Química?

A ciência Química estuda as transformações da matéria, suas reações, interações e energias envolvidas em fenômenos presentes em todos os lugares, setores e natureza em geral. Entretanto, essas reações ocorrem envolvendo entidades ou partículas e processos que não podem ser observados a olho nu, ou seja, não se consegue observar por dois fatores principais, i. porque o tamanho dessas entidades é extremamente reduzido, microscópico e; ii. as partículas, moléculas e átomos, possuem características e propriedades que não os permitem serem observados sem que essa observação interfira nessas propriedades, resumidamente, a tecnologia para observar substâncias elementares microscópicas já existe, mas infelizmente, a luz necessária para realizar a observação interferirá nas propriedades dessas partículas, alterando suas características. Pode-se chegar à conclusão de que a ciência Química se utiliza de modelos para explicar as observações, os fenômenos e o recurso utilizado para representar esses campos é o símbolo, ou seja, as fórmulas de moléculas, íons, átomos e suas equações. Assim, Machado e Mortimer (2007) afirmam que a construção do conhecimento químico depende da interrelação entre essas três abordagens. Essa característica por si só já dificulta o ensino e aprendizado de conceitos Químicos, uma vez que requer a utilização de um modelo e pode-se pressupor que cada aluno e aluno possua modelos diferentes para o mesmo conceito. Outro problema ou dificuldade apresentada pelos autores é que

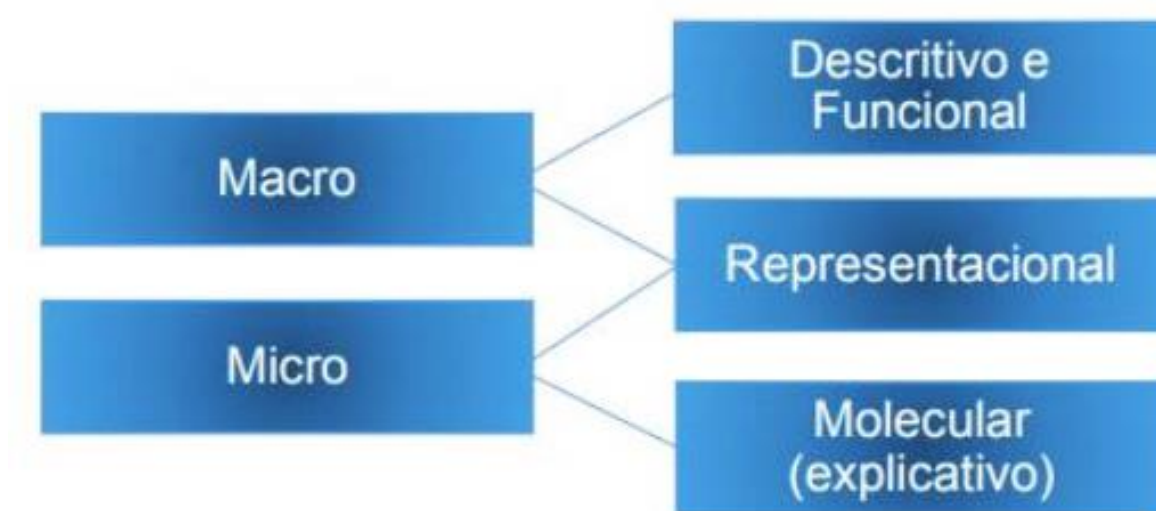
A maioria dos currículos tradicionais e dos livros didáticos enfatiza o aspecto representacional, em detrimento dos outros dois. A ausência dos fenômenos nas salas de aula pode fazer com que os alunos tomem por “reais” as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para a matéria. É necessário, portanto, que os três aspectos compareçam igualmente. A produção do conhecimento na Química resulta sempre de uma dialética entre teoria e experimento, pensamento e realidade, mesmo porque não existe atividade experimental que não ofereça mais de uma possibilidade de interpretação (MACHADO; MORTIMER, 2007, p. 170).

3.2 AS DIMENSÕES DA QUÍMICA: JOHNSTONE

Uma proposta que ficou bastante conhecida e influente em alguns círculos de pesquisa do Ensino de Química foi a defendida por Johnstone (1982) que afirmava que o conhecimento Químico podia ser entendido e organizado em três dimensões: macroscópico, submicroscópico e simbólico. As três dimensões referidas por Johnstone seriam *i.* descritivo e funcional, no qual pode-se ver e manipular materiais e descrever suas propriedades, além de converter um material em outro, com conseqüente alteração nas propriedades; *ii.* representacional, no qual tenta-se

representar substâncias por fórmulas e suas mudanças por equações e; *iii.* exploratório, nível atômico e molecular, no qual almeja-se explicar por que as substâncias químicas se comportam como percebemos, invocando átomos, moléculas, íons, isômeros, etc. para formar uma imagem mental que direcione o pensamento e racionalize o nível descritivo. Em seu trabalho, afirmou que aqueles que são estudantes ou pesquisadores químicos podem perceber nessa disciplina os três níveis, “...Químicos experientes “pulam” livremente de nível para nível num processo de ginástica mental” (JOHNSTONE, 1982, p. 377). A figura 4 apresenta o esquema apresentado por Johnstone sobre os níveis de representação.

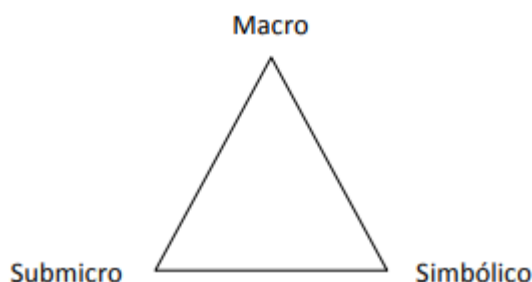
Figura 4: Níveis de representação defendido por Johnstone em 1982.



Fonte: Johnstone (1982, p. 378) – tradução nossa.

Em outro artigo, publicado em 1991, Johnstone referiu-se a esses níveis como níveis do pensamento. Para representá-los ele os organizou como vértices de um triângulo equilátero, apresentado na Figura 5, e alterou as denominações, passando a intitulá-los, macroscópico (correspondendo ao descritivo e funcional), submicroscópico (molecular) e simbólico (representacional).

Figura 5: Os níveis do pensamento químico para Johnstone (1991) representados na figura de um triângulo equilátero: macroscópico, submicroscópico e simbólico.



Fonte: JOHNSTONE, 1991.

Em 1993 o autor apresenta uma “filosofia para o ensino de Química” (JOHNSTONE, 1993, p. 701). Nessa proposta de organização do conhecimento escolar científico, tanto em conteúdo quanto em método, segundo o autor, não teria sido possível coordenar bons resultados, pois os responsáveis pelo planejamento e elaboração da modificação curricular não perceberam que “aquilo que excita nossas mentes não necessariamente excita os alunos” (JOHNSTONE, 1993, p. 702). Para superar essas dificuldades ele propõe uma “nova química” (JOHNSTONE, 1993, p. 702) que deve possuir três componentes básicos, apresentados no artigo de 1991.

[...] a nova química tem três componentes básicos: a macroquímica do tangível, comestível e visível; a submicroquímica do molecular, atômico e cinético; e a química representacional dos símbolos, equações, estequiometria e matemática” (Johnstone, 1993, p. 702).

Cabe destacar que, na ocasião, os mencionados componentes básicos também foram apresentados como vértices de um triângulo. Novas recorrências a triângulos foram feitas pelo autor em diferentes trabalhos. Em 2000, apesar de a figura não ser explicitada, Johnstone afirmou que a natureza da Química

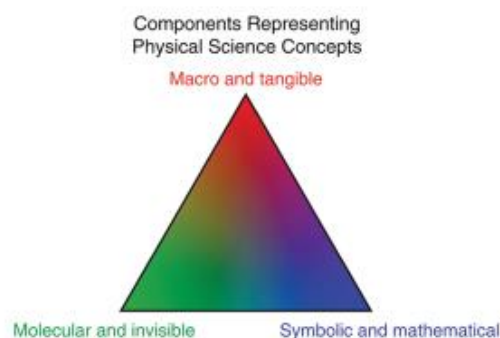
[...] se dá em três formas que podem ser pensadas como os vértices de um triângulo (...) (a) o macro e tangível: o que pode ser visto, tocado e cheirado; (b) o submicro: átomos, moléculas, íons e estruturas; e (c) o representacional: símbolos, fórmulas, equações, molaridade, manipulação matemática e gráficos (Johnstone, 2000, p. 11).

A principal motivação para a reformulação para se ensinar química é concentrar-se em criar condições para que os alunos e alunas se desloquem sem dificuldades dentro do triângulo, abordando assim as três dimensões do conhecimento químico, uma vez que, para Johnstone, uma considerável parcela de estudantes e professores e professoras estaria interessada somente

nos vértices macro e simbólico, dificultando assim o aprendizado desta disciplina (ARAÚJO NETO, 2009).

Em 2006, sob a mesma nomenclatura, os vértices do triângulo foram considerados os “três níveis conceituais da química” (Johnstone, 2006, p. 59, apud SOUZA, 2012) e, finalmente, no artigo mais recente, publicado em 2010, o pesquisador apresenta os vértices como os “componentes que representam conceitos das ciências físicas” ou ainda como os “três aspectos da representação nas ciências físicas”, representados na figura 6.

Figura 6: Três aspectos da representação nas ciências físicas, extraídos de Johnstone (2010).



Fonte: JOHNSTONE, 2010.

Johnstone (2010) afirmava que um dos grandes problemas do ensino de Química é que os professores, ao discutir e ensinar conceitos químicos, eles o fazem a partir do centro do triângulo, tratando as três dimensões simultaneamente, sem que ocorra uma distinção, por parte dos alunos e alunas, de cada uma delas. Quando isso ocorre, a compreensão dos conceitos se dá por sobrecargas de memorização ao invés do entendimento, tornando o ensino mais cansativo e menos atrativo. E quando há excesso de informações e em um curto espaço de tempo, ocorre uma sobrecarga e, segundo o autor, o espaço de trabalho, sendo limitado, não consegue processar e a aprendizagem fica comprometida. Para ele, a alternativa é iniciar a abordagem a partir do macro e tangível, pois é mais corriqueira aos estudantes e, gradualmente, enriquecê-la com as outras dimensões (JOHNSTONE, 2010).

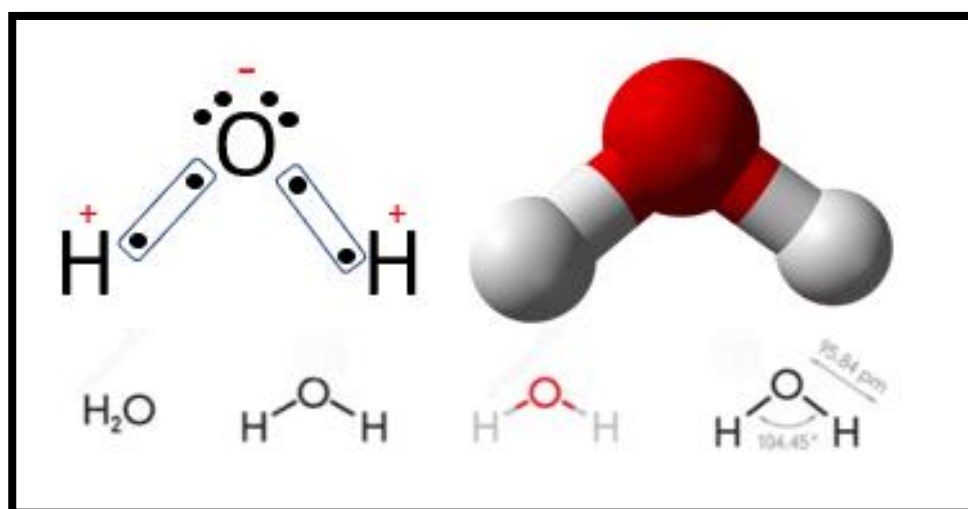
Em sua tese de doutorado, Araújo Neto (2009) apresenta uma enorme contribuição para as discussões a respeito da utilização das dimensões do conhecimento químico defendido por Johnstone e conclui que, depois de longa pesquisa, “não está claro, seja diretamente por meio do trabalho de Johnstone ou por meio daqueles que utilizam seu triângulo como referência, a natureza ou caráter funcional dessa tentativa de ação triádica no ensino de química” (ARAÚJO NETO, 2009, p. 48).

Nesse mesmo sentido, também em sua tese de doutorado, Souza (2012) afirma que

Cabe destacar que, além da enorme variabilidade de denominações atribuídas aos vértices do triângulo, que levam a inevitável confusão acerca dos objetivos do autor ao propô-lo, também não há clareza acerca do critério de classificação dos “entes” químicos entre os diferentes níveis propostos. As “estruturas”, por exemplo, apesar de classificadas como pertencentes ao nível submicroscópico, poderiam ser também consideradas em seu aspecto representacional (SOUZA, 2012, p. 20).

Um exemplo da confusão apresentada por Araújo Neto (2009) e Souza (2012) é a representação de uma molécula de água. A figura 7 apresenta algumas representações tipicamente utilizadas por professores e professoras para apresentar a estrutura da molécula de água. Cada uma dessas imagens se enquadraria em que vértice do triângulo de Johnstone? Seriam no submicroscópico? Ou no simbólico? Em ambos?

Figura 7: Exemplos de representações para a molécula de água.



Fonte: próprio autor

Araújo Neto (2009) utiliza, em sua tese de doutorado, um exemplo dado por Johnstone sobre o uso de balões para exemplificar as ligações químicas e a repulsão dos elétrons, para comentar a confusão, ou falta de indicações, ou desencontros presentes nas explicações dessa proposta. Johnstone sugere que:

[...] para ajudar os estudantes a racionalizar essas formas precisamos de uma nova idéia, a qual remete a possibilidade de tornar visual que as ligações assumem orientações de mínima repulsão. Uma ligação aponta em qualquer direção, duas são diretamente opostas, três formam um triângulo e quatro um tetraedro. Isso é facilmente demonstrável pelo uso de balões para representar as ligações e ver como eles se repelem para formar arranjos lineares, trigonais e tetraédricos. Isso é mais intelectualmente rigoroso do que falar sobre

tetraedros surgindo de híbridos sp^3 . Usar o irrealismo de configurações eletrônicas de átomos (isolados em fase gasosa) e tentar criar a realidade da estrutura molecular a partir deles é intelectualmente suspeito (JOHNSTONE, 2000, p. 12, apud ARAÚJO NETO, 2009, p. 43).

E Araújo Neto alega que:

Apesar de não se referir ao processo de mediação em nenhum momento de seu artigo, no trecho acima temos uma ordem explícita de uso de ferramentas de mediação para a criação de significados. Tem-se também uma indicação implícita das opções ontológicas assumidas por Johnstone em termos de sentido e referência, quando trata da realidade da estrutura molecular e remete as configurações eletrônicas ao status da irrealidade. Nesse sentido, podemos começar a delinear certa confusão na proposição dos níveis de representação, uma vez que os balões propostos para uso na atividade estão qualificados como representantes na proposta feita por Johnstone, mas não são relacionados a qualquer elemento de seu triângulo, seja como ‘nível de representação’, seja como um ‘esfera do conhecimento químico’. Na verdade, não se tem claro como os balões são tomados na proposição de Johnstone (ARAÚJO NETO, 2009, p. 43).

O autor acredita que a propostas do triângulo de Johnstone e seus níveis de representação podem confundir “referentes e referência, o representante e a própria representação” (ARAÚJO NETO, 2009, p. 49) e essa confusão pode ocorrer entre os níveis de representação e o que elas de fato representam, ora submicroscópicas (moléculas, átomos, etc) ou quaisquer tentativas de entendê-las e representá-las (desenhos, gráficos, equações). Portanto, o autor afirma que há lacunas nos estudos, principalmente, no que diz respeito à referência à noção de níveis de representação e a ausência de uma função epistemológica para as formas de uso. “A ausência de uma discussão ancorada na funcionalidade epistemológica, e que toque também na necessidade de uma distinção ontológica⁴, delega para esses estudos um caráter restritivo quanto à natureza do conhecimento posto em ação durante as atividades didáticas” (ARAÚJO NETO, 2009, p. 49).

Essa visão é compartilhada por Labarca (2010) e Silva e Messeder Neto (2021) “planos (macroscópico e submicroscópico da matéria) diferentes não poderiam estar representados como vértices em um mesmo triângulo, ou seja, como planos equivalentes” (LABARCA, 2010, apud SILVA; MESSEDER NETO, 2021, p. 6) e “Podemos tomar o nível macroscópico e o nível submicroscópico como sendo níveis diferentes para um mesmo plano ontológico, pois

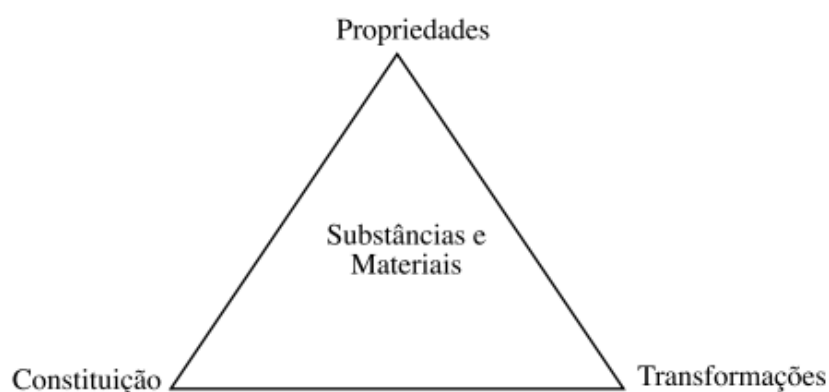
⁴ A ontologia pode ser entendida como uma análise filosófica sobre o que dizemos que existe, que há, se interessa em analisar as entidades com as quais estamos comprometidos em considerar como existentes. “Esse esforço é justificável se desejamos produzir conhecimento verdadeiro sobre tais entidades, e nos parece ainda mais justificável se considerarmos necessário criar representações de tais entidades” (ARAÚJO NETO, 2009, p. 19).

fazem parte de uma mesma materialidade, de uma mesma razão de ser” (SILVA; MESSENDER NETO, 2021, p. 6).

3.3 AS DIMENSÕES DA QUÍMICA: MORTIMER; MACHADO E ROMANELLI

Uma proposta semelhante ao triângulo de Johnstone e bastante difundida na literatura, é o triângulo apresentado por Mortimer, Machado e Romanelli (2000) e Machado e Mortimer (2004). Nos trabalhos, os autores defendem que “a Química tem como objetivos de investigação os materiais, suas substâncias, suas propriedades, sua constituição e suas transformações” (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 276) e representam essa definição na forma de um triângulo, como o representado na figura 8.

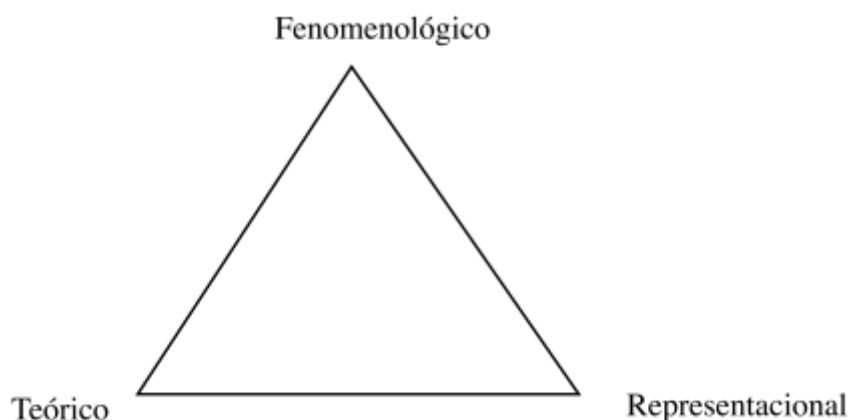
Figura 8: Triângulo que representa o objetivo das investigações da Química.



Fonte: MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 276.

Nesses mesmos trabalhos, os autores intitulam as três dimensões como fenomenológico, teórico e representacional, apresentados na Figura 9.

Figura 9: Aspectos do conhecimento químico, extraído de Mortimer, Machado e Romanelli (2004).



Fonte: MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000.

Para os autores os vértices são assim definidos:

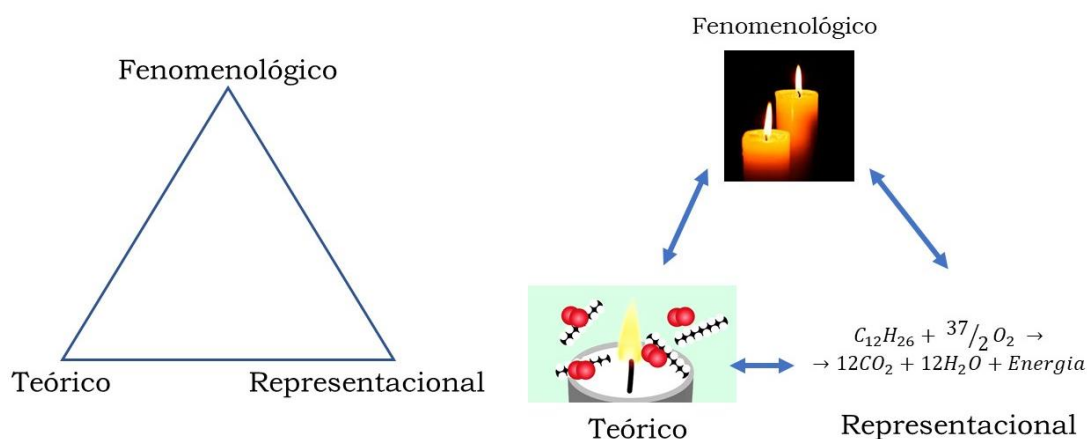
O aspecto fenomenológico diz respeito aos fenômenos de interesse da Química, sejam aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação-matéria que não provocam um efeito visível, mas que podem ser detectados na espectroscopia. Os fenômenos também podem estar materializados nas atividades sociais. São as relações sociais que o aluno estabelece por meio dessa ciência que dão significado à Química do seu ponto de vista, pois mostram que a Química está na sociedade, no ambiente. Além disso, quando nós, professores, retomamos fenômenos já estudados ou vividos em sala de aula, possibilitamos que os alunos participem da conversa, pois passamos a falar de algo que eles compartilham conosco. A abordagem do ponto de vista fenomenológico também pode contribuir para promover habilidades específicas, tais como controlar variáveis, medir, analisar resultados, elaborar gráficos etc. O aspecto teórico relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente observáveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons etc. Os conteúdos químicos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto representacional, que compreende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas. (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 276).

Uma observação superficial das figuras 5 e 9 podem indicar que os dois triângulos são equivalentes, entretanto, possuem diferenças significativas. Além de ampliar a ideia de “macroscópico” de Johnstone, incluindo experiências cotidianas e dados instrumentais no aspecto “fenomenológico”, a questão da noção de representação, alvo da crítica de Araújo Neto (2009) ao trabalho de Johnstone, parece ser melhor resolvida, na medida em que todos os aspectos representacionais parecem ser alocados no vértice relacionado ao aspecto “representacional”. “Os autores fazem clara distinção, por exemplo, entre as explicações baseadas em modelos abstratos e as representações dos modelos” (SOUZA, 2012, p. 23).

Para exemplificar essas três dimensões pode-se utilizar os conhecimentos e memórias que temos ao pensar em uma vela acesa. A vela e a chama produzida em sua queima são os fenômenos que conseguimos enxergar sem o auxílio de equipamentos, assim pode-se chamá-los de macroscópicos e/ou fenomenológicos. O calor liberado na combustão da vela é a consequência da energia envolvida na ruptura das ligações químicas presentes nas moléculas que constituem a parafina da vela, no caso o combustível, e das ligações da molécula de gás oxigênio, comburente. Nessa reação química ocorre a formação de novas ligações químicas e consequente produção de novas substâncias, como o gás carbônico e água. Ao acender um pavio de uma vela o calor derrete a parafina e esse pavio absorve a cera líquida e o puxa para cima. O calor vaporiza a cera e o vapor em contato com o oxigênio queima, enquanto a cera

vaporizando, um processo endotérmico, resfria o pavio exposto e o protege. Essa reação entre parafina e oxigênio é do tipo exotérmica, daí a liberação de calor na forma de fogo. Essas interações intermoleculares, rupturas e formações de ligações e a energia envolvida nesse processo são o que Mortimer e Machado classificam como teórico, enquanto para Johnstone seria o submicroscópico. Essa simples e importante reação química aqui descrita pode ser expressa matematicamente por meio de símbolos e expressões e é representada por uma equação química. O ato de representar por meio de símbolos nos indica a terceira dimensão que é a simbólica e/ou representacional. A figura 10 apresenta o triângulo de Mortimer, Machado e Romanelli (2000) e uma representação esquemática de uma reação química segundo essas três dimensões.

Figura 10: Apresenta um exemplo de representação das três dimensões da Química utilizando como exemplo a combustão de uma vela.



Fonte: Próprio autor.

Nota-se que a grande maioria das pessoas já viu uma vela acesa, porém poucos utilizam essa memória para levantarem questionamentos a respeito do que está acontecendo para que o fogo seja gerado, mantido e como pode ser apagado. Para fazê-lo é necessário recorrer a alguns conceitos químicos que se entrelaçam e explicam, cientificamente, o que de fato acontece nessa transformação e a esses conceitos, provavelmente, serão necessários a busca mental de algum ou alguns modelos que ajudam na abstração. Esse modelo, dependendo do nível de conhecimento, pode ser mais simples ou mais sofisticado, ocasionando explicações e entendimentos mais complexas ou não. A falta de entendimento e consequentemente o não estabelecimento de relações entre as três dimensões é apontado por pesquisadores como um dos principais problemas enfrentados por estudantes na aprendizagem de conteúdos químicos, uma vez que tais conceitos requerem um grande grau de abstração.

Em seu trabalho, Santos Neto, Almeida e Feitosa (2018) afirmam que a Química é uma ciência empírica, por fazer parte das Ciências da Natureza e, conseqüentemente, é ensinada de maneira abstrata

porque necessita constantemente que os professores e os alunos estejam imaginando situações práticas de conceitos abstratos, dentre eles estão as teorias atômicas; a organização das moléculas no espaço, visualização de estruturas e conceitos de natureza microscópica. Essa dificuldade resulta em uma falta de interesse dos educandos em aprender os conhecimentos desta disciplina, tanto pela abstração causada, como pelas metodologias que são utilizadas nesse processo de ensino-aprendizagem (SANTOS NETO; ALMEIDA; FEITOSA, 2018, p. 129).

Ideia defendida também por Costa, Passerino e Zaro (2012), em que afirmam que a natureza microscópica e muitas vezes abstrata dos conhecimentos químicos costuma provocar nos alunos e alunas grandes dificuldades de aprendizagem, além da exigência de uma utilização de linguagem essencialmente simbólica, o que pressupõe a necessidade de uma grande capacidade de abstração e generalização. Concomitante, os métodos tradicionais priorizam a reprodução do conhecimento sobre a assimilação do conhecimento. Conseqüentemente, a aprendizagem torna-se mais complicada, impedindo que os alunos e alunas organizem e criem conhecimento de maneira significativa, ou seja, eles memorizam o conteúdo, reproduzem mecanicamente sem associações, tornando a aula desagradável, desmotivadora e cansativa.

Os autores ainda afirmam que:

O estudo da Química, principalmente nas universidades, caracteriza-se pela abordagem de uma grande quantidade de conhecimentos teóricos. Por meio deles, são destacadas as qualidades internas dos objetos e fenômenos, ou seja, seus atributos não perceptíveis diretamente, visto que são fruto de deduções e relações teóricas. Sendo assim, para que sua aprendizagem seja efetiva, propomos a estruturação das situações de ensino, tendo-se como base o princípio do método dedutivo de pensamento, ou seja, partindo-se do conhecimento geral para o particular e do abstrato para o concreto (COSTA; PASSERINO; ZARO, 2012, p. 277).

Reunindo-se os fatores acima apresentados, as exigências de abstração, falta de apoio, dentre outros, aprender e ensinar conceitos de Química não é uma tarefa fácil. Por um lado, os professores precisam aprimorar constantemente suas práticas de ensino para acompanhar o ritmo das mudanças científicas, tecnológicas e sociais, por outro, os alunos precisam se sentir inspirados e prontos para aprender.

Segundo Davydov (1972, apud COSTA; PASSERINO; ZARO, 2012) isso equivale à busca de mecanismos que visem ao estabelecimento das chamadas “operações especiais”, que de acordo com o autor caracterizam-se por revelar o conteúdo das abstrações e são fundamentais

para a promoção do pensamento teórico. Os símbolos e os modelos são exemplos dessas operações especiais.

Os símbolos funcionam como um meio de reprodução da realidade, representada não por meio da própria natureza, mas das propriedades dos objetos que a compõem. Os símbolos são formas de padronização e, portanto, de idealização dos objetos materiais. Sendo assim, a transferência dos objetos ao plano mental, bem como a utilização mediatizada dos símbolos para revelar a essência das coisas, equivale ao movimento rumo à reprodução teórica da realidade (DAVYDOV, 1972, apud COSTA, PASSERIDO, ZARO, 2012, p. 278).

Os modelos são uma forma de idealização, nesse caso visual e simbólico-sinalizadora, que apresentam grande aplicação em diversos conceitos de Química, além de outras disciplinas como a Física e Biologia e cuja estruturação se baseia principalmente na função *mediatizadora* dos signos (COSTA; PASSARIDO; ZARO, 2012).

A importância das atividades de modelização para a formação do pensamento teórico, na opinião de Davydov, está relacionada ao fato de que

Los modelos son una forma de abstracción científica de índole especial, en la que las relaciones esenciales del objeto destacadas al efecto están consolidadas en nexos y relaciones gráfico-perceptibles y representables de elementos materiales o señalizadores. Entraña una original unidad de lo singular y lo general, en la que se adelantan a primer plano los momentos de carácter general y esencial. [...]son fruto de una compleja actividad cognoscitiva, que incluye sobre todo la elaboración mental del material sensorio inicial, su depuración de elementos casuales, etc. [...] actúan como fruto y como medio de la ejecución de esa actividad. (DAVYDOV, 1972, p. 315, apud COSTA; PASSERIDO; ZARO, 2012, p. 278)

Justi e Gilbert (2011) apresentam a seguinte definição geral: “um modelo é uma representação parcial de uma entidade, elaborado com um, ou mais objetivo(s) específico(s) e que pode ser modificado” (JUSTI; GILBERT, 2011, p. 211). Essa entidade que pode ser um objeto, um processo, uma ideia, é parcialmente representada pelo homem e, portanto, não é a realidade e nem uma cópia dela. Apesar de parecer simples, a definição de modelo não é entendida por grande parte dos professores e professoras, conseqüentemente, eles não conseguem utilizá-lo de uma maneira significativa. Esse quadro se reflete nas concepções dos estudantes sobre diversos conceitos, como quando se deparam com o estudo dos modelos atômicos, em que alguns acreditam que os modelos apresentados são ampliações dos átomos ou que o modelo mais atual está pronto e acabado (JUSTI; GILBERT, 2011). Face a esse problema, é importante que docentes e discentes compreendam o que são modelos, como são construídos, suas finalidades e, também, limitações.

Justi e Driel (2005, apud COSTA; PASSERIDO; ZARO, 2012) esclarecem que o uso correto de atividades de modelização no ensino de Química deve ser apoiado em formas de abordagem que suscitem entre alunos a oportunidade de criar, expressar e testar seus próprios modelos, além da necessidade de se estimular a exploração dos fenômenos e explicação de processos e ideias abstratas, bem como o desenvolvimento da capacidade de representação dos alunos e alunas. De acordo com Ferreira e Pino (2006), a construção e utilização de modelos pode estar relacionado ao sistema cognitivo no intuito de buscar compreender melhor o universo em que o ser humano está inserido. Os homens e mulheres necessitam visualizar os modelos para compreender os fenômenos de maneira mais significativa, compreendendo assim as moléculas e as suas relações submicroscópicas.

A abstração pode ser encarada como um dos fatores responsáveis pelo não entendimento de conceitos químicos, consideração bastante plausível, pois requer uma imaginação microscópica de fenômenos distantes até da visão macroscópica. Solicitar, portanto, que os estudantes imaginem a interação de duas ou mais moléculas e as consequências que essa interação ocasionará, como ruptura de ligações covalentes, transferências de elétrons, formação de íons ou formações de novas ligações, é um pedido fácil, entretanto, extremamente difícil de ser atingido. É nesse processo que a utilização dos modelos e simbologia podem contribuir para tornar menos difícil tal solicitação, pois ao representar uma reação química em termos de equação pode-se observar uma molécula ou moléculas sendo transformada ou transformadas em outras. Mesmo assim, o ato de aprender conceitos químicos continua muito difícil. Para auxiliar no entendimento e abstração pode-se, por exemplo, fazer uso de um experimento. Ao realizar um procedimento experimental do tipo investigativo, o professor permite que os estudantes realizem uma prática e a partir das observações construam suas conclusões. Essas observações são de suma importância para a abstração e construção do conceito químico.

Segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), um dos problemas do ensino de Química é a ênfase no aspecto representacional em detrimento dos outros, não sendo dado destaque aos fenômenos presentes no ambiente e fazendo com que os estudantes acreditem que os símbolos e fórmulas apresentados nas aulas são “reais”, e não modelos de representação da matéria. Portanto, se faz necessário trabalhar com os três aspectos do conhecimento químico, relacionando teoria e experimento e, conseqüentemente, pensamento e realidade.

Diante desses problemas citados, vêm surgindo algumas pesquisas para a elaboração de materiais com o apoio das Tecnologias da Informação e Comunicação que podem ser utilizados como recurso didático, como os laboratórios virtuais para o ensino de Química.

Há poucas escolas que contam com laboratórios físicos montados e equipados com vidrarias e reagentes e que possam ser usadas durante as aulas de Química. Ou ainda, são poucos os professores e poucas as professoras que realizam essas práticas em suas escolas, sejam em laboratórios ou na própria sala de aula e os motivos para isso são inúmeros, como falta de conhecimento para a elaboração de uma prática, falta de material, falta de apoio para a realização, falta de tempo, ou ainda, quando fazem algumas experiências o fazem de forma demonstrativa com o intuito único e exclusivo de comprovar uma teoria por ele explicada. Essa precarização precisa ser debatida e a luta por melhores condições necessita continuar.

A educação, em geral, passa por processos de mudanças, às vezes notadamente sentidos, enquanto em outras são imperceptíveis. A inserção de equipamentos tecnológicos como sites, computadores, notebooks, tablets, aplicativos e celulares, a está alterando significativamente e a utilização dessas novas (ou não tão novas) tecnologias como ferramentas educacionais pode ser um caminho e ajuda na tentativa de melhorar a abstração exigida no ensino de Química e contribuir para uma melhor transição pelas três dimensões apontadas por Johnstone ou Mortimer, Machado e Romanelli, ou até unificá-las. As TDIC podem contribuir para resolver alguns problemas acima citados, entretanto é de extrema importância saber utilizá-las de maneira crítica.

Os laboratórios virtuais fornecem aos estudantes a oportunidade de se envolver ativamente com práticas laboratoriais quando o laboratório físico real não está disponível, como neste momento pandêmico. Diversos autores pesquisam sobre a utilização de laboratórios virtuais no ensino de Química, outros sobre o uso da internet como ferramenta de apoio no processo de ensino e aprendizagem, enquanto outros estudam a influência no ensino do uso de computadores, *tablets* e celulares. Tais pesquisas se justificam porque as TDIC podem ser utilizadas para correlacionar, por exemplo, as três dimensões da Química uma vez que por meio do LV o aluno e a aluna podem utilizar as observações para construir ou aprimorar um modelo, permitindo uma variedade de interpretações e investigações. Segundo Davenport, algumas pesquisas sugerem que os laboratórios virtuais auxiliam os alunos a criarem modelos de fenômenos, antes não observáveis, no contexto de investigações de laboratórios, mas essas observações são possíveis, ou sua eficácia aumenta, dependendo de como os professores utilizam tais ferramentas, o apoio fornecido aos alunos e alunas e como eles interagem com os materiais disponíveis (DAVENPORT, 2018). O autor ainda relata que o uso dos laboratórios virtuais exige um completo planejamento por parte do professor, capaz de integrar o currículo, os desafios da sala de aula e o uso de tecnologia.

Em um de seus trabalhos Benite, Benite e Silva Filho (2011, p. 71), afirmam que “os objetos do conhecimento químico são modelos, isto é, constructos teóricos da interpretação química da realidade”. A necessidade de interpretação e abstração ocasiona dificuldades no entendimento desses constructos, uma vez que estão atreladas à natureza abstrata e não observável das entidades químicas. Partindo do pressuposto que há essa dificuldade dos alunos e das alunas em compreender o nível simbólico do conhecimento químico e que estes têm pensamento baseado em informações sensoriais, os autores optam por desenvolver material didático digital sobre a temática, defendendo a utilização de animações e analogias computacionais na tentativa de representar as especificidades do nível atômico-molecular do conhecimento químico (BENITE; BENITE; SILVA FILHO, 2011).

Algumas pesquisas em Educação Química que abordam a aprendizagem demonstram repetidamente que o fornecimento de instruções com múltiplas representações visuais pode melhorar a aprendizagem, particularmente quando os alunos e alunas são encorajados a vincular ativamente as representações. Os autores McElhaney e Ploetzner (apud DAVENPORT, 2018, p. C) afirmam que “quando os alunos são solicitados a fazer previsões, observar e criar explicações com base na dinâmica exibições, como animações que mostram o movimento das partículas, eles desenvolvem uma compreensão mais profunda de processos complexos” (tradução nossa).

Em seu trabalho, Wu, Krajcik e Soloway (2001, apud ARAÚJO NETO, 2009) apontam que há três tipos de dificuldades no aprendizado de “representações em Química”, sendo as três destacadas como:

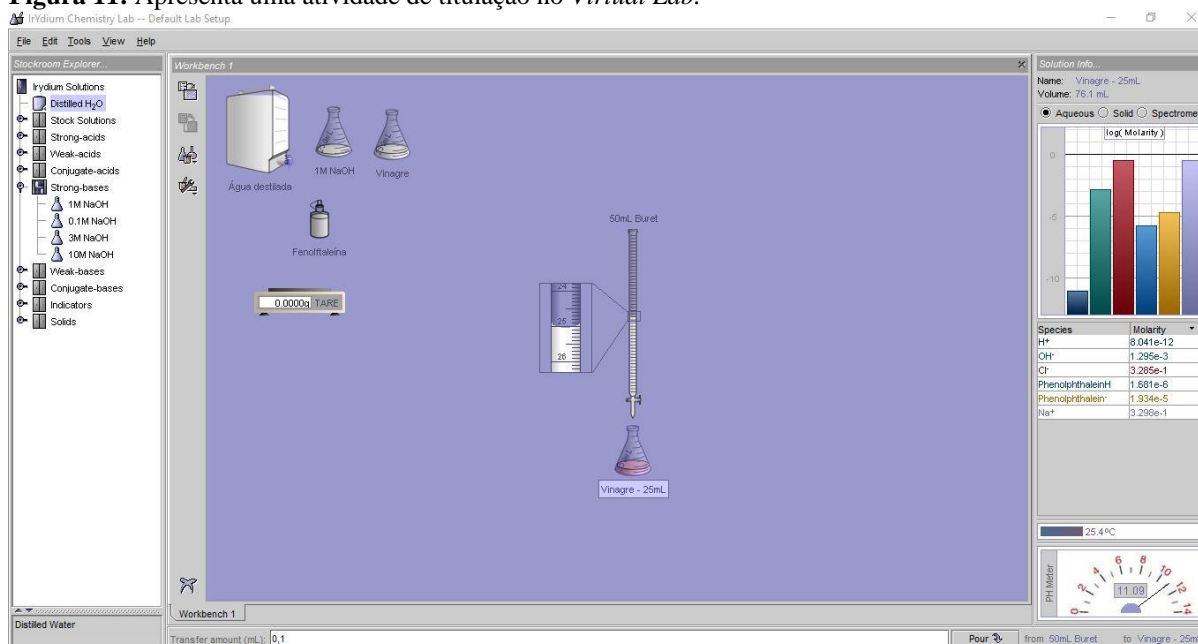
- (i) os estudantes não conseguem apreender o significado das representações, mesmo após ter recebido grande instrução acerca do tema, permanecem encarando fórmulas estruturais e moleculares como abreviações de nomes, em detrimento de associarem-nas a estrutura ou constituição; (ii) os estudantes possuem muita dificuldade para realizarem traduções entre fórmulas, não conseguem intercambiar representações; (iii) os estudantes possuem muita dificuldade para converterem representações de duas em três dimensões (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001, p. 823, apud ARAÚJO NETO, 2009, p. 50).

Na tentativa de sanar tais dificuldades, os autores apostam na utilização de estratégias didáticas que façam uso de múltiplas formas de representação de maneira combinadas. Dentre as formas de representação eles utilizam uma ferramenta computacional que explora a relação entre a visualização e representação. Destaca-se que, representação Química, para esses autores, pode ser vista como “metáforas, modelos, e construtos teóricos provenientes da interpretação que os químicos fazem da natureza e da realidade” (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001, p.

824, apud ARAÚJO NETO, 2009, p. 51). Essa visão e “definição” de representação se encaixa perfeitamente nas definições do triângulo proposto por Mortimer, Machado e Romanelli.

Tecnologias educacionais em química e física, como simuladores de reações e fenômenos, aplicativos de celular, *softwares*, muitas vezes apresentam uma variedade de representações, como simulações, animações, gráficos e imagens, simultaneamente na mesma tela, como exemplificado na Figura 11.

Figura 11: Apresenta uma atividade de titulação no *Virtual Lab*.



Fonte: Próprio autor.

A imagem apresentada na figura 11 mostra algumas representações do universo da Química, incluindo a parte laboratorial com as imagens de vidrarias e reagentes, no exemplo em destaque são apresentadas uma bureta e um erlenmeyer, destacando-se a aferição do menisco (acerto do líquido interno da bureta), bem como, no lado direito, a parte de resultados obtidos, com indicações de variação de pH e concentrações iônicas presentes na solução dentro do erlenmeyer. Aprender a integrar essas representações é central para uma compreensão profunda da química. Nota-se que em uma atividade desenvolvida no *Virtual Lab* estão incluídas representações das três dimensões de Johnstone/Mortimer, Machado e Romanelli. Os alunos e as alunas interagem com representações macroscópicas à medida que manipulam soluções e vidrarias e observam o que é produzido, as mudanças de cores, liberação de gases ou formação de precipitados no laboratório virtual. Eles se envolvem com as interações intermoleculares à medida que classificam os diferentes agrupamentos de partículas em

diferentes temperaturas ou concentrações, características essas observadas no lado direito da Figura 11. Finalmente, podem ver várias representações simbólicas, incluindo equações de reação química e quantidades químicas expressas em diversas unidades de medidas, como mol, gramas e concentrações em g/mL, mol/L. Cabe ao professor ou professora direcionar a atenção desses estudantes em cada uma dessas representações, seus significados e consequências de cada escolha experimental, instigando os alunos e alunas a estabelecerem conexões a partir dessas representações e a (consequente) formação ou reformulação de modelos, fortalecendo assim um livre movimento por entre os vértices do triângulo de Johnstone/Mortimer, Machado e Romanelli, oportunizando um melhor entendimento do conceito, seja ele submicroscópico, simbólico ou macroscópico.

Muitas pesquisas ressaltam que o triângulo de Johnstone contribuiu, auxiliou e moldou o design de currículos e disciplinas, além de livros, apostilas e manuais de laboratório de química, porém, outras pesquisas, indicam que ele possui algumas limitações ou lacunas que necessitam de maiores contribuições. As três dimensões, representadas na forma de um triângulo equilátero, indicam que cada um dos vértices contribuiu para a construção de um conceito químico além disso, aponta que, por exemplo, o entendimento dos níveis macroscópico e simbólico podem auxiliar na imaginação e a abstração do terceiro vértice, submicroscópico e, conseqüentemente, com a ajuda de modelos teóricos, do conceito em si. As chances para o sucesso – aquisição do conhecimento – levando-se em conta os três níveis está na inserção do conceito neste triângulo e que ele seja, realmente, equilátero, em que todos os vértices sejam interpretados e transpassados igualmente e não com um ou outro vértice sobressaindo-se a outro. Nessa perspectiva Melo (2019) afirma que:

observou-se que a utilização de sistemas conceituais hierarquicamente organizados e atividades envolvendo modelos podem contribuir para representar os fenômenos nas diferentes formas de representação. Em nível macroscópico, foram realizadas observações de fenômenos simples que, em seguida, foram discutidos a nível submicroscópico a partir da utilização de sistemas conceituais. Os resultados indicaram que a introdução desses sistemas foi satisfatória para a instrução de conceitos científicos, pois os estudantes em suas explicações passaram a apresentar respostas relacionando conceitos de forma adequada, diferentemente de situações anteriores em que palavra era diretamente relacionada ao objeto. E quanto à elaboração da expressão representacional, foi observado que a maioria dos estudantes conseguiu construir uma representação utilizando modelos concretos dos constituintes das substâncias envolvidas na equação e, a partir deles, desenhar modelos adequados para representar a reação observada (MELO, 2019, p. 328).

As representações que podem ser observadas ao se utilizar um laboratório virtual podem contribuir para fornecer mais subsídios aos alunos e alunas e, conseqüentemente, para a formulação e/ou aperfeiçoamento de modelos mentais, tão necessários para a abstração dos conceitos químicos, uma vez que a utilização de modelos no ensino de Química é recomendada para as mais diversas funções, dentre as quais pode-se destacar: favorecer a abstração de entidades impossíveis de se observar a olho nu (por exemplo, átomos, moléculas e íons); facilitar o entendimento de fenômenos, desde os simples aos mais complexos, a partir de representações simplificadas e; servir para fornecer uma base para previsão de funções mais complexas (MELO, 2019).

3.4 AS DIMENSÕES DA QUÍMICA: MAHAFFY

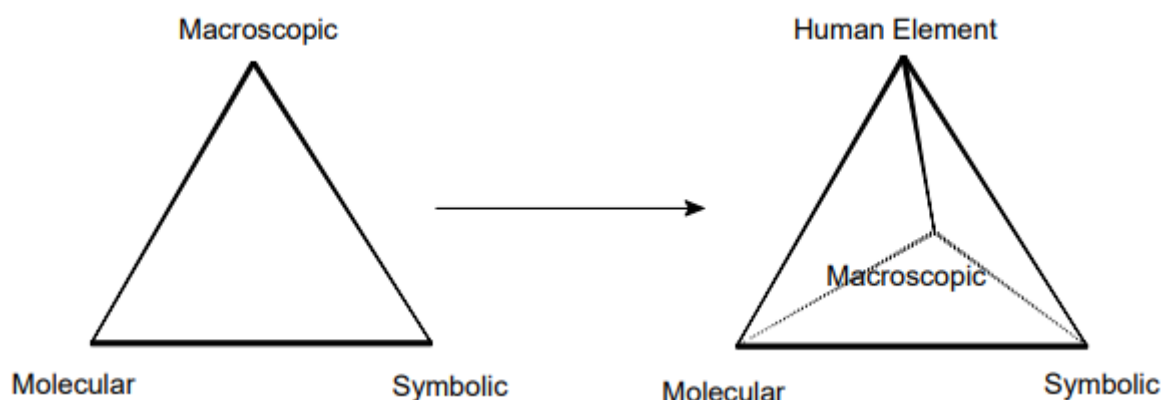
Um outro aspecto que Johnstone não deixa explícito (e talvez implícito) em seus trabalhos é a importância do contexto psicológico e sociocultural e seus efeitos no ensino e aprendizagem. Tal característica é de fundamental importância, neste contexto pandêmico é ainda mais significativo, e deve ser levado em consideração no momento que se está preparando e, posteriormente, ministrando uma aula. Destaca-se que tal característica se faz mais presente no triângulo de Mortimer, Machado e Romanelli (2000).

Em suas pesquisas, Mahaffy (2004) afirma que os professores e as professoras precisam enfatizar uma nova dimensão para ensinar a Química. Com o acréscimo de um novo vértice ao triângulo de Johnstone pode-se abordar preocupações sobre alfabetização científica e compreensão pública do papel da Química na vida cotidiana. Para capturar essas novas características em uma imagem profundamente enraizada na história da química, o autor propõe estender o triângulo de níveis de aprendizagem em um tetraedro, em que o quarto vértice representa a teia de contextos humanos para aprender Química – intitulado pelo autor de “elemento humano”, como indicado na Figura 12. Esse tetraedro indica a importância que o contexto social possui, não somente para a educação Química, mas para a Educação em geral. E ainda, segundo o mesmo autor o elemento humano apresenta uma ênfase em duas dimensões do ensino de Química, a primeira visando ao lado do professor e professora e a segunda ao do aluno e da aluna:

- A complexa cadeia de considerações econômicas, políticas, ambientais, sociais, históricas e filosóficas, inseridas em nossa compreensão dos conceitos, reações e processos químicos que são ensinados de maneira mais contextualizada aos alunos e alunas e ao público em geral.

- O eu aprendiz. O ensino de química tetraédrico enfatiza estudos de caso, projetos investigativos, estratégias de resolução de problemas, aprendizagem ativa e estratégias pedagógicas correspondentes aos estilos de aprendizagem dos alunos e alunas. Ele mapeia estratégias pedagógicas para introduzir o mundo químico nos níveis simbólico, macroscópico e microscópico, no conhecimento das concepções e equívocos dos alunos e alunas. O estudante e a estudante poderão relacionar seus conhecimentos cotidianos, suas experiências de vida na construção cognitiva de um conceito científico, fazendo-os mais solidificados e motivadores.

Figura 12: Tetraedro do ensino de Química e a quarta dimensão: o elemento humano.



Fonte: Mahaffy, 2004.

Muitos trabalhos, não apenas no ensino de Química, apontam a importância de se considerar os aspectos humanos no ensino e aprendizagem, destacando-se a escola freiriana como um dos pilares dessa abordagem. O próprio Mahaffy destaca:

Os professores de química bem-sucedidos já praticam o ensino de química tetraédrica, ao situar conceitos químicos, representações simbólicas e substâncias químicas e processos nos contextos autênticos dos seres humanos que criam substâncias, a cultura que os usa e os alunos que tentam entendê-los. A metáfora tetraédrica pode nos ajudar a integrar conteúdo e contexto, em vez de enfatizar um de cada vez às custas um do outro (MAHAFFY, 2004, p. 232 – tradução nossa).

Ao acrescentar a dimensão do “elemento humano”, o autor aponta que diversos caminhos podem ser seguidos, como, por exemplo, um estudante ou grupo de alunos que não demonstram interesse pelas ciências ou pela Química em particular, pode começar seus estudos a partir desse vértice, pois a partir dele irá observar aplicabilidade e importância do determinado conceito em seu dia a dia, conectando-o com sua realidade e interesse, despertando assim um motivo para buscar mais informações e conhecimentos. Uma vez motivado parte-se para outro

vértice, como o macroscópico, aproximando ainda mais a realidade com o conceito químico e uma vez estabelecido a conexão, sua abstração (microscópico) pode tornar-se mais fácil e menos danosa, assim como sua representação matemática (simbólica).

Nota-se a importância do aspecto social na educação, aspecto esse não apenas por parte dos alunos e alunas, mas também dos professores e professoras. Portanto, todos estão sujeitos a uma circunstância inesperada e devemos estar atentos quando ela acontecer e isso enfatiza a importância do professor e da professora em conhecer a realidade que a escola está inserida, que seus alunos e alunas estão vivenciando, para dessa maneira encontrar o melhor contexto preparar suas aulas e ministrá-las adequadamente.

Porém, Mahaffy (2006) afirma que são poucos os químicos e químicas que têm interesse pela filosofia da ciência. Entretanto, acredita ser plausível de ocorrer, uma vez que também são poucos os filósofos que gostam ou se interessam por aspectos químicos de um fenômeno ou reação. Essa característica influencia a dinâmica da sala de aula, pois torna mais difícil a contextualização, uma vez que:

Compreender as raízes da síntese e análise química torna-se cada vez mais importante à medida que enfrentamos desafios globais de encontrar ar limpo para respirar, água limpa para beber e células de combustível para substituir a queima de combustíveis fósseis. O foco no elemento humano no ensino de química dará suporte a esses esforços para mapear o histórico e questões filosóficas que são exclusivas da química, e que moldaram o desenvolvimento da disciplina (MAHAFFY, 2006, p. 53 – tradução nossa).

Essa pesquisa foi realizada, quase que em sua totalidade, inserida em uma pandemia e as circunstâncias pandêmicas nitidamente influenciaram (como não poderia deixar de acontecer) o andamento do projeto, a aplicação das atividades, escolha do público-alvo, coleta de dados e as avaliações das informações fornecidas pelos estudantes que participaram da pesquisa, indicando o quanto o contexto do “elemento humano” interfere no ensino e aprendizagem.

Pode-se até estabelecer uma relação do tetraedro de Mahaffy com as lindas ideias defendidas por Paulo Freire (1967, 1992, 2000, 2013), com sua educação libertadora e emancipatória: uma educação baseada no diálogo e em uma postura democrática, contra a tradicional relação professor ensina e aluno aprende, que na visão de Freire era tecnicista e alienante, chamada por ele de “educação bancária”. E ainda, defende que a alfabetização deve ser diretamente vinculada ao cotidiano do aluno e aluna, assim, entendemos que o professor e professora deve considerar, sempre, o contexto em que seus alunos e alunas estão inseridos,

bem como a situação política, social, cultural e, no caso pandêmico, de saúde, que todos estão passando.

Talvez o tetraedro com seus vértices macroscópico, microscópico, simbólico e elemento humano seja um esquema matemático para a educação libertadora.

METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho pode ser enquadrado na metodologia de Pesquisa Qualitativa. Destaca-se que a pesquisa qualitativa se preocupa em analisar e interpretar os dados em seu conteúdo psicossocial, considerando que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, portanto, indissociável e não traduzido em números, assim, a interpretação dos fenômenos e seus significados é essencial.

A coleta dos dados se fez utilizando-se a aplicação de questionários, observação e relatórios de práticas, ao passo que a análise dos dados foi realizada utilizando-se as ideias de Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (2016, p. 48). De acordo com essa autora, o método de análise de conteúdo pode ser definido como sendo:

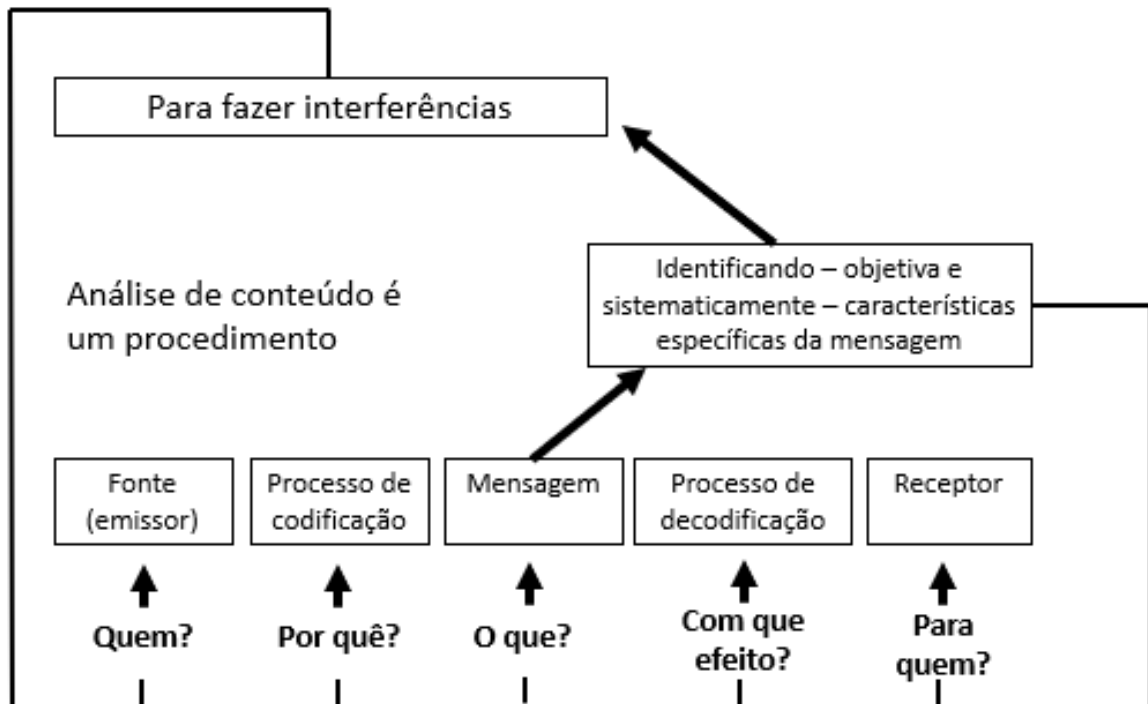
Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (Bardin, 2016, p. 48).

A utilização desse tipo de análise possibilita a inferência sobre a percepção dos discentes quanto à participação nas atividades investigadas. Franco (2012) afirma que a análise de conteúdo é um procedimento de pesquisa, representado pela pesquisadora conforme a Figura 13, que se “situa em um delineamento mais amplo da teoria da comunicação e tem como ponto de partida a mensagem” (FRANCO, 2012, p. 25).

A segunda fase, na qual ocorre a exploração do material, é estruturada a partir da definição das categorias, que “é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos” (BARDIN, 2016, p. 147). E ainda, segundo a autora

O critério de categorização pode ser semântico (categorias temáticas: por exemplo, todos os temas que significam a ansiedade ficam agrupados na categoria “ansiedade”, enquanto que os que significam a descontração ficam agrupados sob o título conceitual de “descontração”), sintático (os verbos, os adjetivos), léxico (classificação das palavras segundo o seu sentido, com emparelhamento dos sinônimos e dos sentidos próximos) e expressivo (por exemplo, categorias que classificam as diversas perturbações da linguagem) (BARDIN, 2016, p. 147).

Figura 13: Características definidoras da Análise de Conteúdo.



Fonte: FRANCO, 2012, p. 25.

Foi nesta etapa que o trabalho de categorização teve início, com a listagem das palavras evocadas e sua organização em categorias de acordo com seus significados. Segundo Franco (2012), baseada nas ideias de Bardin (2016), há dois processos para a categorização do material: *i. categorias criadas*: as categorias e seus respectivos indicadores são predeterminados em função da busca a uma resposta específica do investigador e; *ii. categorias não definidas*: emergem da “fala”, do discurso, do conteúdo das respostas e implicam constante ida e volta do material de análise à teoria. (FRANCO, 2012, p. 64 e 65). Nesta pesquisa utilizou-se a elaboração de categorias a partir das análises e leituras das informações coletadas – categorias não definidas, sendo que, para isso, as respostas foram organizadas a partir de sua diferenciação e agrupamento a partir de critérios semânticos (FRANCO, 2012).

4.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, no campus da cidade de Matão, IFSP/MTO. Os participantes foram: 30 alunos e alunas, dos cursos de Licenciatura em Química, turmas matutino e noturno e 22 dos cursos de Engenharia de Alimentos e 12 de Engenharia de Energias Renováveis que participaram das aulas junto às turmas de licenciatura em Química. As aplicações das atividades ocorreram na disciplina de Química Analítica oferecida para os cursos citados durante o 2º semestre de 2020 (semestre esse finalizado em março de 2021), para a atividade de Titulação de Neutralização e do 2º semestre de 2021, para a atividade de Equilíbrio Químico. Como as atividades foram aplicadas em momentos diferentes, as turmas que participaram e responderam aos questionários são também diferentes.

O Quadro 2 apresenta os dados de todos os participantes da pesquisa.

Quadro 2: Perfil dos participantes da pesquisa.

Participante	Curso	Período	Gênero
LQ1	Licenciatura em Química	3º ano	Masculino
LQ2	Licenciatura em Química	3º ano	Masculino
LQ3	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ4	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ5	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ6	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ7	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ8	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ9	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ10	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ11	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ12	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ13	Licenciatura em Química	4º ano	Masculino
LQ14	Licenciatura em Química	4º ano	Masculino
LQ15	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ16	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ17	Licenciatura em Química	3º ano	Masculino
LQ18	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino

LQ19	Licenciatura em Química	2º ano	Masculino
LQ20	Licenciatura em Química	2º ano	Masculino
LQ21	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ22	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ23	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ24	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ25	Licenciatura em Química	3º ano	Masculino
LQ26	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ27	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ28	Licenciatura em Química	3º ano	Feminino
LQ29	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
LQ30	Licenciatura em Química	2º ano	Feminino
EA1	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA2	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA3	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA4	Engenharia de Alimentos	3º ano	Masculino
EA5	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA6	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA7	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA8	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA9	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA10	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA11	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA12	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA13	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA14	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA15	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA16	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA17	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA 18	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino
EA19	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA20	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EA21	Engenharia de Alimentos	2º ano	Masculino

EA22	Engenharia de Alimentos	2º ano	Feminino
EE1	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino
EE2	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Feminino
EE3	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino
EE4	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino
EE5	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino
EE6	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Feminino
EE7	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino
EE8	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino
EE9	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Feminino
EE10	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Feminino
EE11	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Feminino
EE12	Engenharia de Energias Renováveis	2º ano	Masculino

Fonte: próprio autor.

A pesquisa foi cadastrada na Plataforma Brasil tendo parecer favorável em 02 de julho de 2019 sob número CAAE: 14209719.3.0000.5473 e número do parecer 3.432.961.

A pandemia da COVID-19 provocou grande mudanças na sociedade e, conseqüentemente, na educação. O cotidiano das pessoas se alterou e algumas medidas foram incorporadas, como o uso de máscaras e constante uso de álcool em gel para a higienização das mãos – inclusive a discussão das diferenças entre terminologias e graduações alcoólicas como GL (Gay-Lussac) e INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) e as particularidades em termos como 70% e 70GL. Além do distanciamento social e posterior distanciamento mínimo de um metro e meio entre pessoas, mesas, carteiras escolares.

A coleta de dados necessitou ser alterada do projeto inicial devido às conseqüências da pandemia da COVID-19 iniciada em março de 2020, justamente no período de aplicação e coleta de dados, que ocorreria com alunos do Ensino Médio do IFSP/MTO. É necessário destacar que, ao solicitar que os alunos e alunas fizessem uso do laboratório virtual, eles foram instruídos que essa atividade não substituiria uma atividade prática, ou seja, um laboratório virtual nunca será utilizado, ao menos no campus do IFSP/MTO, como substituto de um laboratório físico real e que a circunstância da pandemia os impedia de irem ao laboratório. Portanto, as atividades no laboratório virtual sempre serão consideradas recursos educacionais,

portanto, são complementares ou ferramentas de apoio, seja da teoria ou da prática real, independentemente de sua aplicação pré ou posterior a aula teórica.

4.2 INSTRUMENTOS E ESTRATÉGIA PARA A COLETA DE DADOS

O laboratório virtual utilizado foi o *Virtual Lab*, um *software* gratuito, desenvolvido pela *National Science Digital Library* (NSDL) e que pode ser utilizado de maneira *online* ou instalado em um computador. Ao se utilizar o *Virtual Lab*, percebe-se que ele pode contribuir para o ensino por meio de atividades interativas e envolventes que simulam um experimento químico, portanto, ele pode auxiliar as alunas e os alunos a planejar e realizar reações químicas como fariam em um laboratório real. O simulador apresenta elevado grau de fidelidade aos diferentes tipos de prática laboratorial, como preparação de soluções, balanceamento quantitativo e qualitativo, análises volumétricas, estequiometria, entre outros.

As atividades foram propostas e aplicadas junto aos alunos e alunas matriculados na disciplina de Química Analítica, dos cursos de Licenciatura em Química, Engenharia de Energias Renováveis e Engenharia de Alimentos, do Instituto Federal de São Paulo, campus Matão. Apesar de a promoção da atividade utilizar um laboratório virtual, a prática foi pensada e estruturada seguindo os resultados de diversas pesquisas sobre a importância da experimentação para o ensino de Química, em que afirmam que as atividades experimentais, quando bem planejadas e conduzidas de maneira adequada pelo professor ou pela professora, permitem uma melhor aprendizagem de conceitos (SOUZA, 2011).

Os participantes tiveram aulas remotas sobre os temas volumetria de neutralização (titulação) e equilíbrio químico. Posteriormente foram convidados a realizarem uma atividade no *Virtual Lab*. Destaca-se que além das aulas remotas sobre as características, definições e propriedades químicas dos temas pesquisados, a professora responsável pela disciplina explicou sobre o funcionamento do laboratório virtual, suas funcionalidades, ferramentas e aplicabilidades, ressaltando que esta ferramenta não estava sendo utilizada como substituta das aulas práticas e sim como uma complementação e recurso didático. Além das explicações anteriormente citadas, a professora gravou vídeos de apoio para que os alunos e alunas pudessem utilizá-los nos momentos em que eles iriam realizar as atividades no laboratório virtual, já que essa parte da atividade seria realizada de maneira assíncrona. Por fim, períodos foram disponibilizados para ajudar em dúvidas que pudessem surgir de maneira síncrona.

A coleta de dados se deu pela aplicação de um questionário *online* elaborado, utilizando-se a plataforma Google Drive - Formulários. O questionário foi dividido em três seções: *i.*

Dados pessoais; ii. Uso do Virtual Lab e; iii. Questões metodológicas sobre o uso do Virtual Lab. Ao todo, os participantes responderam a 23 questões, composta por perguntas objetivas e discursivas que buscaram verificar a percepção dos participantes com relação a usabilidade, aprendizagem, satisfação e aplicabilidade do *Virtual Lab*.

Além dos questionários respondidos, os participantes tiveram que entregar um relatório referente às atividades práticas virtuais contendo suas interpretações, cálculos e conclusões dos experimentos realizados.

4.3 O CONTEXTO DOS CONCEITOS TITULAÇÃO E EQUILÍBRIO QUÍMICO NO NOVO ENSINO MÉDIO

O ensino de conceitos químicos no Ensino Médio prioriza a resolução de problemas quantitativos, com a manipulação de fórmulas, símbolos, equações, preocupando-se em avaliar se o aluno e a aluna conseguirão construir uma equação em equilíbrio químico ou calcular a concentração de uma amostra de vinagre por meio de uma titulação ácido-base. Um estudante que consegue realizar tais avaliações merece seus méritos e deve ser valorizado, porém, será que esse mesmo aluno entendeu o que aconteceu microscopicamente? Será que ele compreendeu que ao construir uma equação as moléculas presentes em cada um dos reagentes utilizados no equilíbrio químico tiveram suas ligações rompidas e para fazê-lo foi necessário o envolvimento de energia? Essas questões são necessárias para investigar o entendimento de um conceito químico e colaborar para abstração dos conteúdos e uso de modelos, por meio de um trabalho experimental que dê margem à uma discussão e interpretação de resultados obtidos, atuando assim como mediadores no desenvolvimento dos conceitos, leis e teorias envolvidos na experimentação. Deste modo, o professor e professora possibilitam que alunos e alunas venham a ter uma visão mais adequada do trabalho em Ciências (DELIZOICOV; ANGOTTI, 2000). Esse auxílio pode vir por meio do uso de uma metodologia que o instigue, que o ajude a compreender as circunstâncias que levaram o desenvolvimento de tal fenômeno.

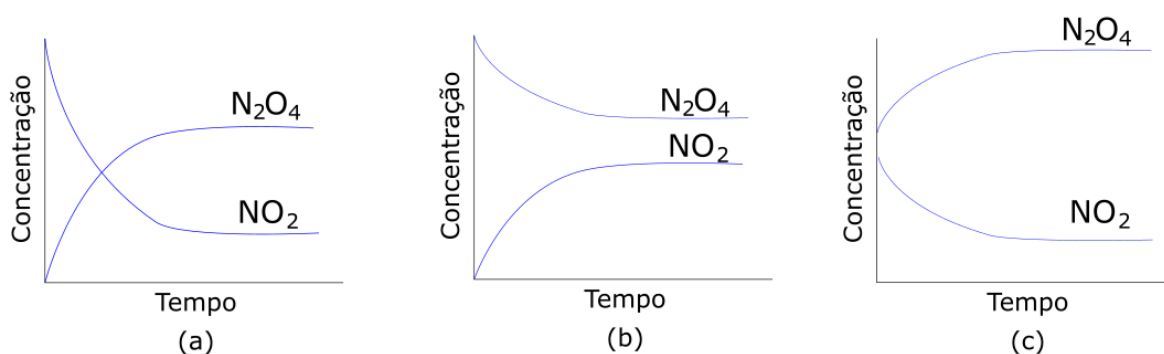
A importância do ensino de Equilíbrio Químico reflete, dentre outras, a área industrial. A indústria química desenvolveu-se a partir do século XVIII com o advento da revolução industrial que modificou em grande parte as condições de trabalho, permitindo avanços, tanto nas áreas de tecnologia, quanto na ciência geral. A indústria química teve neste contexto um papel relevante, podendo citar a síntese da amônia por Haber-Bosch em 1908 mudando para sempre a produção agrícola ou a primeira obtenção industrial de ácido sulfúrico, H_2SO_4 , data de 1746, e o seu desenvolvimento, a partir de então e até à atualidade, na mira do processo mais

produtivo, pelo enorme número de usos a que se destina, justifica a relação da quantidade de ácido sulfúrico produzido por um país e seu desenvolvimento industrial e econômico.

Mas não é apenas industrial a importância do conhecimento dos conceitos de Equilíbrio Químico. Este tema é muito importante em processos biológicos e ambientais. A respiração humana faz uso de um sistema em Equilíbrio Químico, uma vez que envolve as moléculas de gás oxigênio, O_2 , e as proteínas da hemoglobina, desempenham um papel crucial no transporte e fornecimento de oxigênio dos pulmões para as células de todo o corpo. E ainda sobre o transporte de oxigênio, destaca-se o importante equilíbrio entre as moléculas de CO e da hemoglobina, que, em desequilíbrio, aumenta a probabilidade de ocorrência de toxicidade pelo monóxido de carbono.

A Figura 14 apresenta imagens de gráficos tipicamente utilizados para mostrar, matematicamente, uma reação química atingindo o equilíbrio a partir da variação das concentrações das substâncias pelo tempo de reação.

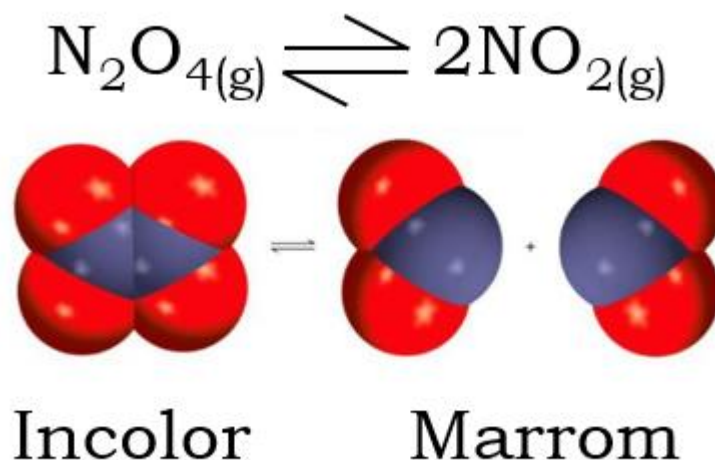
Figura 14: Apresenta os gráficos de Equilíbrio Químico para a reação de dimerização de dióxido de nitrogênio.



Fonte: Próprio autor.

Quimicamente, pode-se dizer que é de suma importância o estudo do conceito de Equilíbrio Químico porque, de modo geral, todas as reações tendem a alcançar um estado de equilíbrio. Assim, quando os pré-requisitos são proporcionados, de fato, todas as reações químicas atingem um estado de equilíbrio, embora nem sempre seja notório. Todos os sistemas que reagem alcançam um estado de equilíbrio, no qual permanecem pequenas quantidades de reagentes que vão sendo consumidos ao longo do tempo. Comumente pode-se falar que, em um sistema fechado, uma reação química atingiu o equilíbrio quando as concentrações dos reagentes e dos produtos se tornam constantes, ou seja, as velocidades direta e inversa são as mesmas. A Figura 15 apresenta um esquema em Equilíbrio Químico representado nas três dimensões de Johnstone.

Figura 15: Reação da dimerização de dióxido de nitrogênio em Equilíbrio Químico apresentado nas três dimensões de Johnstone.



Fonte: Próprio autor.

Sobre as dificuldades de aprender e compreender o conceito de Equilíbrio, pode-se citar, por exemplo, que a condição de Equilíbrio Químico ser exatamente análoga à condição do Equilíbrio Físico. Quando um sistema ou reação química atinge o estado de Equilíbrio têm-se reações que ocorrem nos dois sentidos (direto e inverso) e com a mesma velocidade. Macroscopicamente, esse sistema apresenta aparência de estabilidade, que não está ocorrendo mais nada, estático, que não se observa nenhuma mudança física, seja de cor ou outra qualquer. Entretanto, a reação continua e os reagentes continuam reagindo e se transformando em produtos e vice-versa em nível microscópico. Temos, então, o processo de reversibilidade de uma reação em Equilíbrio. É importante que seja discutido com o aluno que essa situação poderá ser alterada somente se ocorrer uma variação no sistema, como um aumento de temperatura, ou adição de uma substância ou até a alteração da pressão de suas condições iniciais.

Outro conceito que pode levar a erros conceituais é a constante de equilíbrio (K), uma expressão matemática que representa a reação em equilíbrio, seja ela em termos de concentração ou pressão. Por envolver cálculos e unidades variadas ela pode ocasionar interpretações errôneas e grandes dificuldades, tanto para seu cálculo, quanto para seu entendimento teórico relacionado a reação química e interações intermoleculares existentes. Portanto, a constante de equilíbrio implica aspectos quantitativos existentes entre os reagentes e produtos de uma reação e se faz necessário um olhar aguçado sobre as representações simbólicas a ela relacionadas.

A Titulação é considerada um método volumétrico e é muito utilizada em química analítica quantitativa para determinar a concentração ou o teor de um reagente ou analito. Segundo Ohlweiler (1974) “na análise volumétrica, o constituinte desejado é determinado medindo sua capacidade de reação com uma solução de um reagente adequado em concentração exatamente conhecida” (OHLWEILER, 1974, p. 409). As titulações ácido-base, também designadas por titulações de neutralização, são baseadas nas reações completas entre ácidos e bases. Neste processo, faz-se reagir um ácido com uma base para que se atinja o ponto de equivalência, que se define como sendo o ponto teórico alcançado quando a quantidade adicionada de titulante é quimicamente equivalente à quantidade de analito na amostra. A espécie química com concentração previamente definida recebe o nome de titulante e a solução cuja concentração se pretende determinar designa-se por titulado e para realizar tal procedimento experimental utiliza-se, normalmente, um Erlenmeyer, uma bureta, um suporte universal, uma garra e um indicador ácido-base.

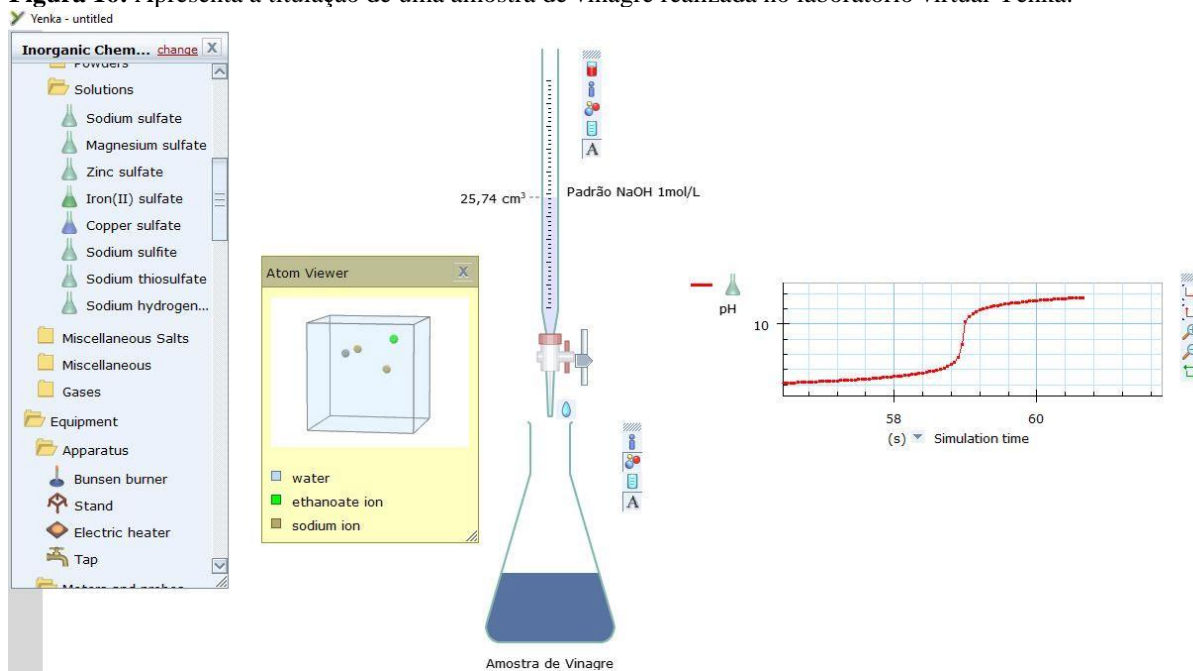
A Titulação de Neutralização é utilizada nos mais diversos tipos de laboratórios, como por exemplos, nas indústrias de cosméticos, de alimentos e bebidas, em indústrias petroquímicas, em controle de qualidade e análise de águas e indicadores ambientais. Nessas indústrias pode-se exemplificar a determinação de acidez de vinhos e vinagres, alcalinidade da lixívia ou da água, concentrações de sucos e leites ou queijos, teor de dióxido de carbono em vinhos e bebidas gaseificadas e níveis de saponificação em gorduras e óleos vegetais e animais. Nota-se uma infinidade de produtos presentes no cotidiano das pessoas e a importância de um conceito químico para o controle de qualidade de cada um deles. Entretanto, conhecer a técnica de Titulação não é o suficiente para o entendimento químico de todo o processo químico envolvido.

A Titulação pode ser classificada como uma técnica e não um conceito químico. Os principais conceitos envolvidos na aplicação da técnica são: substâncias ácidas e bases, reação de neutralização, concentração hidrogeniônica, soluções, cálculo de soluções, estequiometria, indicadores ácido-base e pH. A conglomeração de conceitos torna a Titulação bastante complexa e muitos estudantes a executam sem compreender perfeitamente o que, quimicamente, está ocorrendo de fato. Devido a essa característica de junção de vários conceitos é que se decidiu por escolher essa técnica para a pesquisa, pois é possível investigar o conhecimento não apenas de um determinado conceito, mas também da união de dois ou mais e como que os estudantes o fazem. A Figura 16 apresenta um experimento de Titulação

realizado no laboratório virtual *Yenka* para a determinação da acidez de uma amostra de vinagre.

Analisando a Figura 16, notamos que o laboratório virtual permite apresentar aos alunos e às alunas as vidrarias e reagentes necessários para realizar uma Titulação de forma que agregue as três dimensões de Johnstone, visto que é possível observar, ao realizar o experimento, a variação de cores que indica a neutralização e consequente término da reação (macroscópico), um gráfico indicando as espécies químicas presentes durante a reação (*Atom Viewer*), suas quantidades e variações ao acréscimo de cada gota de titulante (microscópico) e o gráfico indicando o ponto de equivalência a partir da variação do pH em função do tempo (simbólico).

Figura 16: Apresenta a titulação de uma amostra de vinagre realizada no laboratório virtual Yenka.



Fonte: <http://www.yenka.com>

O ponto de equivalência é um dos gargalos para o entendimento da Titulação, uma vez que depende dos reagentes que serão utilizados, se o ácido e a base são fortes e/ou fracos e que indicador será o mais indicado para determinada amostra a ser analisada, uma vez que esses indicadores possuem faixas de viragem diferentes entre si, daí a importância de se conhecer muito bem o que se pretende fazer e como fazer. Por exemplo, em titulações entre ácidos e bases fortes, o ponto de equivalência indica que a quantidade de H^+ adicionada é exatamente o suficiente para reagir com todo o OH^- para formar H_2O e o pH é determinado pela dissociação da água (HARRIS, 2011).

Pode-se dizer que uma das maiores dificuldades no entendimento da técnica de Titulação está na falta da realização de procedimento experimental, uma vez que, por ser uma técnica laboratorial é de extrema importância que seja realizado a prática em um laboratório, seja ele real ou virtual, pois somente manipulando as vidrarias e reagentes que o aluno e a aluna conseguiram ter uma noção sobre seu funcionamento e, conseqüentemente, dos conceitos a ela envolvidos, uma vez que, ao realizar a técnica é possível observar a influência de uma única gota de titulante na coloração do analito. Em outras palavras, a observação auxilia no entendimento da curva de titulação teórica, juntamente com a elaboração de um relatório da prática feito com os dados obtidos nela.

A partir de todas as justificativas apresentadas, pode-se dizer que os conceitos de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico são temáticas essenciais para a construção teórica do domínio da Química e antes de explorar o entendimento destes conceitos por parte dos alunos (graduandos e graduandas dos cursos do IFSP/MTO, dentre eles e elas, licenciandos e licenciandas em Química) a partir da utilização dos laboratórios virtuais, se faz necessário conhecer como eles são apresentados nos livros de projetos do Novo Ensino Médio da nova Base Nacional Comum Curricular, BNCC. Isso porque muitos deles, os futuros professores e professoras, encontrarão e deverão elaborar suas aulas e atividades a partir destes novos materiais didáticos.

Os professores e as professoras do Ensino Médio e da rede pública têm a possibilidade de escolher os livros que gostariam de utilizar em seu ano letivo, assim, compete às escolas garantir que o corpo docente participe do processo de escolha democraticamente (BRASIL, 2021). Particularmente, sobre os livros de Projetos Integradores, foram 13 livros aprovados pelo PNLD, Programa Nacional do Livro Didático, cabendo aos professores e professoras escolherem qual deles seria utilizado em sua escola.

No livro Conhecer e Transformar, no projeto 1: Gestão de resíduos, os autores informam que os estudantes desenvolvem as habilidades EM13CNT101 e EM13CNT302. A essas habilidades, pode-se relacioná-las com o conceito de Equilíbrio Químico, uma vez que o projeto aborda a Gestão correta de Resíduos. Como exemplo da inserção do conceito pode-se citar a produção de gás natural, metano, nos aterros sanitários e a influência do deslocamento do Equilíbrio Química, também conhecido como Lei de *Le Chatelier*, na maximização desse fenômeno. Ainda neste projeto 1, pode-se abordar o conceito de Titulação no descarte de resíduos industriais, uma vez que muitos resíduos industriais são descartados em córregos ou rios próximos a indústrias. Uma empresa necessita tratar tal resíduo antes de descartá-lo e uma

técnica bastante utilizada para um determinado tipo de tratamento é a Titulação, uma vez que, ao fazê-la, determina-se o pH do resíduo e assim sabe-se se é necessária sua neutralização para posterior descarte.

No projeto 3, os autores abordam o tema da Comunicação científica na era da internet. Aqui, pode-se relacionar a habilidade EM13CNT302 e trabalhar junto aos alunos e alunas a importância do conceito de pH/Titulação na divulgação de informações. No período de pandemia da COVID-19 circulou uma enorme quantidade de notícias, relatos, dicas e sugestões. A comunicação não é resultado exclusivo dos meios de comunicação, mas envolve outros aspectos, como os políticos, econômicos, culturais e sociais, ocasionando determinado sentido a uma mensagem e outro para outra pessoa, ou seja, envolve uma subjetividade dependendo da formação cultural do indivíduo e, possivelmente, a pandemia influenciou a maneira como as pessoas atribuem significado às mensagens recebidas pelos meios de comunicação (SCHNEIDER; BEHRENS; TORRES, 2022).

Entre os aplicativos e redes sociais de trocas de mensagens, o WhatsApp é um dos mais utilizados no Brasil e no mundo, uma vez que permite não apenas a troca de mensagens entre pessoas, mas também em grupos, além de possibilitar o envio e recebimento de áudios e imagens. Entretanto, não são apenas aspectos positivos que a tecnologia proporcionou, como negativo destaca-se o envio de informações errôneas, falsas e golpes. Poucas são confiáveis, como exemplo, cita-se uma “famosa” mensagem enviada, via WhatsApp, com informações que afirmava que o pH do limão era 9,9 e o do abacate 15,6, enquanto o pH do vírus variava entre 5,5 e 8,5. Inicialmente, deveria ser notado que a escala de pH ensinada na educação básica e presente atualmente nos livros didáticos aprovados no PNLD varia entre 0 e 14. Sobre a informação errônea da mensagem, alguns estudos mostram que o pH desses dois frutos são respectivamente 2,17 (em uma média de três tipos distintos de limões) e 6,59 (na média de duas espécies de abacates) e nada é comprovado que a ingestão de alimentos ricos em pH opostos ao que sobrevive o vírus auxilia na não contaminação. Esse é apenas um, dos inúmeros, tipos de *fake News* divulgados atualmente.

Já no livro De olho no Futuro, no projeto 2, o conceito de Equilíbrio Químico é abordado a partir do tema da Alimentação Sustentável. O professor pode mostrar, além da importância dos hábitos alimentares, as reações de Equilíbrio Químico que ocorrem ao ingerir um alimento. Pode ainda tratar das diferentes unidades de concentração empregadas nos pesticidas, agrotóxicos e fertilizantes e como cada um desses valores interfere na saúde humana. Essas unidades são as mesmas empregadas nas soluções utilizadas na Titulação e algumas técnicas

usadas pelos agricultores no manejo desses agrotóxicos são análogas às empregadas na Titulação.

Esses são apenas alguns exemplos de como os conceitos de Equilíbrio Químico e Titulação de Neutralização podem ser explorados nos projetos integradores. O Quadro 3 apresenta os temas de cada um dos seis projetos dos treze livros aprovados. Destaca-se que todos os livros possuem seis temas integradores, sendo quatro intitulados: STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática, sigla em inglês); Protagonismo Juvenil; Mídiaeducação; Mediação de Conflitos. Os outros dois temas integradores podem ser repetidos e ficam a escolha dos autores e autoras e editoras a seleção dos referidos temas.

Quadro 3: Apresenta os títulos dos livros e os títulos dos respectivos projetos ligados a cada um dos quatro grandes temas.

Título	STEAM	Protagonismo Juvenil	Mídia educação	Mediação de Conflitos	STEAM	Protagonismo juvenil/Diversidade cultural
Conhecer e transformar	Gestão de resíduos	Aquecimento global	A comunidade científica na era da internet	Conforto ambiental para que?	Envelhecer no séc. XXI	Cuidar de si e ser feliz
Vamos juntos, profe!	O robô vai roubar o meu emprego?	Elaborando coletivamente uma agenda para futuro sustentável	Consequências das <i>fake News</i> sobre a saúde pública no Brasil	Problemas ambientais: riscos e conflitos	Produção de brinquedos sustentáveis	alimentação e sustentabilidade
Identidade em ação	Iluminação econômica e ecológica para famílias sem acesso à eletricidade	Jovens protagonistas de uma sociedade sustentável	Saúde e aquecimento global: como mídias informam ou desinformam	Década Afro	Solos: conhecer e entender para conservar e restaurar	Diálogo entre arte e ciência
De olho no futuro	Petróleo e plástico	Alimentação sustentável	Saúde: efeitos da (des)informação	Uma forma sustentável de resolver conflitos	Impactos ambientais de um telefone celular	Trânsito consciente
Integração e protagonismo	Estamos sozinhos no Universo?	(Cons)ciências para as juventudes: vidas em ação	Como me vejo, como me veem: o corpo na mídia	Escolhas alimenta-res, saúde e convivência	Energia sustentável: perspectivas para o futuro	Saneamento básico: direito e cidadania

Integralis	Transformações de energia para cuidar do planeta	Propriedade Intelectual e Direitos	Ciência, fato e desinformação	Conflitos e mediações	Vida e longevidade (Saúde e não STEAM)	Meio Ambiente
Jovem protagonista	Exoplaneta	Nem criança nem adulto. Quem eu sou?	Mitos da ciência: fake <i>Science</i>	Diferentes, porém iguais. Como assim?	Diversos materiais, diversos usos	Drogas lícitas: o que eu tenho com isso?
Moderna em projetos	Energia Limpa	Resíduos versus ambiente	Epidemias: Desafios da saúde pública	Qual é o preço do avanço?	Uma ferramenta no combate às <i>fake News</i> (mídiaeducação)	Estudante empreendedor
Mais ação – na escola e na comunidade	Plásticos, por que substituí-los?	Alimentação saudável: qual é a importância?	Ficção científica: ciência ou ficção?	<i>Fake News</i> : como reconhecê-las e combatê-las?	Água da chuva: é possível utilizá-la?	Moda e consumo: como praticar ações sustentáveis?
Projetos integradores: integrando saberes	Matriz elétrica	Valorizando a diversidade: a voz das minorias	Verdades e mitos científicos: vacinas	Conflitos: mediação para uma cultura de paz	A cozinha do futuro	Minha primeira empresa (empreendedorismo)
Práticas na escola	Engenharia e qualidade de vida	Conservação da biodiversidade	Prevenção ao uso de drogas	Convivência e conflitos na adolescência	Radiação: benefícios e riscos de suas aplicações	Terraformação de Marte (Mídiaeducação)
#Novo ensino médio	As fotos que você nunca tirou com um smartphone	O protagonismo e a internet	Quem escreveu tudo o que está na internet?	Mediação de conflitos: uma postura da escola para a vida	Sustentabilidade e meio ambiente	A tecnologia e seus desafios (Mídiaeducação)
Ser protagonista	Quero ser um <i>rocket scientist</i> . Por que não?	E a qualidade ambiental do lugar? Usando a arte de rua para gerar reflexão	Como ampliar minha voz? O ativismo digital e os desafios dos tempos atuais	Quem domina a quadra da escola? Buscando espaços democráticos e bem-estar	Qual é o impacto do meu consumo? A química verde como alternativa sustentável	Fato ou fake? Como prevenir uma gravidez?

Fonte: próprio autor.

De modo geral, em cada um dos projetos pode-se acrescentar algo sobre conceitos específicos, como a Titulação e/ou o Equilíbrio Químico. Cabe aos professores/professoras se prepararem, organizarem seu material didático, escolherem os recursos educacionais que utilizarão para construir uma metodologia de ensino a partir de seus planejamentos. No Capítulo seguinte, apresentamos os resultados da pesquisa realizada a partir desses conceitos químicos com o uso do laboratório virtual citado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

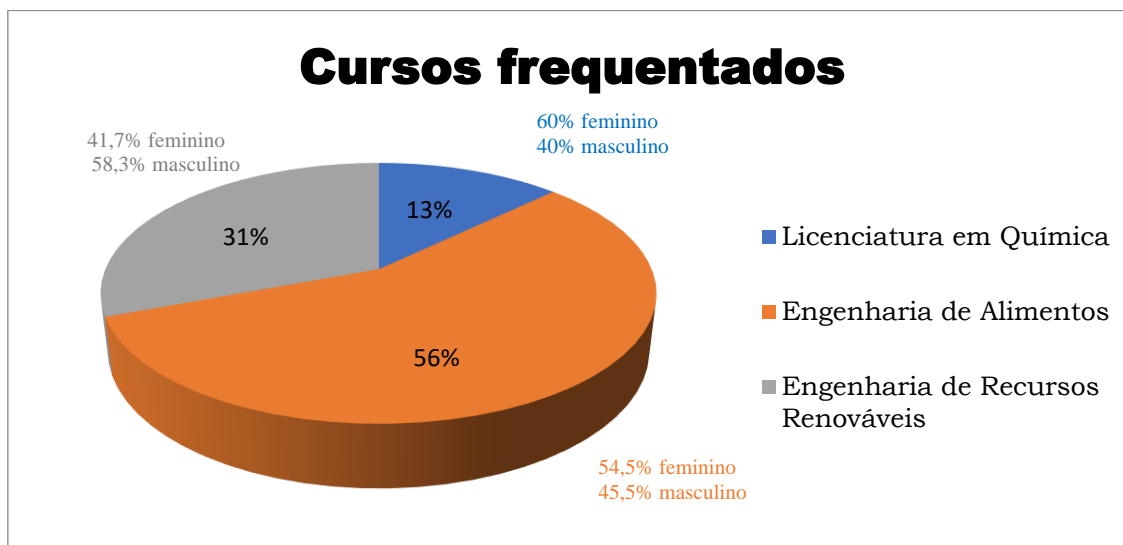
Os resultados aqui apresentados estão divididos em duas subseções correspondentes aos dados de atividades aplicadas junto aos estudantes de Graduação do IFSP/MTO, participantes da pesquisa. Para análise das potencialidades e limites do *Virtual Lab* na aprendizagem dos conceitos de Titulação e Equilíbrio químico, utilizou-se as ideias do triângulo de Johnstone (1982; 1991) sobre as dimensões da Química, bem como a complementação dessas dimensões defendidas por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), juntamente com o tetraedro de Mahaffy (2004; 2006). As respostas foram analisadas quantitativamente e qualitativamente. Para a análise qualitativa nos baseamos nas ideias de Bardin (2016) sobre Análise de Conteúdo.

5.1 RESULTADOS SOBRE AS ATIVIDADES DE TITULAÇÃO

O questionário foi aplicado com todos os alunos e as alunas que participaram das atividades sobre Titulação e ao todo 39 estudantes o responderam. Ao todo os e as participantes responderam a 23 questões no questionário, composto por perguntas objetivas e discursivas que buscaram verificar suas percepções em relação a usabilidade, aprendizagem, satisfação e aplicabilidade do *Virtual Lab*. Para organizar e facilitar a interpretação e análise dos dados, dividiu-se o questionário em três seções, sendo elas: *i.* Dados pessoais; *ii.* Uso do *Virtual Lab* e; *iii.* Questões metodológicas sobre o uso do *Virtual Lab*.

A primeira parte do questionário apresentou questões relacionadas aos dados pessoais dos alunos e das alunas. Da totalidade dos que responderam ao questionário, 53,8% dos participantes se identificaram como do sexo feminino e 18 do masculino. Sobre os cursos que frequentavam, cinco são estudantes do curso de Licenciatura em Química (LQ1, LQ2, LQ3, LQ4 e LQ5), 22 do curso de Engenharia de Alimentos (EA1 a EA22) e 12 de Engenharia de Recursos Renováveis (EE1 a EE12). Enquanto sete estudantes são do 3º ano (LQ1, LQ2, LQ3, LQ4, LQ5, EA4 e EE4) e os demais 32 são alunos dos 2º anos. A Figura 17 apresenta o gráfico com as respectivas porcentagens de alunos e alunas em seus cursos, bem como o gênero escolhido.

Figura 17: Gráfico com as porcentagens de alunos e alunas nos respectivos cursos e as porcentagens de gênero em cada um dos cursos frequentados.



Fonte: próprio autor.

Já a segunda parte do questionário apresentou questões sobre a usabilidade do laboratório virtual utilizado na atividade. A usabilidade, segundo Bottentuit Junior e Coutinho (2007), é uma medida na qual um produto por ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um determinado contexto de uso. E ainda,

esta norma define eficiência como os recursos gastos em relação à acurácia e abrangência com as quais usuários atingem objectivos, ou seja, como os recursos necessários e consumidos para atingir o objectivo, eficácia como a acurácia e completude com as quais usuários alcançam objectivos específicos, ou seja, a qualidade com que o utilizador atinge os objectivos e satisfação como a ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto. Ou seja, como as sensações do utilizador durante a utilização do sistema ou site. A usabilidade de um *software* condiciona o sucesso ou fracasso do mesmo (BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2007, p. 91).

Para investigar a dificuldade de instalação e utilização do *software Virtual Lab* os estudantes tinham que atribuir uma nota entre 0 e 10, sendo o 10 a maior dificuldade e 0 para menor. Fez-se a escolha da escala de 0 a 10 devido a mesma estar presente no dia a dia dos alunos e das alunas, principalmente no ensino formal. Estipulamos que para notas maiores que 5 os eles encontraram alguma dificuldade na instalação e utilização e, conseqüentemente, para menores que 5 eles não tiveram dificuldades. Apenas sete participantes (LQ4, EA2, EA4, EA6, EA8, EA9 e EA13) selecionaram uma nota maior que 5 no momento da instalação do *Virtual*

Lab, portanto, os demais 32 estudantes atribuíram notas inferiores a 5, ou seja, não parecem ter encontrado dificuldades para a instalação do *software*.

Sobre a dificuldade de utilização, nove participantes (LQ5, EA2, EA3, EA5, EA6, EA9, EA13, EA16 e EA20) deram notas maiores que 5, enquanto os outros 30 atribuíram notas inferiores a 5. A nota média dada pelos alunos e alunas sobre a dificuldade em utilizar o *software* foi de 3,56 e sobre a dificuldade para instalar foi ainda menor, com valor de 2,69, sendo assim, os números indicaram que a grande maioria não teve dificuldades em instalar e nem utilizar o *Virtual Lab*, mesmo sem nunca terem utilizado tal ferramenta, uma vez que todos afirmaram que nunca tinham utilizado um laboratório virtual.

Entretanto, se estipularmos aos valores de 0 a 10 uma escala mais completa agrupando os valores conforme as tabelas 1 e 2 apresentadas abaixo, pode-se observar uma conclusão um pouco mais completa.

Tabela 1: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em instalar o Virtual Lab e as respectivas porcentagens.

PARTICIPANTES	ESCALA	CLASSIFICAÇÃO	PORCENTAGEM
LQ1, LQ2, LQ3, LQ5, EA1, EA3, EE1, EE2, EE4, EE5, EA12, EA14, EA15, EE7, EA19, EE8, EE9, EA21, EA22, EE10, EE11, EE12	0, 1 ou 2	Muito fácil	56,41%
EA5, EE3, EA7, EA10, EA11, EE6, EA16, EA17, EA18, EA20	3, 4 ou 5	Fácil	25,64%
LQ4, EA2, EA4, EA6, EA8, EA9, EA13	6, 7 ou 8	Moderado	17,95%
NENHUM	9 ou 10	Difícil	0,00%

Fonte: próprio autor.

Ao analisar as porcentagens, pode-se notar que, diferentemente da interpretação anterior, alguns dos participantes tiveram uma moderada dificuldade, principalmente no momento de utilização do *software*. A grande maioria afirma que foi muito fácil, tanto instalar, quanto utilizar o *Virtual Lab*. Entendemos que essa segunda maneira de interpretar os dados é mais apropriada e concilia perfeitamente com a análise qualitativa das justificativas dadas por eles. Nota-se também que nenhum dos participantes que atribuíram notas maiores que cinco são do curso de Engenharia de Energias Renováveis, o que pode indicar que esses participantes tiveram maior facilidade na utilização do laboratório virtual.

Tabela 2: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em utilizar o Virtual Lab e as respectivas porcentagens.

PARTICIPANTE	ESCALA	CLASSIFICAÇÃO	PORCENTAGEM
LQ1, LQ3, LQ4, EE1, EE2, EE3, EE5, EA15, EE7, EE8, EE9, EA21, EA22, EE10, EE11, EE12	0, 1 ou 2	Muito fácil	41,03%
LQ2, EA1, EA4, EE4, EA7, EA8, EA10, EA11, EA12, EA14, EA17, EA18, EA19	3, 4 ou 5	Fácil	33,33%
LQ5, EA2, EA3, EA5, EA6, EA9, EA13, EE6, EA16, EA20	6, 7 ou 8	Moderado	25,64%
NENHUM	9 ou 10	Difícil	0,00%

Fonte: próprio autor.

Quantitativamente, pode-se observar que realmente os participantes informaram a alta usabilidade do *Virtual Lab*, entretanto, ao analisar as justificativas para as notas e suas impressões finais a respeito da ferramenta, nota-se que alguns deles disseram que tiveram algumas dificuldades no início da atividade. Seguindo as ideias de Bardin e categorizando as

respostas, pode-se agrupá-las em duas categorias, sendo elas: *i. Logística: confusão para entender a logística do software, ou seja, dificuldade para entender como inserir uma vidraria ou retirar um reagente da bancada, como indicado no exemplo:*

EE1: *“Ao utilizar o virtual Lab, foi possível realizar o experimento proposto sem nenhuma dificuldade, o único problema encontrado foi ao deletar certos itens, pois um outro item era excluído, fazendo com que fosse necessário preparar a mistura novamente”* e;

ii. Técnica: dificuldades técnicas, nesta categoria encontram-se respostas em que os alunos indicaram dificuldades relacionadas a instabilidade do site ou problemas no computador/notebook, como exemplificado na resposta:

LQ4: *“é uma plataforma bem fácil de entender e usar, e ajuda em casos de não ser possível estar no laboratório físico, mas a plataforma fechava várias vezes durante o uso, e não abriu no computador de algumas pessoas”*.

Ao analisar as duas categorias de dificuldades, pode-se observar que a primeira é relacionada à falta de experiências, de vivências com a ferramenta, já que eles nunca a haviam utilizado. Tal problema foi solucionado rapidamente com a manipulação e manuseio dos itens disponíveis e maior interação com o *software*. A hipótese da justificativa da instabilidade encontrada na segunda categoria é a qualidade de conexão com a internet, uma vez que os alunos e alunas que informaram sobre tal dificuldade fizeram uso do laboratório virtual a partir do site da universidade que o hospeda, portanto, provavelmente, a instabilidade da rede de internet (seja dos estudantes ou da hospedagem) ocasionou o reinício do programa ou o seu travamento, fazendo com que eles tivessem que começar novamente do zero.

Uma outra pergunta do questionário indagava os participantes se eles já tinham realizado a mesma atividade, volumetria de neutralização, em um laboratório. 12 participantes (LQ2, LQ3, LQ5, EA5, EA6, EE3, EA7, EE5, EA12, EA15, EE7 e EA18) ou 31% do total informaram que nunca fizeram tal atividade experimental, enquanto 27 deles ou 69% já realizaram essa prática em um laboratório real.

Ao relacionar esses dados com a dificuldade de utilização do *Virtual Lab* notamos que a experiência de já ter realizado tal atividade de maneira real não influenciou na utilização do virtual, uma vez que a nota média, a respeito da dificuldade de instalar e usar, dos alunos e das alunas que já fizeram a titulação de maneira real foi a mesma 3,56. Ou seja, a experiência prévia não influenciou, significativamente, no manuseio e execução da atividade.

Ainda nessa segunda seção do questionário, mas já com reflexos na terceira, participantes tiveram que dar uma nota referente à sensação que tiveram ao saber que

realizariam uma atividade, tendo como ferramenta de apoio um laboratório virtual. Apenas 10 deles (LQ1, LQ4, LQ5, EA2, EA6, EA9, EA17, EA18, EE9 e EA22) deram uma nota menor ou igual a 5,0 (média de 3,60) quando souberam que iriam utilizar/fazer uma atividade no *Virtual Lab*. Os demais 29 (média de 7,62) deram notas maiores que 5,0. Isso mostra que a grande maioria ficou bastante empolgado em utilizar um laboratório virtual pela primeira vez, mesmo que remotamente e sendo mais uma atividade que deveriam realizar na frente de um computador. Essas notas (interesse), talvez, poderiam ser maiores se não fosse o contexto pandêmico, com os participantes realizando apenas atividades remotas e há meses longe das aulas e laboratórios presenciais.

Esse interesse pode ser explicado pela constante imersão desses participantes no mundo dos computadores e celulares, utilizando *softwares* e aplicativos dos mais variados em seus cotidianos. Todavia, analisando as respostas posteriores, esse interesse inicial não teve um explícito caráter pedagógico, com o intuito de utilizar uma TDIC como recurso didático e de apoio ao ensino e que pudesse contribuir para compreensão do assunto estudado naquele exato momento, ou seja, não objetivaram o laboratório virtual como um recurso didático capaz de apresentar o conceito sob outras perspectivas e, conseqüentemente, contribuir para a construção de novos modelos ou complementação de outros que já estavam em suas mentes. Ou ainda, entender que essa tecnologia poderia contribuir para formar e entender melhor o conteúdo explorado. Tal característica é reforçada pela falta de aplicação de tais recursos na educação básica, uma vez que são estudantes do 2º e 3º semestres de seus respectivos cursos de graduação, logo, recém-saídos da educação básica e, provavelmente, escolas em que não são usadas TDIC como recursos educacionais.

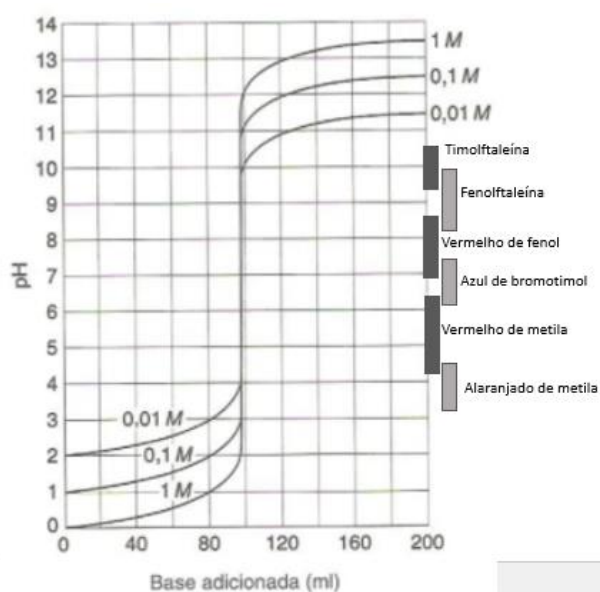
Essa falta de entendimento ou imaginação para a abstração e posterior elaboração de um modelo e aprendizado de um conceito químico é tratado por pesquisadores como uma das dificuldades para a compreensão de um determinado assunto, com isso em mente, Giordan (2008) preconiza o uso das TDIC como estratégia de aprendizagem e, assim, auxilia na obtenção de conteúdo químico. O mesmo autor ainda afirma que

Alguns estudos apontam para o fato de estudantes de Ensino Médio e Superior apresentarem dificuldades para interpretar fenômenos e transformações químicas em termos do modelo de partículas atualmente aceito, sendo estas dificuldades oriundas da natureza particulada, abstrata e não observável da Química e da necessidade de rápida transferência entre os três níveis de representação. Desta forma, parece bastante provável que a utilização de modelos, analogias e gráficos computacionais em situações estruturadas de ensino seja produtiva para os estudantes se apropriarem das formas de pensamento químico, conforme alguns estudos têm mostrado (GIORDAN, 2008, p. 180).

A terceira parte do questionário foi utilizado para entender como e se o *Virtual Lab* contribuiu no entendimento e aprendizagem do conceito de volumetria de neutralização. Ao questionário somou-se a análise dos relatórios entregues da atividade realizada, além das anotações e interpretações realizadas pela professora da disciplina em seu diário de bordo. Inicialmente, perguntou-se aos participantes se eles conseguiram realizar a prática virtual e coletar todos os dados necessários para a construção de uma curva de titulação e apenas quatro deles (EA5, EE4, EA11 e EE6) não conseguiram obter tais dados. Posteriormente os participantes foram questionados sobre a influência de alguns reagentes químicos, como tipo de ácidos e bases fortes e/ou fracos empregados na titulação e tipo de indicador ácido-base utilizado. Essas questões objetivaram analisar o conhecimento dos participantes sobre os conceitos químicos envolvidos na atividade, lembrando que eles tiveram aulas remotas sobre o tema e depois realizaram a atividade no *Virtual Lab*.

A Figura 18 apresenta o gráfico de variação de pH com diferentes concentrações de ácidos e os diferentes tipos de indicadores que podem ser utilizados em uma titulação de neutralização. Esta figura é uma representação teórica dos conceitos envolvidos na atividade e podemos associá-la ao nível submicroscópico de Johnstone e no teórico de Mortimer, Machado e Romanelli.

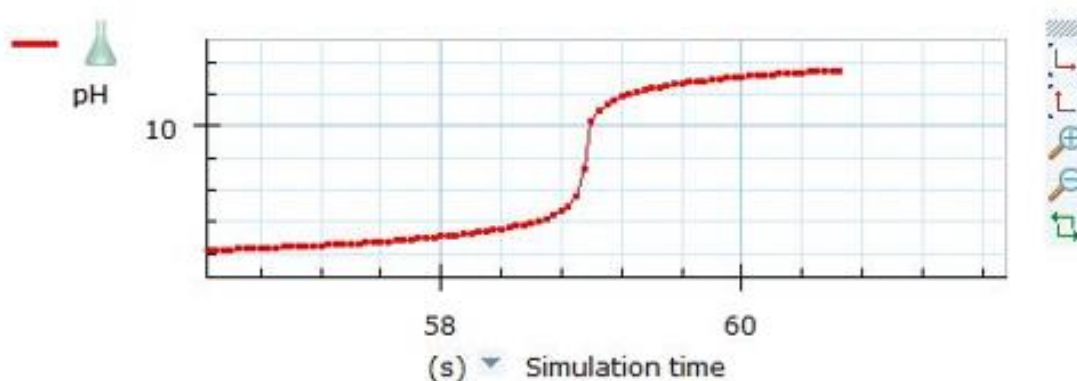
Figura 18: Gráfico de variação de pH em função do volume de base adicionada em três concentrações ácidas e diferentes indicadores ácido-base.



Fonte: OHLWEILER, 1974.

A Figura 19 apresenta o gráfico que pode ser construído pelos participantes, no *Virtual Lab*, ao se realizar a atividade de titulação. Observando a imagem da Figura 19 nota-se que ela está bastante próxima com o que a Figura 18 representa na teoria, portanto, é possível induzir que o *Virtual Lab* contribui para a construção de um modelo que pode auxiliar os participantes na elaboração do conceito químico estudado.

Figura 19: Gráfico de uma curva de titulação de neutralização que pode ser construído no laboratório virtual.



Fonte: *Virtual Lab*.

Da totalidade dos participantes, 22 ou 56,4% afirmam que o tipo de reagente (ácido clorídrico, HCl ou ácido sulfúrico, H₂SO₄, por exemplos) utilizado influenciava no ponto de viragem da neutralização. Os demais 17 ou 43,6% (LQ2, LQ3, EA2, EA3, EE4, EA8, EA9, EA11, EE5, EA12, EA14, EA15, EA17, EE8, EA21, EE10 e EE11) não souberam opinar, o que mostra que, mesmo tendo o conceito de titulação por neutralização na teoria, já ter feito a prática real e a prática virtual, eles ainda possuíam dúvidas sobre o conceito. Correlacionando esses dados com os relatórios entregues à professora da disciplina foi possível interpretar de uma forma mais completa e qualitativa esses números. A Figura 20 apresenta um trecho de um relatório em que a dupla de estudantes (quase todos os relatórios foram feitos e entregues em duplas) apresenta os dados coletados durante a atividade no *Virtual Lab* e as interpretações e conclusões que tiveram.

A interpretação que essa dupla teve em relação aos resultados obtidos, durante a prática virtual, foi que a variação de coloração observada no *Virtual Lab* foi bem próxima à definida na literatura, tanto para o indicador alaranjado de metila, quanto para a fenolftaleína e a partir das observações de coloração, os dados coletados, a construção da curva de pH em função do volume de titulante adicionado, eles puderam concluir, corretamente, que a escolha de um

indicador, bem como o titulante, são importantes para a obtenção de valores mais fiéis e corretos.

Figura 20: Dados coletados pela dupla de estudantes (LQ3 – o outro aluno não respondeu ao questionário da pesquisa) durante a realização da atividade de Titulação no *Virtual Lab*.

Alaranjado de metila (methyl orange)		Fenolftaleína (phenolphthalein)	
Volume NaOH 1 M (mL)	pH	Volume NaOH 1 M (mL)	pH
1,00	3,80	1,00	3,80
2,00	4,16	2,00	4,16
3,00	4,39	3,00	4,39
4,00	4,58	4,00	4,58
5,00	4,76	5,00	4,76
6,00	4,93	6,00	4,93
6,50	5,03	6,50	5,03
7,00	5,12	7,00	5,12
7,50	5,23	7,50	5,23
8,00	5,36	8,00	5,36
8,50	5,51	8,50	5,51
9,00	5,71	9,00	5,71
9,50	6,04	9,50	6,04
10,00	8,71	10,00	9,10
10,10	11,65	10,10	11,66
10,20	11,97	10,20	11,97
10,40	12,27	10,40	12,27
10,60	12,44	10,60	12,44
11,00	12,65	11,00	12,65
12,00	12,93	12,00	12,93
13,00	13,09	13,00	13,09

Alteração da cor do indicador (transição da forma ácida desprotonada para a básica-protonada).

- O ponto final da reação será quando houver essa alteração de cor da solução.

- Dados dos indicadores (usados na discussão dos resultados):

Alaranjado de metila: $pK_a = 3,4$. Faixa de transição do pH: 3,4 – 4,4 (vermelho – amarelo).

Fenolftaleína: $pK_a = 9,6$. Faixa de transição do pH: 8,3 – 10 (incolor – rosa).

Fonte: relatórios da atividade.

Ao estabelecer uma relação com as interpretações dessa dupla de participantes com as dimensões de Johnstone e/ou Mortimer, Machado e Romanelli, pode-se supor que eles usufruíram das informações que o *Virtual Lab* propiciou e juntamente com as observações visuais, como a variação de cores, eles puderam aperfeiçoar seus modelos teóricos e, conseqüentemente, melhorar a abstração e compreender um pouco mais os conceitos abordados. Somando-se as explicações fornecidas pela professora, eles construíram hipóteses e atingiram um entendimento do conceito, comprovado pela nota tirada por essa dupla ao término da atividade e correção do relatório, cujo valor foi de 9,1. Nesse caso em específico, bem como em outros analisados, pode-se julgar que o *Virtual Lab* auxiliou na aprendizagem e construção do conceito estudado.

Entretanto, uma porcentagem de participantes não conseguiu, mesmo realizando a prática virtual, entender a importância da escolha de uma ou mais substâncias na realização de uma atividade de titulação, portanto, pode-se também indagar que continuam com dúvidas no entendimento do conceito, mesmo após as explicações teóricas da professora e realização da atividade no *Virtual Lab*. Isso pode ser constatado ao observar a Figura 21. Nela são apresentados os dados coletados por uma dupla de estudantes sobre a prática virtual e os comentários feitos pela professora ao corrigir seu relatório.

Nota-se pelos comentários realizados pela professora que a dupla de estudantes não entendeu muito bem a prática realizada e, conseqüentemente, não soube aproveitar as informações oferecidas pelo *Virtual Lab*. Como resultado, pode-se afirmar que eles não entenderam perfeitamente o conceito estudado, provado, por exemplo, pelo relatório em que as participantes afirmam que

LQ5: “*Observa-se que para a titulação de neutralização o indicador correto é a fenolftaleína que vira em pH aproximado 9,8 que garante a viragem em meio ácido (neutralização), o que não ocorre com alaranjado de metila que vira em meio ácido de $pH=3,4$ à $4,4$, que não garante a reação de neutralização entre a base e o ácido!*” (comentários escritos por uma das duplas participantes da atividade – a segunda integrante da dupla não respondeu aos questionários da pesquisa).

Figura 21: Tabela construída pela dupla de estudantes (LQ5 – a outra aluna não respondeu ao questionário da pesquisa) com os dados coletados durante a prática no *Virtual Lab* e os comentários, em destaque, feitos pela professora.

O melhor indicador para a utilização dessa titulação é a fenolftaleína que tem faixa de $\text{pH}=9,8$.

Alaranjado de metila (methyl orange)		Fenolftaleína (phenolphthalein)	
Volume NaOH 1 M (mL)	pH	Volume NaOH 1 M (mL)	pH
1,00	3,8	1,00	3,8
2,00	4,16	2,00	4,16
3,00	4,39*	3,00	4,39
4,00	4,58*	4,00	4,58
5,00	4,77*	5,00	4,76
6,00	4,93	6,00	4,93
6,50	5,03	6,50	5,03
7,00	5,12	7,00	5,05
7,50	5,23	7,50	5,15
8,00	5,36	8,00	5,17
8,50	5,51	8,50	5,28
9,00	5,71	9,00	5,71
9,50	6,03	9,50	6,04
10,00	6,14	10,00	9,11
10,10	6,27	10,10	11,66 *****
10,20	6,44	10,20	11,97
10,40	8,71	10,40	12,27
10,60	11,97	10,60	12,44
11,00	12,65	11,00	12,65
12,00	12,93	12,00	12,93
13,00	13,09	13,00	13,09

***pH no ponto de equivalência?

Cálculos do pH no ponto de equivalência para comparação com pH no ponto final?

Qual foi o pH no ponto final quando usado o alaranjado de metila?

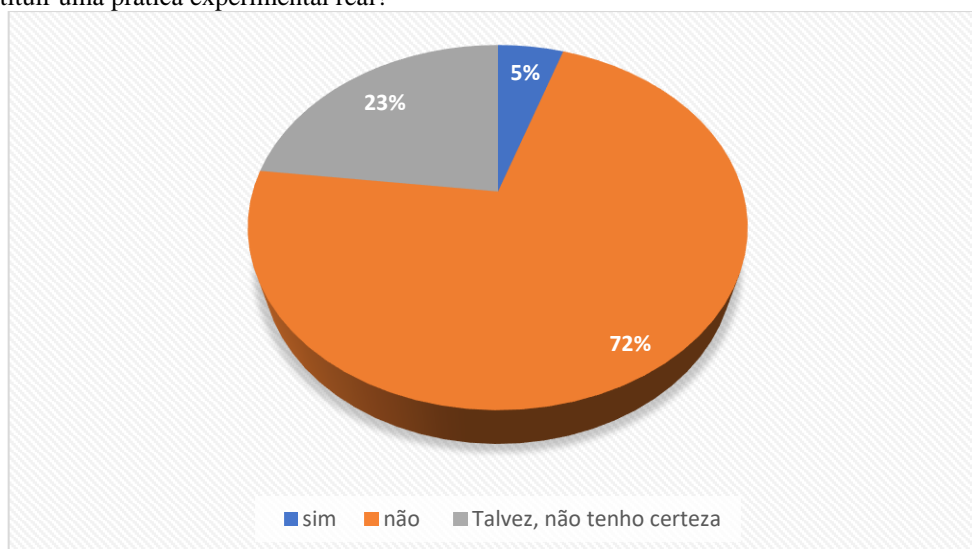
Discussão da escolha do indicador em função do pKa?

Fonte: relatório da atividade.

Ao relacionar as observações dessa dupla com os níveis de Johnstone e/ou Mortimer, Machado e Romanelli, pode-se indagar que o *Virtual Lab* não contribuiu, de forma eficaz, para que os participantes criassem ou relacionassem o que observavam com modelos prévios ou novos e supõem-se que abstraíssem e entendessem os conceitos estudados. A nota tirada por essa dupla ao término da atividade foi 4,1. Porém, não se pode atribuir a responsabilidade para o laboratório virtual utilizado, uma vez que são inúmeras as variáveis envolvidas na atividade: contexto pandêmico, contexto pessoal do aluno/aluna, não entendimento teórico prévio, falhas técnicas no momento da realização da atividade e consequente desconcentração na realização. Todas essas variáveis fazem parte do dia a dia educacional e devem ser consideradas, daí a importância do “elemento humano” destacado por Mahaffy.

A Figura 22 apresenta um gráfico sobre a opinião dos participantes a respeito da utilização de um laboratório virtual em substituição de um laboratório real. Extrapolando a análise em direção ao tetraedro de Mahaffy pode-se também indagar que o contexto pandêmico em que os participantes realizaram a atividade influenciou, tanto no desenvolvimento da atividade (excesso de atividades remotas; falta de equipamentos como computadores, rede de internet adequados; falta do convívio social e falta das discussões em grupo), quanto no entendimento do conceito (problemas pessoais como doenças, COVID, falta de emprego, falta de socialização).

Figura 22: Apresenta a porcentagem de respostas sobre a pergunta: Você acredita que um laboratório virtual pode substituir uma prática experimental real?



Fonte: Próprio autor

Deve-se destacar que o objetivo desta questão foi investigar o posicionamento dos participantes quanto à possibilidade de um laboratório virtual substituir um laboratório e que nunca foi com o intuito de defender essa ideia, muito pelo contrário, desde o início da atividade, tanto professora, quanto pesquisadores, deixaram claro que um laboratório virtual apenas complementa uma aula prática e nunca o substitui.

Nota-se que a grande maioria dos participantes é contra a substituição de uma prática laboratorial por uma simulação, indicando entendimento da proposta da atividade, da importância de uma TDIC como recurso educacional de apoio e não substituição de uma metodologia ou prática. Essa postura ratifica o que muitos dos artigos e pesquisadores afirmam, que uma simulação computacional pode ser uma ótima ferramenta, porém não pode substituir totalmente uma atividade prática. Somente os participantes LQ3 e EE6 responderam que um

laboratório virtual pode substituir uma prática, enquanto LQ5, EE2, EA4, EA7, EA10, EA11, EA 20, EA21 e EE10 responderam que “talvez, não tenho certeza”, indicando que, mesmo após as explicações e comentários eles ainda estavam em dúvidas se o LV poderia ou não substituir uma aula prática.

Quando indagados da possibilidade de realizar uma atividade em um laboratório virtual previamente à prática real, nove participantes (EA3, EA5, EA6, EA12, EA15, EA17, EA18, EA19, EA21) afirmaram que a prática perderia a graça por já saberem o que irá acontecer, enquanto outros nove participantes (LQ1, EA4, EE4, EA7, EA9, EA15, EE7, EA18, EA22) afirmaram que não faria diferença, pois as observações conseguidas durante a prática são bem diferentes das obtidas no laboratório virtual. Mesmo assim, desses 18 participantes, apenas 11 deles (LQ1, EA3, EA5, EA6, EA7, EA9, EA11, EA12, EA15, EA18, EA22) relataram que, se pudessem escolher, escolheriam não utilizar um laboratório virtual porque acreditam que a teoria e prática real já são o suficiente para o entendimento do conceito químico. Eles justificam tal escolha porque “*o laboratório virtual não simula com perfeição a realidade de uma reação química*”, fala de uma participante (EA3) ou “*prefiro fazer uma aula prática no laboratório real, acho mais eficiente e me interessa mais*” (EA5); “*acredito que com a aula prática e teórica não seria necessário utilizar o laboratório virtual*” (EA7) e “*não me sinto a vontade com EAD*”, fala de uma participante (LQ1) e por fim, a resposta de uma outra “*Não gostei do virtual lab, sou uma pessoa muito visível, gosto de ver e pegar as coisas e só assim consigo aprender realmente*” (EA9). Por fim, em uma outra justificativa, a participante EA15 afirma que “*consigo entender melhor o que fazer e o que acontece na prática*”. Apenas um dos participantes não justificou sua escolha (EA12).

Fiscarelli e colaboradores (2013) afirmam que nem sempre o uso de TDIC, como os laboratórios virtuais, como recursos educacionais, garantem ganhos de aprendizagem, uma vez que nem todos os estudantes que fazem uso de um laboratório virtual conseguem extrapolar as observações para o mundo microscópico e criar e/ou enriquecer modelos mentais a respeito dos conceitos abordados, assim, não constroem o conhecimento. Outra observação indicada pelos autores é que os conhecimentos obtidos pelas simulações nem sempre podem ser relacionados à vida real, ou os alunos e alunas não conseguem criar essa ligação. As justificativas dadas pelos participantes vão ao encontro com as constatações encontradas pelos pesquisadores citados.

Posteriormente, foi perguntado aos participantes sobre suas impressões gerais ao utilizarem o *Virtual Lab* e os mesmos 11 estudantes que informaram que não utilizariam um laboratório virtual, descrevem, de modo geral, que gostaram do *Virtual Lab* e o acharam

bastante interessante. Essas respostas nos pareceram bastante ambíguas, pois eles e elas acreditam que um laboratório virtual não contribui para o ensino e aprendizado de conceitos, porém o acharam interessante. Pode ser que esses participantes sentiram-se pressionados ou amedrontados, receando que uma resposta negativa pudesse ocasionar consequências negativas – relação aluno/aluna – docente e desta forma, atrapalhar o dia a dia na disciplina e universidade.

Ainda sobre os 11 estudantes que não utilizariam um laboratório virtual, quatro deles (LQ1, EA5, EA6, EA12) descreveram suas impressões sobre o uso do *Virtual Lab* de maneira bastante positiva e acreditam que eles podem ser usados como recurso educacional para casos específicos, como o que eles estavam/estão vivenciando, pandemia COVID-19, pois estão impedidos de frequentar as dependências físicas da universidade e, portanto, realizarem a prática. Um exemplo é a resposta dada por uma participante (EA12): “*Achei bem interessante, para momentos em que não podemos utilizar do ambiente real, acaba sendo uma forma de aprendizado*”. Respostas como essa indicam que esses estudantes estão sentindo muita falta das atividades presenciais e ainda mais das aulas práticas nos laboratórios didáticos, uma vez que os estudantes são alunos e alunas de cursos de engenharias ou de licenciatura em Química, cursos com grande quantidade de aulas práticas realizadas em laboratórios reais, com procedimentos reais e manipulações, experimentações e sensações organolépticas extremamente necessárias para suas formações profissionais.

Esse sentimento de saudade das aulas práticas é compartilhado também por estudantes que gostaram de utilizar o *Virtual Lab*, saudade não apenas das práticas, mas também dos professores e professoras e o contato pessoal, presencial, real, como exemplificado na resposta de um participante que afirma: EA16: “*É um software muito viável, ainda mais nessa pandemia que estamos vivenciando, as ferramentas são de fácil manuseio, aprendi muito bem com ele. Entretanto, na minha opinião, aprenderia mais na aula prática com a professora do meu lado me ajudando. Acredito que tudo que você treina na prática, algum dia você estará disposto a realizar tais atividades*”.

Essa sensação é explicada por Mahaffy (2004) em que afirma que o conteúdo (conceito) é integrado ao contexto (no caso o pandêmico) e conseqüentemente, os estudantes encontram grandes dificuldades, não apenas na aprendizagem, mas também com os métodos utilizados para isso.

Os demais 28 (LQ2, LQ3, LQ4, LQ5, EE1, EE2, EA4, EE3, EE4, EA8, EA10, EE5, EA13, EA14, EE6, EA16, EA17, EA19, EE8, EA20, EE9, EA21, EE10, EE11 e EE12)

participantes afirmaram que utilizariam um laboratório virtual, desses, apenas sete (EA4, EA8, EA17, EA19, EA21, EE11 e EE12) escolheriam fazer a prática e depois usar o laboratório virtual. Justificaram suas escolhas de maneiras bastante semelhantes, em que todos o fariam para comparar os dados obtidos na prática real com o virtual, o que contribuiria para a confecção de seus relatórios. Os outros 21 estudantes prefeririam usar um laboratório virtual antes da prática real, desses, 15 justificaram que, ao realizar a prática no laboratório virtual antes da real, ele os auxiliaria no entendimento e principalmente, como treino, pois quando fossem ao laboratório não cometeriam erros. Destaca-se aqui que os “erros” indicados pelos participantes não significam que a prática dará certo ou não, mas sim, evitariam errar na escolha de uma vidraria, ou reagente e até a sequência de um procedimento. Portanto, o laboratório virtual contribuiria para um melhor entendimento, tanto da sequência, quanto dos materiais necessários para a realização.

Outros seis (EE2, EE3, EE5, EA14, EE6, EE10) participantes afirmaram que auxiliaria completamente, uma vez que, além de treinarem, ajudaria a entender melhor a prática, eles não usariam reagentes a mais do que o necessário e conseqüentemente, não gerariam resíduos, portanto, não haveria desperdício. Por fim, responderam também que o *Virtual Lab* foi um importante recurso educacional, não apenas para o conhecimento de vidrarias, reagentes, suas quantidades e sequências experimentais, mas também para compreenderem melhor o conceito abordado.

Nesse grupo de participantes destaca-se a resposta de uma delas ao afirmar que:

EE2: “*Antes dessa aula eu não conhecia o Virtual Lab e achei uma ferramenta muito útil e interessante. Através dele pode-se ver melhor o que ocorre em uma titulação. Ele apresenta diversas vidrarias, ferramentas e reagentes, além de mostrar informações muito úteis sobre o experimento (como o pH a cada adição de reagente na titulação). É uma plataforma fácil de manusear, prática, e auxilia muito o estudante a visualizar melhor as reações que ocorrem no experimento*”.

Nota-se nessa resposta que ela vai ao encontro com o que diversas pesquisas justificam a utilização das TDIC porque elas podem ser utilizadas para correlacionar as três dimensões de Johnstone, ou de Mortimer, Machado e Romanelli. Observa-se na resposta que o *Virtual Lab* parece ter contribuído para que a participante abstraísse o conceito, provavelmente estabeleceu uma relação com um modelo teórico que possuía e a partir da visualização da reação química de neutralização e os dados de concentração e pH, também fornecidos pelo *Virtual Lab*, pode transitar do submicroscópico para o macroscópico, favorecendo assim a aprendizagem e

consequente entendimento, resolvendo, parcialmente, a impossibilidade da realização da atividade prática em laboratório real.

A falta de entendimento e conseqüentemente o não estabelecimento de relações entre as três dimensões é apontado por pesquisadores como um dos principais problemas enfrentados por estudantes na aprendizagem de conteúdos químicos, uma vez que tais conceitos requerem um grande grau de abstração. Diversos autores argumentam que o uso de técnicas de simulação pode contribuir para melhorar a imaginação e a capacidade de pensar, características essenciais para o estabelecimento de relações das três dimensões de Johnstone.

Os autores, Benite, Benite e Silva Filho (2011), em um de seus trabalhos, ao utilizar o computador em sala de aula, optam por

[...] representar as relações químicas e suas características como função de um mundo sistematizado da lógica simbólica, ampliando, assim, compreensões sobre os limites e as possibilidades da expressão da lógica simbólica, em ambientes virtuais como alternativa de representação do conhecimento químico. (BENITE; BENITE; SILVA FILHO, 2011, p. 72)

Essa ideia é reforçada por Giordan (2008) quando afirma que a

[...] simulação é uma forma de mediação distinta para relacionar os fenômenos macroscópicos e submacroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para mediações. O uso das simulações permite a visualização de animações dinâmicas projetadas tridimensionalmente, o que, segundo alguns autores, tem auxiliado os estudantes a representar simbolicamente os processos químicos e, portanto, a interpretar a fenomenologia nas dimensões macroscópicas e submicroscópicas (GIORDAN, 2008, p. 195).

Fiscarelli e colaboradores (2013) afirmam que a principal função de uma simulação educacional é a experimentação e a previsão, uma vez que o aluno e a aluna podem repetir diversas vezes o mesmo experimento, não precisando se preocupar com o gasto de reagentes e o descarte de resíduos. Mudanças nas variáveis de entrada permitem uma avaliação instantânea dos resultados e conseqüências no fenômeno em estudo, característica esta da simulação que coloca o aluno e a aluna em uma postura mais ativa para explorar o conhecimento, encorajando a racionalidade lógica e promovendo habilidades para fazer previsões. Essa visão é compartilhada por vários participantes que afirmaram que gostariam de utilizar um laboratório virtual antes de realizar uma aula prática, como exemplificado na fala de uma participante, reproduzida a seguir.

LQ5: *“Bom, ao primeiro contato com o laboratório virtual não gostei porque amo ir ao laboratório real. Mas depois de algumas tentativas para realizar o procedimento, consegui mexer e consegui realizar o procedimento. Acredito que no caso de estudantes que*

desconhecem o laboratório real, seria interessante começarem a aprender pelo lab. virtual, teria um pouco de noção sobre um laboratório e ao mesmo tempo aprenderiam algumas coisas por exemplo, vidrarias, soluções, reagentes”.

Percebe-se na fala o destaque dado aos conhecimentos prévios que um laboratório virtual pode proporcionar aos estudantes, conhecimentos essenciais para prevenir possíveis acidentes ocasionados pela troca de reagentes ou vidrarias. Essa mesma participante ainda entendeu que um laboratório virtual é apenas uma ferramenta de apoio, pois finalizou sua resposta com *“Mas no meu ponto de vista nada substitui o ensino-aprendizagem no laboratório real”.*

Uma outra resposta, escrita pelo participante EE5, representada abaixo, que ratifica essa ideia. EE5: *“É uma ótima ferramenta para se utilizar, até mesmo após a pandemia, porque é uma ferramenta que o professor pode usar a seu favor, pedindo que seus alunos acessem o Virtual Lab e estejam cientes de como as vidrarias funcionam, de como a reação será, para depois possam colocar em prática aquilo que foi aprendido, possivelmente com menor riscos de acidente e melhor desempenho”.*

Percebe-se com esses exemplos de resposta que alguns participantes entenderam que a utilização de um laboratório virtual previamente a um físico contribui não apenas com a diminuição e uso mais consciente de reagentes, mas permite uma prática real mais segura, com menos indecisões e ansiedades, tornando-a mais significativa, uma vez que a atenção principal poderá ser na reação química e não na seleção correta de materiais e equipamentos.

Outro aspecto destacado pelos participantes em suas impressões acerca da utilização do *Virtual Lab* foi que esse tipo de recurso pode auxiliar os professores de Química que atuam em escolas que não possuem laboratórios ou reagentes e vidrarias necessárias para a realização de uma prática experimental. Eles entenderam que um laboratório virtual não estaria substituindo o laboratório físico, mas sim, auxiliando na resolução de um problema. Destaca-se a resposta de um participante que disse:

LQ2: *“Foi uma ferramenta muito útil e que eu gostei bastante, como tudo na vida no início foi difícil por causa da adaptação, mas agora já estou conseguindo me virar com ele. Acredito que seja uma ótima ferramenta para professores que não tem laboratórios na instituição em que dão aula e foi muito útil para mim para fazer as atividades práticas neste momento em que não podemos estar presencialmente no laboratório”.*

Os resultados encontrados nessa atividade indicam que os participantes conseguiram utilizar o *Virtual Lab* sem muitas dificuldades, porém foi possível observar que alguns deles

entenderam que o *software* estava sendo usado em detrimento ao laboratório físico. Essa visão pode ser classificada como distorcida, uma vez que, previamente sua utilização, todos foram informados que qualquer laboratório virtual não substitui o real, como já citado anteriormente. Essa distorção pode ser justificada pelos efeitos pandêmicos e do ensino remoto, caracterizados pelo excesso de horas na frente de um computador, o isolamento social e a consequente falta de convivência social ocorrida dentro da escola/universidade.

Essa situação duradoura não contribui para que as confusões e distorções diminuam, já que os participantes podem até adquirir uma experiência técnica (estão mais cientes dos funcionamentos de plataformas e sites), mas o necessário contato interpessoal continua interrompido e resultam em níveis de aprendizagem menos satisfatórios, além de se transformar em um grande obstáculo – defasagem educacional.

5.2 RESULTADOS SOBRE AS ATIVIDADES DE EQUILÍBRIO

Assim como na atividade que versava sobre o conceito de Titulação, para esta segunda atividade o questionário de pesquisa foi dividido em três seções. A primeira parte do questionário apresentou questões relacionadas aos dados pessoais dos estudantes. Ao todo 25 alunos e alunas curso de Licenciatura em Química responderam ao questionário de pesquisa, sendo oito do período matutino e 17 do noturno. Desse montante, 18 identificaram-se como do sexo feminino e sete do masculino (LQ13, LQ14, LQ17, LQ19, LQ20, LQ25 e LQ30). 68% desses participantes são do 2º ano, 24% do 3º ano e 8% do 4º ano. Destaca-se que todos que participaram desta etapa de pesquisa não são os mesmos que participaram e responderam ao questionário anterior, da atividade de Titulação de Neutralização.

Dos 25 participantes que responderam ao questionário 19 deles afirmaram que nunca haviam utilizado um laboratório virtual, seja em aula, seja para outra finalidade, assim apenas os participantes LQ15, LQ16, LQ17, LQ22, LQ23 e LQ25 já haviam utilizado um LV. Sobre a dificuldade de instalação e utilização do *Virtual Lab*, apenas cinco participantes (LQ10, LQ11, LQ16, LQ20 e LQ24) deram notas maiores que 5,0, ou seja, relataram que tiveram alguma dificuldade no momento de instalação, enquanto os demais 20 não tiveram dificuldades para a instalação. Ainda sobre as dificuldades e facilidades em utilizar o *software*, foi perguntado se houve dificuldades em usar as ferramentas disponíveis e mais uma vez o a grande maioria deles informou que não encontrou dificuldades, e apenas cinco (LQ10, LQ11, LQ12, LQ16 e LQ20) selecionaram notas maiores que 5,0 para informar que tiveram dificuldades. Nota-se que foram os praticamente mesmos participantes que tiveram dificuldades, tanto para instalar, quanto para

utilizar as ferramentas disponíveis no *Virtual Lab*. Portanto, mesmo nunca tendo utilizado o referido *software* os participantes, de modo geral, não tiveram problemas para instalá-lo e utilizá-lo.

Utilizando a mesma escala usada nas interpretações da atividade de Titulação, pode-se observar as dificuldades, tanto para instalar, quanto para utilizar o *Virtual Lab*, nas tabelas 3 e 4 abaixo:

Tabela 3: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em instalar o Virtual Lab e as respectivas porcentagens.

PARTICIPANTE	ESCALA	CLASSIFICAÇÃO	PORCENTAGEM
LQ6, LQ7, LQ8, LQ9, LQ12, LQ14, LQ15, LQ17, LQ19, LQ21, LQ23, LQ26, LQ27, LQ28, LQ29, LQ30	0, 1 ou 2	Muito fácil	64%
LQ13, LQ18, LQ22, LQ25	3, 4 ou 5	Fácil	16%
LQ10, LQ11, LQ16, LQ20	6, 7 ou 8	Moderado	16%
LQ24	9 ou 10	Difícil	4%

Fonte: próprio autor.

Assim como ocorreu na atividade de Titulação, a análise das porcentagens apresenta uma pequena discrepância em relação a interpretação anterior, uma vez que alguns dos participantes tiveram uma moderada dificuldade, com até uma participante, LQ24, informando que encontrou grandes dificuldades para instalar o aplicativo. As interpretações indicam que as dificuldades foram próximas, tanto para instalar, quanto para utilizar o *Virtual Lab*, com a grande maioria dos participantes achando fácil a instalação e utilização e um terço deles achando moderado.

Tabela 4: Classificação das notas/escalas sobre a dificuldade em utilizar o Virtual Lab e as respectivas percentagens.

PARTICIPANTE	ESCALA	CLASSIFICAÇÃO	PORCENTAGEM
LQ6, LQ7, LQ8, LQ9, LQ13, LQ14, LQ15, LQ17, LQ21, LQ26, LQ27, LQ28, LQ29, LQ30	0, 1 ou 2	Muito fácil	60%
LQ18, LQ19, LQ22, LQ24, LQ25	3, 4 ou 5	Fácil	16%
LQ10, LQ11, LQ12, LQ16, LQ20	6, 7 ou 8	Moderado	20%
NENHUM	9 ou 10	Difícil	0,00%

Fonte: próprio autor.

Tal resultado nos indica uma característica da geração de estudantes a qual esses participantes estão inseridos: uma geração que possui grande facilidade para a utilização de tecnologias digitais. 56% dos participantes (LQ6, LQ7, LQ9, LQ10, LQ11, LQ12, LQ18, LQ19, LQ20, LQ22, LQ23, LQ24, LQ27 e LQ29) disseram que nunca realizaram a referida atividade em um laboratório real, em uma aula prática. Tal informação corrobora o que acabamos de citar, uma vez que, mais da metade dos participantes, mesmo nunca tendo realizado a atividade em laboratório, não encontrou dificuldades em fazê-la de maneira virtual ou as pequenas dificuldades encontradas eram relacionadas a falta de prática, de saber onde cada item estava guardado, como inseri-los e retirá-los da bancada, porém, foram rapidamente sanadas apenas mexendo e procurando pelo *software*, extremamente intuitivo.

Por fim, nesta segunda seção do questionário os participantes responderam, de maneira unânime, que o *Virtual Lab* possuía as vidrarias e reagentes necessários e suficientes para a realização da atividade de Equilíbrio Químico. E para finalizá-la foi perguntado, de maneira objetiva, sobre qual seria a expectativa ao saber que utilizariam um laboratório virtual para complementar as aulas teóricas. Para responder eles deveriam escolher uma nota entre 0,0 e

10,0, sendo 10,0 a maior e melhor das expectativas. Apenas uma participante (LQ6) deu uma nota menor que 5,0, mesmo nunca tendo utilizado tal ferramenta. Na média os participantes deram nota igual a 8,6 o que nos permite interpretar como sendo uma alta expectativa e interesse para realizar a atividade, mesmo que de maneira remota.

As respostas da terceira seção do questionário foram importantes para investigar *i.* se os participantes conseguiram relacionar o conteúdo teórico com a atividade experimental-virtual; *ii.* Se o *Virtual Lab* auxiliou no entendimento da teoria envolvida e; *iii.* Se o *Virtual Lab* ou outro dispositivo equivalente pode ser utilizado como ferramenta de apoio no ensino de Química.

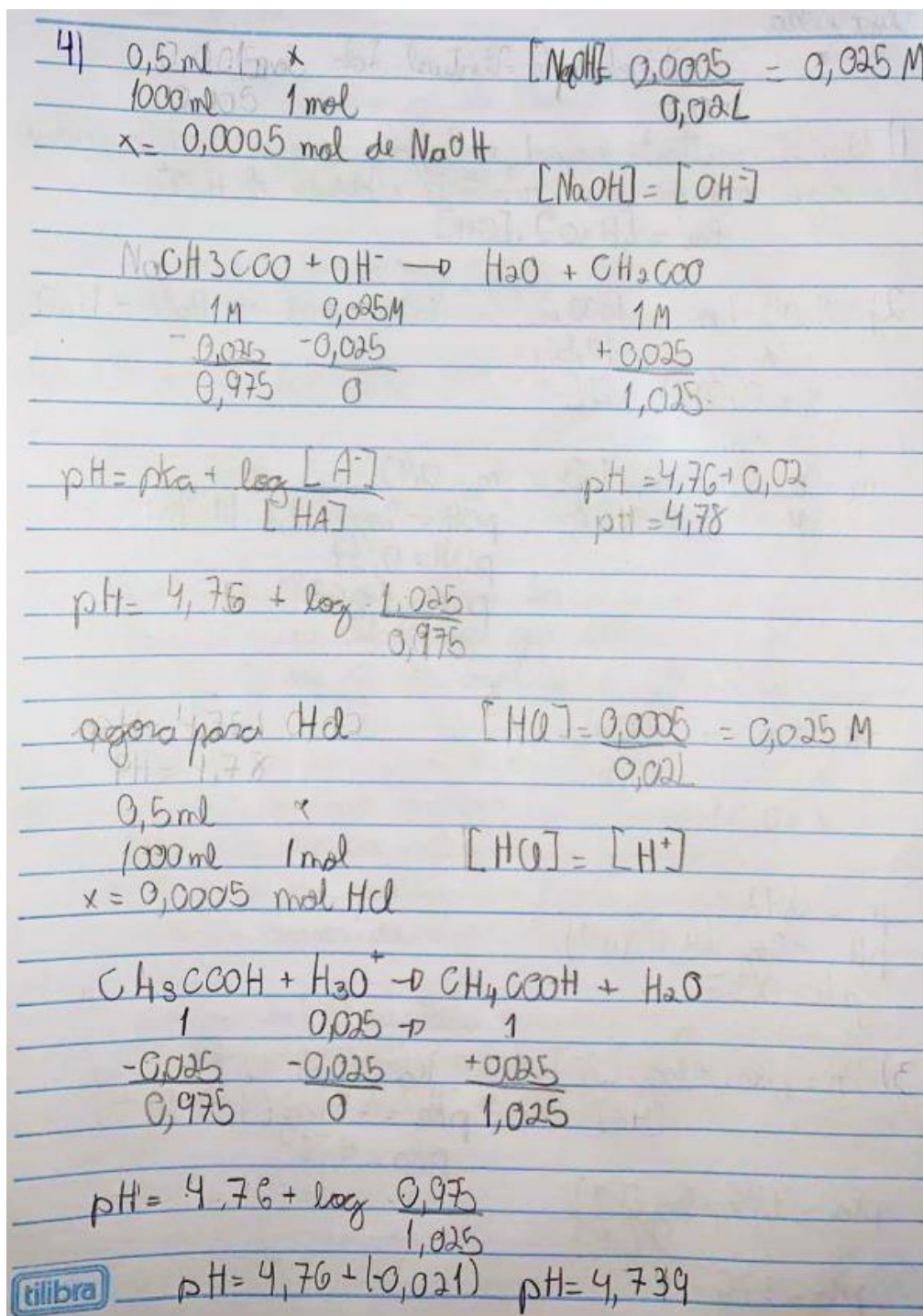
Para investigar se os participantes conseguiram relacionar os conteúdos teóricos estudados nas aulas remotas com a atividade experimental e virtual feita no *Virtual Lab* eles responderam a quatro questões, sendo as duas primeiras relacionadas à identificação de substâncias ácidas e/ou básicas a partir dos dados experimentais e as duas últimas relacionadas com soluções do tipo tampão. Solução tampão é uma mistura formada por um ácido ou por uma base fracos e por um sal que apresente o mesmo ânion do ácido ou o mesmo cátion da base. A principal característica de uma solução-tampão é manter o pH praticamente inalterado, mesmo que seja adicionada uma certa quantidade de um ácido ou de uma base fortes. Essas soluções podem ser utilizadas para calibrar pHmetros, em culturas de bactérias e para controlar o pH de soluções em que estão ocorrendo reações químicas. O plasma sanguíneo é tamponado a $\text{pH} = 7,4$; o oceano é tamponado em torno de $\text{pH} = 8,4$ por um processo tamponante complexo que depende da presença de carbonatos ácidos e silicatos (ATKINS; JONES, 2001).

Nas duas primeiras questões, 100% dos participantes conseguiram estabelecer a relação entre os conceitos teóricos e os resultados observados na atividade experimental-virtual. Para a questão três, 15 participantes (LQ6, LQ7, LQ8, LQ10, LQ11, LQ13, LQ15, LQ18, LQ19, LQ20, LQ25, LQ26, LQ27, LQ28 e LQ29) conseguiram relacionar os conceitos teóricos com as observações práticas, enquanto para a questão quatro, 14 deles (LQ6, LQ7, LQ8, LQ11, LQ13, LQ15, LQ17, LQ19, LQ20, LQ22, LQ24, LQ26, LQ27 e LQ30) obtiveram tal resultado.

Esse resultado, quando comparado às duas primeiras perguntas, pode ser explicado por duas hipóteses: a primeira e mais simplista é que os estudantes não conseguiram relacionar teoria e prática (mesmo que virtual) e, conseqüentemente, não compreenderam o conceito. A segunda contextualiza melhor o resultado, visto que o assunto abordado nas duas últimas questões possuía maior complexidade, uma vez que envolviam o conceito de soluções do tipo tampão, conceito que necessita de mais elementos para seu fiel entendimento, além da

necessidade de alguns cálculos matemáticos, como cálculos de concentração, pH, concentração hidrogeniônica, estequiometria e pKa/pKb. A Figura 23 apresenta um exemplo de relatório e parte dos cálculos envolvidos na atividade feitos pelo participante EQ20.

Figura 23: Exemplo de cálculos envolvidos na atividade de Equilíbrio Químico e determinação de solução tampão elaborados pelo participante EQ20.



Fonte: relatório da atividade.

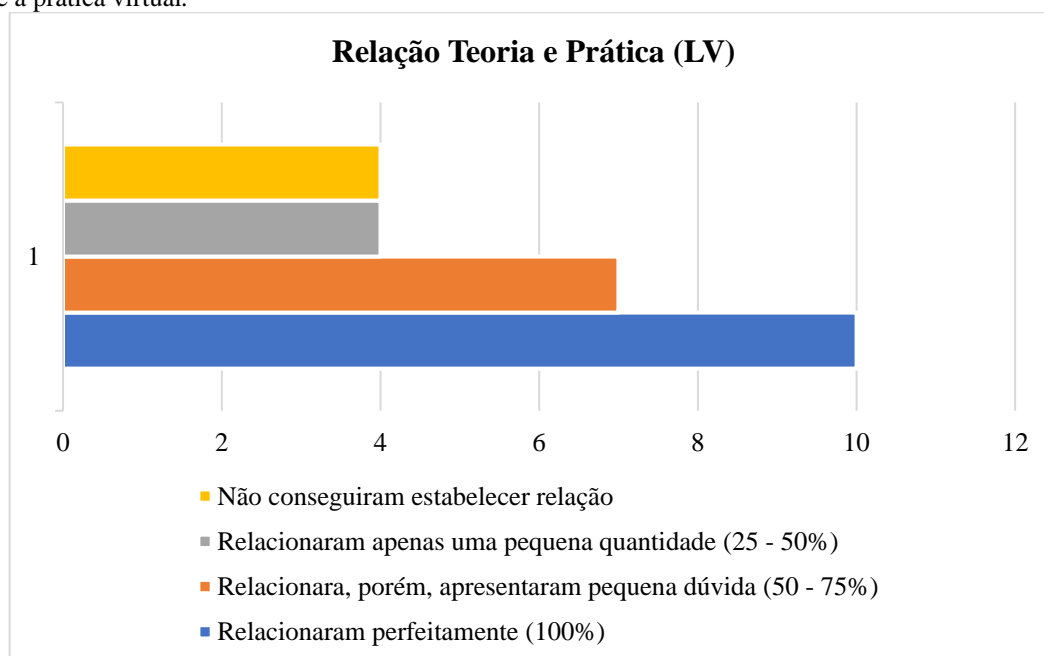
Sendo assim, mesmo que os participantes não tenham respondido de forma satisfatória as questões, não se pode afirmar que eles não tenham conseguido relacionar a teoria com a

prática, entretanto, pode-se pressupor que o conceito de solução tampão não está totalmente claro para alguns desses estudantes.

A análise dessas quatro primeiras perguntas permitiu investigar se os participantes conseguiram relacionar a teoria estuda com as atividades desenvolvidas no *Virtual Lab*. Uma análise quantitativa das respostas às questões indica que apenas quatro participantes (LQ14, LQ16, LQ21 e LQ25) não conseguiram estabelecer relações com o experimento virtual e os conceitos químicos envolvidos.

Entretanto, analisando as justificativas dadas pelos participantes sobre as relações conseguidas no *Virtual Lab* e os conceitos abordados, sete deles (LQ12, LQ15, LQ16, LQ19, LQ22, LQ25 e LQ28) afirmaram ter estabelecido essas conexões e, portanto, entenderam a maior parte dos conceitos e outros 10 participantes (LQ8, LQ9, LQ11, LQ13, LQ15, LQ17, LQ18, LQ21, LQ23 e LQ30) disseram que entenderam completamente o conteúdo abordado. Os participantes LQ6, LQ7, LQ26 e LQ29 afirmaram que não conseguiram relacionar os dados obtidos no *Virtual Lab* com os cálculos exigidos, enquanto os demais quatro LQ10, LQ20, LQ24 e LQ27 afirmaram que o laboratório virtual contribuiu pouco para os cálculos. Esses dados são apresentados na Figura 24.

Figura 24: Apresenta o gráfico indicando a quantidade de estudantes que demonstrou ter conseguido associar a teoria e a prática virtual.



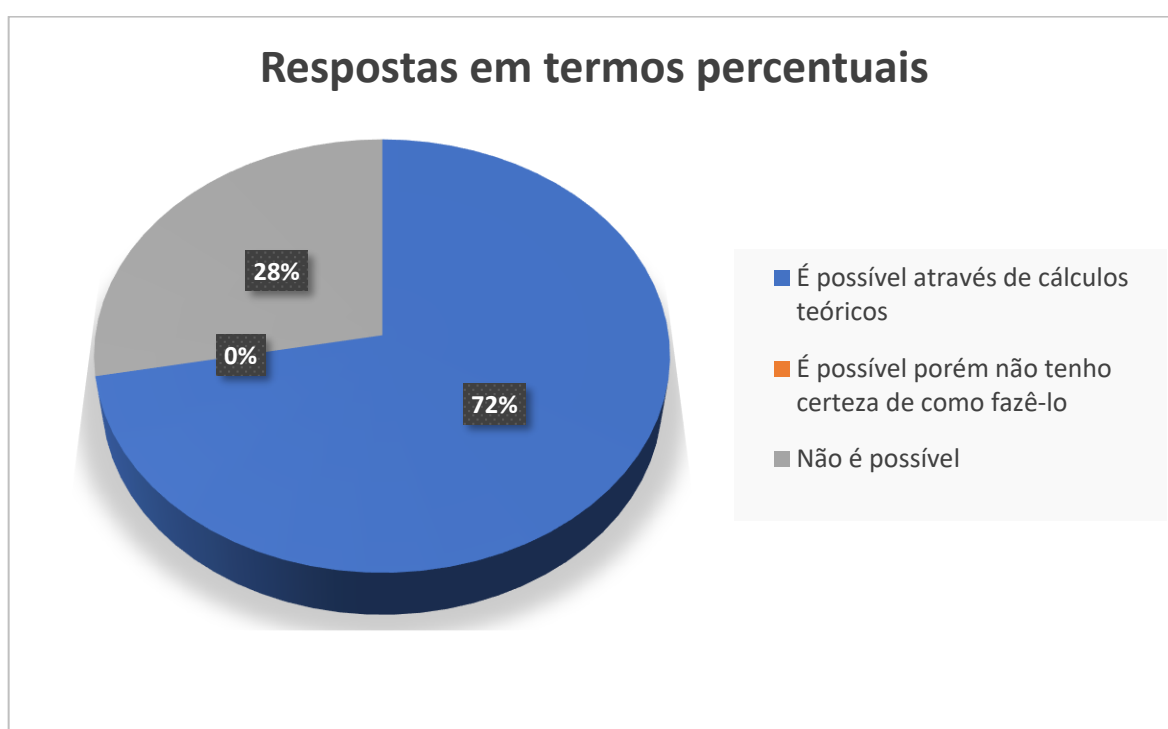
Fonte: Próprio autor

Todavia, estabelecer esta relação não significa que o *Virtual Lab* contribuiu para o melhor entendimento do conteúdo químico abordado. Na tentativa de solucionar tal desafio

utilizou-se as quatro questões posteriores, os relatórios entregues à professora da disciplina, além de suas anotações sobre a realização da atividade.

A primeira pergunta indaga os participantes da seguinte maneira: “Se o *software* (*Virtual Lab*) não fornecesse os valores de pH da solução tampão após a adição de ácido ou base, seria possível efetuar os cálculos do pH final da solução?”. A Figura 25 apresenta as respostas dos alunos e das alunas em termos percentuais para a referida questão.

Figura 25: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “Se o *software* (*Virtual Lab*) não fornecesse os valores de pH da solução tampão após a adição de ácido ou base, seria possível efetuar os cálculos do pH final da solução?”

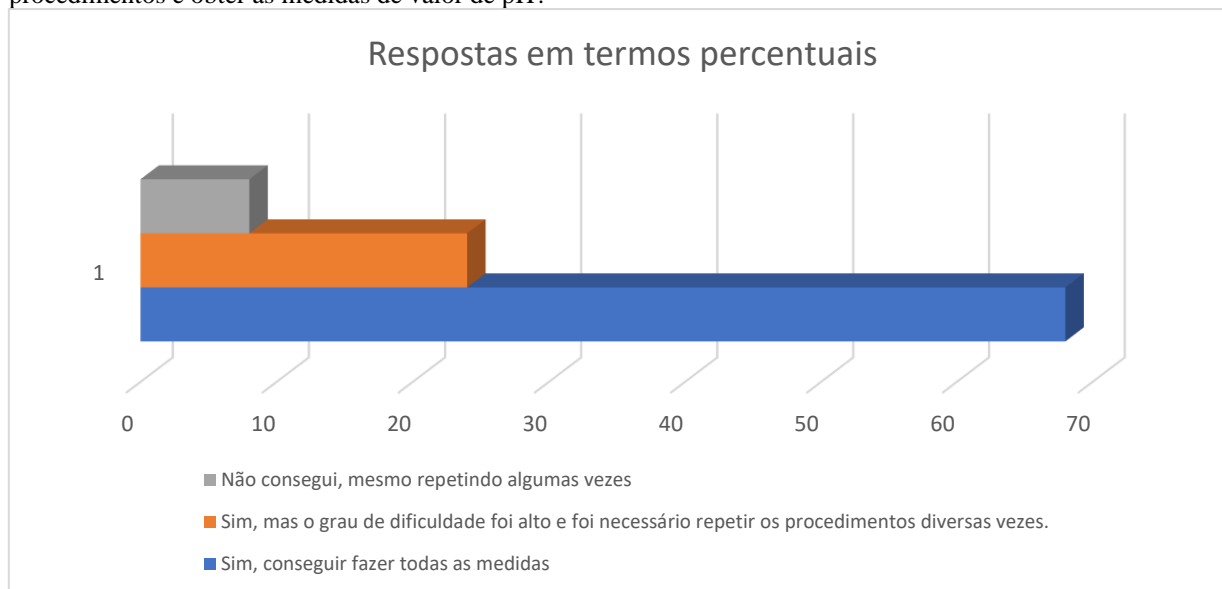


Fonte: Próprio autor.

A partir das respostas dadas pelos participantes foi possível observar que a grande maioria deles, 72%, informa que é possível efetuar os cálculos exigidos mesmo quando eles não são obtidos ou fornecidos por um laboratório virtual, o que indica que esses estudantes aparentam ter compreendido a teoria e estabeleceram uma relação com a prática feita no *Virtual Lab*, pode-se pressupor que eles conseguiriam realizar os cálculos teóricos. Já os demais 28% dos participantes (LQ10, LQ14, LQ17, LQ22, LQ23, LQ24 e LQ29) afirmaram que não seria possível. Entretanto, continuando com as análises das questões seguintes, nota-se que essa quantidade de participantes, que aparentaram ter compreendido o conceito, diminuiu a cada

resposta, como pode ser observado nas figuras 26 e 27. A Figura 26 apresenta a porcentagem de respostas a questão “*Você conseguiu efetuar todos os procedimentos e obter as medidas de valor de pH?*”

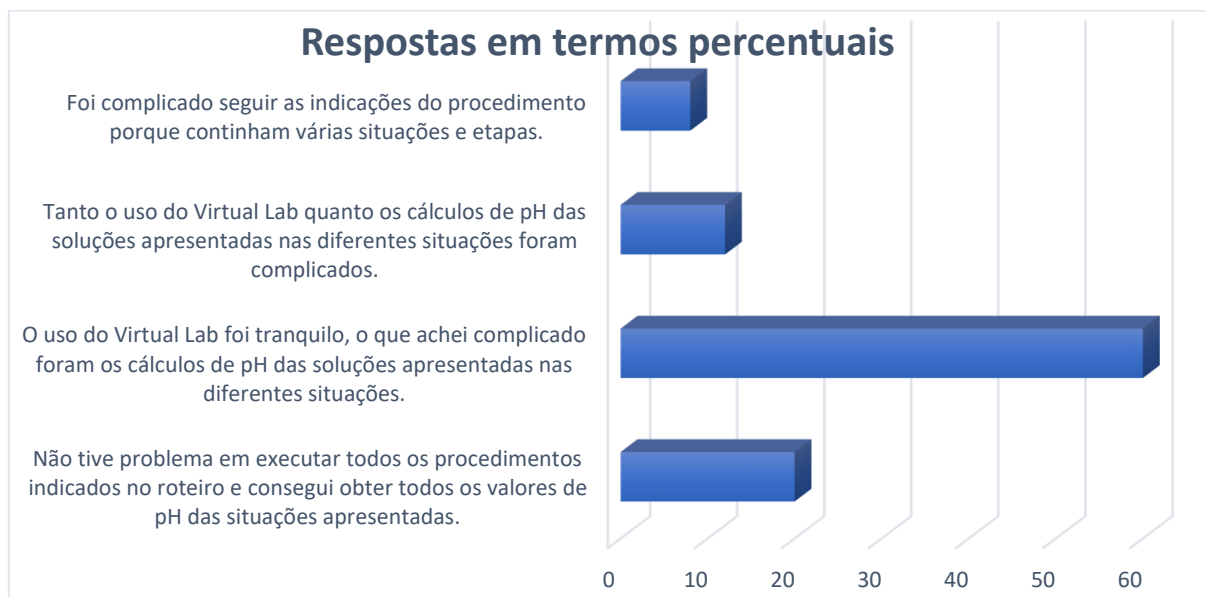
Figura 26: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “*Você conseguiu efetuar todos os procedimentos e obter as medidas de valor de pH?*”



Fonte: Próprio autor

Analisando os dados do gráfico e associando com o anterior pode-se notar que a porcentagem de participantes que conseguiram realizar todas as medições foi de 68%, enquanto que 8% deles não conseguiram, enquanto outros 24% tiveram grandes dificuldades. Nota-se que a porcentagem diminuiu de 72% para 68%, indicando que alguns deles, que antes relataram que conseguiriam realizar os cálculos teóricos necessários, não conseguiram quando tiveram que fazer no *Virtual Lab*. Para entender o porquê de não conseguirem, fez-se a pergunta “Quais as principais dificuldades encontradas?” (referente à realização das medições e prática como um todo). A Figura 27 apresenta a porcentagem de respostas à referida questão.

Figura 27: Apresenta o gráfico com a porcentagem de respostas da pergunta “Quais as principais dificuldades encontradas?”



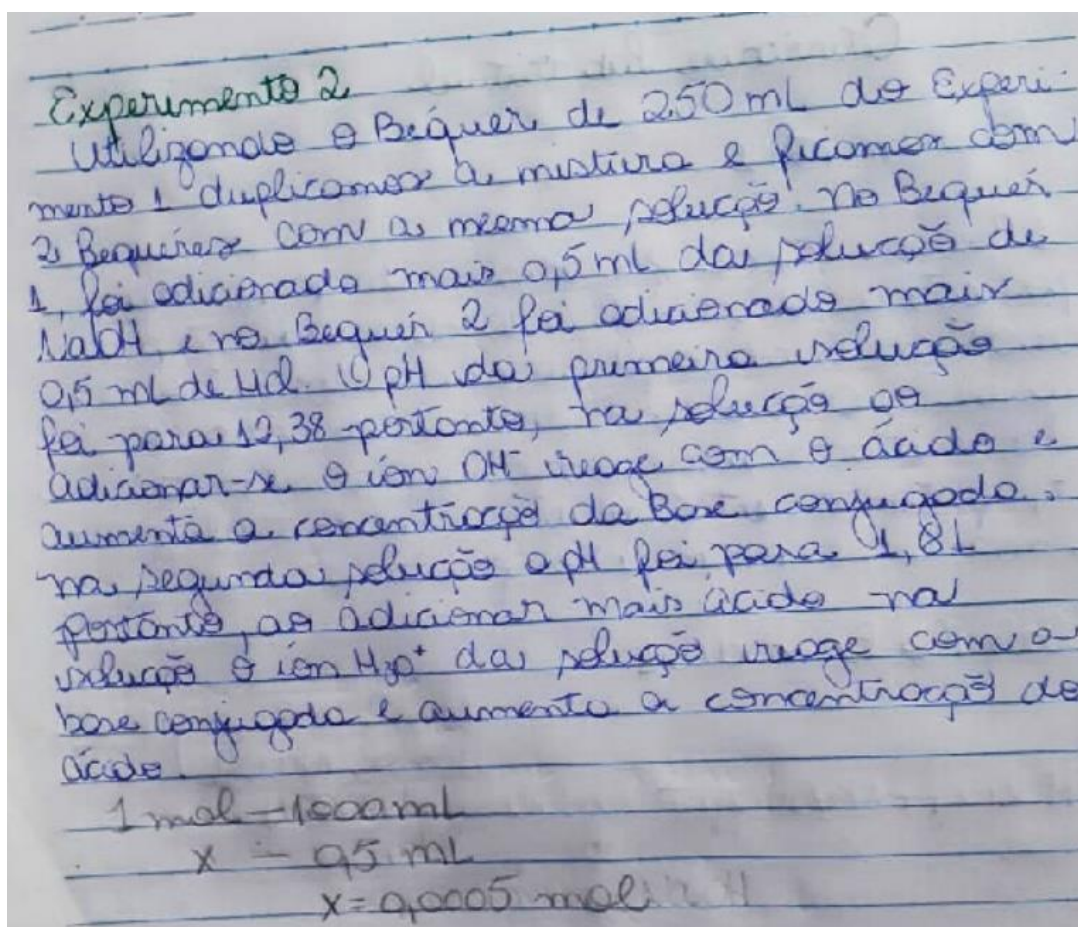
Fonte: Próprio autor

Pode-se observar que a justificativa escolhida para explicar a dificuldade encontrada pela grande maioria, 80%, foram os cálculos matemáticos envolvidos na atividade e não o uso do *Virtual Lab*. Com a análise dos relatórios entregues para a professora da disciplina e a análise dessas últimas questões foi possível inferir que a atividade utilizando o *Virtual Lab* foi bastante significativa e contribuiu para o melhor entendimento do conceito estudado, entretanto alguns estudantes continuaram com dúvidas e não conseguiram saná-las. Ao analisar o desempenho dos alunos e alunas durante a atividade no *Virtual Lab* e associá-lo aos seus relatórios, foi possível notar que aqueles que conseguiram realizar todos os cálculos, o fizeram tanto na atividade virtual, quanto na teoria, no relatório e consequentemente responderam às questões estabelecidas pela professora de maneira muito mais satisfatória ocasionando notas melhores e o que nos permite intervir que compreenderam o conceito de forma mais significativa. Esse resultado corrobora com pesquisas feitas por este grupo de pesquisa, de acordo com Fiscarelli, Morgado e Uehara (2017, p. 146) “objetos de aprendizagem têm se mostrado ferramentas válidas para melhorar o desempenho de alunos, principalmente os que apresentam maior dificuldade de aprendizagem”.

Contudo, os resultados dos relatórios demonstraram que, por envolver grande quantidade de cálculos, uma boa porcentagem dos alunos e alunas não conseguiu resolver

completamente as questões indagadas. Eles conseguiram observar, por exemplo, que a quantidade de ácido ou base acrescentados a uma solução tampão não é capaz de alterar significativamente seu pH, ou seja, o *Virtual Lab* foi eficiente em demonstrar, seja pela variação de cor ou pelo valor de pH, que a adição não alterava as características. O que pode ter sido insuficiente foi o nível de abstração do visualizado para o teórico, ou seja, eles não conseguiram caminhar pelas dimensões da Química defendido por Johnstone e consequentemente, não conseguiram construir um conceito eficazmente. Essa situação pode ser exemplificada com a Figura 28, em que é apresentado uma parte do relatório de uma participante (LQ28) que respondeu corretamente as questões sobre solução tampão no questionário *online*, fez a atividade no *Virtual Lab* e observou a alteração do pH ao adicionar um ácido e/ou uma base, porém, não conseguiu realizar os cálculos pedidos no relatório, assim como suas explicações para o que foi observado estavam incompletas ou com erros, achando que as adições de ácido e/ou base foram em volumes tão baixos que foram insuficientes para alterar o pH e por, se tratar de uma solução tampão, não foram alterados devido a sua propriedade tamponante.

Figura 28: Explicação dada por uma participante (LQ28) sobre a atividade realizada.



Fonte: relatório da atividade.

A próxima pergunta do questionário foi elaborada com o intuito de investigar a real influência do *Virtual Lab* na compreensão de um conceito químico. A questão “Ainda sobre a atividade 6 com o uso do *Virtual Lab*, o uso deste laboratório virtual facilitou a compreensão dos cálculos ao simular o valor final das diferentes situações apresentadas? Relate sua experiência ao comparar os resultados obtidos no *Virtual Lab* e efetuando os cálculos” permitiu averiguar como que o *Virtual Lab* contribuiu no entendimento do conceito. Dos 25 participantes que responderam à pergunta 19 ou 76% afirmaram que o *Virtual Lab* auxiliou na compreensão dos cálculos, enquanto 24% (LQ6, LQ7, LQ24, LQ26, LQ27 e LQ29) informaram que não. Entretanto, analisando qualitativamente as respostas podemos inferir que, dos 19 estudantes que relataram que o *Virtual Lab* contribuiu, apenas nove (LQ8, LQ9, LQ11, LQ13, LQ17, LQ18, LQ19, LQ23 e LQ30) deles justificaram sua resposta de maneira que foi possível afirmar a importância de um laboratório virtual no entendimento do conteúdo, pois suas respostas indicam que o *software* auxiliou na visualização/compreensão do macro para o microscópio. Como exemplo são apresentadas algumas respostas dos participantes:

LQ8: “*O Virtual Lab ajudou visualizar melhor os valores que obtido nos cálculos*”;

LQ9: “*A utilização do Virtual Lab facilitou a compreensão dos cálculos do pH das soluções tampão, foi interessante observar a mudança de pH logo ao adicionar a nova solução (ácido ou base) até que o pH fosse estabilizado*” e;

LQ30: “*Foi interessante! Foi possível compreender a pouca variação do pH quando adicionado pouca base ou ácido em uma solução tampão*”.

Essa transição pode ser melhor correlacionada com o triângulo e os níveis estabelecidos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), transitando entre o fenomenológico e o teórico, já que o fenomenológico diz respeito aos fenômenos químicos, tantos os concretos e visíveis (como uma mudança de fase ou alteração de cor, por exemplos), quanto os que não provocam um efeito visível, porém podem ser detectados na espectroscopia (interações radiação-matéria, por exemplo).

Enquanto os outros 10 participantes (LQ10, LQ12, LQ13, LQ14, LQ15, LQ16, LQ20, LQ21, LQ22 e LQ28) relataram que sim, o *Virtual Lab* ajuda, porém, suas respostas indicam que, aparentemente, é uma ajuda superficial não sendo possível afirmar que eles realmente compreenderam o conceito. São exemplos de respostas:

LQ15: “*Sim, ao obter os valores pelo Virtual Lab temos um objetivo mais específico, fica mais fácil chegar à resposta correta*”;

LQ12: “*Achei um pouco complicado de usar o Virtual Lab tive que repetir várias vezes os procedimentos, e os cálculos são bem complicados*”;

LQ10: “*Facilitou um pouco, mas os resultados que obtive foram divergentes*” e;

LQ13: “*Sim, facilita como um gabarito dos resultados*”.

Pode-se notar que, para muitos participantes, a atividade no *Virtual Lab* foi realizada com o intuito de comprovar uma teoria, para “provar” que a teoria está correta, quando na verdade deveria ser observada a atividade virtual e a partir dela, construir ou aperfeiçoar modelos e compará-los com os modelos teóricos para, assim, facilitar a abstração e consequente construção dos conceitos a partir dos dados experimentais/virtuais.

Outro resultado interessante é que alguns participantes não souberam o que fazer ao comparar os resultados obtidos na teoria com a prática, uma vez que esses resultados tinham valores divergentes. Não conseguiram enxergar que eles poderiam realizar a prática novamente, repeti-la e, assim, comparar novamente os dados e refazer os cálculos. Tal situação dificilmente seria possível em um laboratório real, seja pelo tempo, ou uso de soluções, ou principalmente, por perceberem o erro somente após o término da prática e início da redação do relatório. Essa situação indica que a utilização de um laboratório virtual como um recurso educacional ainda carece de aplicações, pois somente a partir do uso mais contínuo é que os alunos e alunas compreenderão a importância das TDIC no processo de ensino e aprendizagem.

Ainda nessa questão, 24% (LQ6, LQ7, LQ24, LQ26, LQ27 e LQ29), dos participantes afirmaram que o *Virtual Lab* não auxiliou na compreensão dos cálculos e a partir de suas respostas pode-se afirmar que eles, realmente, não compreenderam não somente os cálculos, mas tiveram grandes lacunas sobre a teoria como um todo, já que algumas respostas fornecem esse entendimento, como:

LQ24: “*Para falar a verdade, em minha experiência, complicou, pois mesmo utilizando os cálculos e fórmulas fornecidas pela professora, tive dificuldade em conciliar os resultados*” e

LQ29: “*Efetuar os cálculos para mim foi difícil. Me atrapalho um pouco*”.

Nota-se que esses participantes não entenderam o conceito e não foi o *Virtual Lab* o responsável por essa falha, ela já estava presente no momento da execução da atividade. Nessa situação, pode-se também afirmar que o *software* não conseguiu auxiliar na interpretação do conceito, seja microscopicamente, seja macroscopicamente e talvez se deva pela característica da atividade realizada e, principalmente, pelo entendimento dos participantes sobre as perguntas, já que a grande maioria deles justificou e relacionou suas dificuldades com os cálculos envolvidos na atividade e por ela exigir, antes da seleção de reagentes, cálculos prévios

de suas concentrações, portanto quem não conseguisse efetuar tais contas, selecionaria soluções cujas concentrações ocasionariam resultados diferentes do esperado, acarretando conclusões alternativas às esperadas, gerando conseqüentemente, dúvidas que resultariam notas menores, tanto na atividade virtual, quanto nos relatórios entregues.

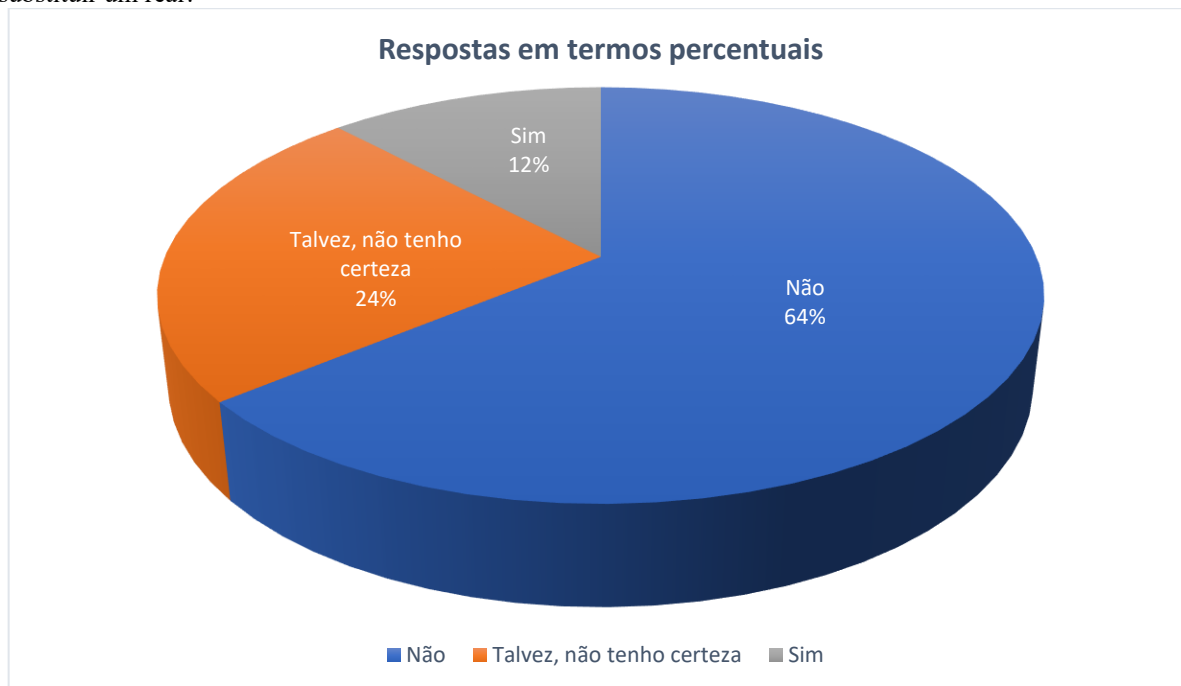
Uma análise mais criteriosa dos relatórios da atividade, a respeito dessas dificuldades, indicou outro detalhe bastante importante: o procedimento experimental. Alguns participantes se confundiram nas etapas do procedimento, adicionando ácido no lugar da base ou utilizaram concentrações e/ou volumes diferentes das sugeridas – confusão ocasionada por desatenção ou pelo erro no cálculo prévio. Como conseqüência, os valores de pH apresentados no *Virtual Lab* eram significativamente diferentes dos calculados nos relatórios. E mais uma vez, esses participantes não se atentaram que poderiam refazer a atividade para conferirem os procedimentos e resultados obtidos.

As análises das próximas cinco e últimas perguntas do questionário abordam o uso de laboratórios virtuais como ferramentas de apoio às aulas de Química. Essas questões foram pensadas e elaboradas com o intuito de investigar as análises dos participantes como futuros professores de Química, já que são alunos e alunas de um curso de licenciatura. Entretanto, devido à circunstância, atividade aplicada e realizada exclusivamente de maneira remota e momento pandêmico, os participantes as responderam apenas como estudantes e não as enxergaram como futuros professores e professoras.

Apesar dos índices, acreditamos que o *Virtual Lab* contribuiu com o que Giordan (1999) afirma ser uma das competências das situações envolvendo experimentação (mesmo sendo virtual), que é auxiliar a capacidade dos alunos e das alunas a criarem modelos explicativos para o fenômeno em estudo.

Na primeira questão foi perguntado aos participantes se eles acreditam que um laboratório virtual pode substituir uma aula em um laboratório. A Figura 29 indica as respostas escolhidas pelos participantes em termos percentuais.

Figura 29: Apresenta o gráfico com as porcentagens de respostas da pergunta “Um laboratório virtual pode substituir um real?”



Fonte: Próprio autor

A maioria dos participantes, 64%, afirmaram que uma prática em um laboratório virtual não pode substituir um procedimento experimental em um laboratório, enquanto outros 24% (LQ7, LQ9, LQ10, LQ23, LQ24 e LQ29) têm dúvidas e não sabem ao certo e apenas 12% (LQ15, LQ20 e LQ22) deles acreditam que sim, o LV pode substituir o real. Destaca-se que a professora da disciplina, durante às aulas remotas, afirmou que a atividade no *Virtual Lab* não tinha como objetivo substituir a atividade prática, que ela seria apenas uma complementação às aulas remotas. Essas porcentagens mostram que alguns participantes não entenderam o real objetivo da utilização de uma TDIC, como o laboratório virtual, e o encararam como substituto do laboratório e, talvez, isso se deva pelo contexto pandêmico, já que eles estão fazendo todas as aulas e atividades de forma remota, substituindo as salas de aulas por salas virtuais, as provas presenciais por *online* e as discussões ocorridas dentro de uma sala de aula por chats de perguntas e respostas. Aqui destaca-se as ideias de Mahaffy (2004) e a importância do “elemento humano”, pois segundo o autor, “a educação Química tetraédrica poderia servir como uma metáfora adequada para descrever o real valor do ensino de Química, destacando o elemento humano, colocando uma nova ênfase em duas dimensões do aprendizado químico” (MAHAFFY, 2004, p. 231 – tradução nossa). Sendo uma dessas dimensões descritas como

- i. A rica teia de informações econômicas, políticas, ambientais, sociais, históricas e considerações filosóficas, tecidas em nossa compreensão dos conceitos químicos, reações e processos que ensinamos aos nossos alunos e ao público em geral e;
- ii. O aprendiz humano. O ensino de química tetraédrica

ênfatiza estudos de caso, projetos investigativos, estratégias de resolução de problemas, aprendizagem ativa e correspondência estratégias pedagógicas aos estilos de aprendizagem dos alunos. Mapeia estratégias pedagógicas por introduzir o mundo químico no nível simbólico, macroscópico e molecular, para o conhecimento das concepções e equívocos dos alunos (MAHAFFY, 2004, p. 231 – tradução nossa).

O contexto em que a atividade foi realizada encaixa-se perfeitamente na primeira dimensão descrita por Mahaffy, em como as questões sociais interferem na compreensão dos conceitos químicos, além dos processos de ensino e aprendizagem.

Uma outra pergunta, do tipo seleção, questionava os participantes sobre a utilização de um laboratório virtual antes da prática real. A Figura 30 apresenta a referida questão e às opções que eles poderiam selecionar, inclusive poderiam escolher mais de uma delas.

Figura 30: Pergunta do questionário aplicado na atividade de Equilíbrio Químico.

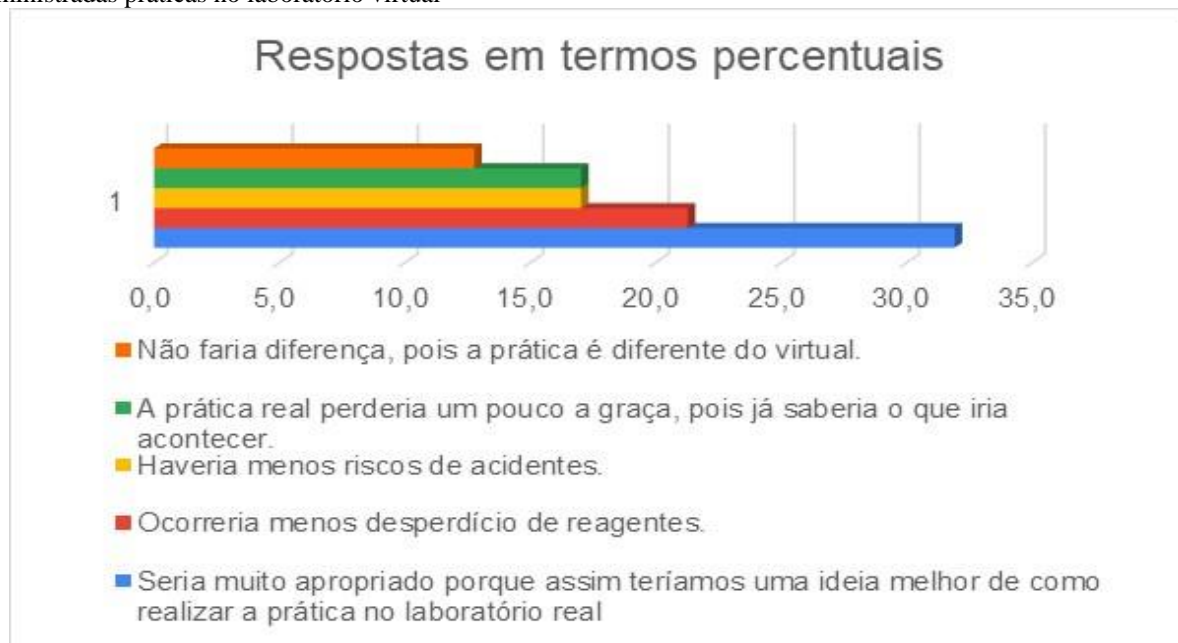
Se, antes das aulas práticas, fossem ministradas práticas no laboratório virtual: *

- Seria muito apropriado porque assim teríamos uma ideia melhor de como realizar a prática no laboratório.
- Ocorreria menos desperdício de reagentes.
- Haveria menos riscos de acidentes.
- A prática real perderia um pouco a graça, pois já saberia o que iria acontecer.
- Não faria diferença, pois a prática é diferente do virtual.

Fonte: próprio autor.

Os 25 participantes responderam à questão, entretanto, devido a possibilidade de escolher mais de uma, foram selecionadas 47 opções e a Figura 31 apresenta as porcentagens das opções selecionadas pelos participantes.

Figura 31: Apresenta o gráfico com a percentagem de respostas da pergunta “Se, antes das aulas práticas, fossem ministradas práticas no laboratório virtual”



Fonte: Próprio autor

Nota-se que as opções menos selecionadas foram as duas primeiras, ambas relacionadas a aspectos negativos da utilização de um laboratório virtual. Em contrapartida as opções que ressaltam os aspectos positivos foram bastante selecionadas indicando que eles aceitaram bem a atividade e entenderam que um laboratório virtual pode contribuir para a aprendizagem de conceitos. Para entender melhor as escolhas, pediu-se que eles justificassem suas opções e as respostas foram categorizadas, seguindo as ideias de Bardin (2016) sobre a Análise de Conteúdo e são apresentadas a seguir. As 25 respostas foram agrupadas em quatro categorias a partir da leitura das respostas, as chamadas categorias não definidas intituladas: i. Organização; ii. Corriqueiro; iii. Desútil e; Complementação.

A criação das categorias iniciou-se pela descrição do significado e do sentido atribuído por parte dos respondentes, para posterior classificação das convergências e divergências e consequente criação de indicadores, códigos para a leitura. Para a categoria “Organização” utilizou-se indicadores que revelavam uma ordenação, um planejamento, um coordenar de forma metódica. A segunda categoria, “Corriqueiro”, foram usados indicadores que mostravam o usual, comum, trivial. A terceira categoria, “Desútil” foi estabelecida por meio dos indicadores que possuíam a ideia de inútil, sem serventia, que não vale a pena, em vão. E por fim, a última intitulada “Complementação” procurou-se por indicadores que apresentavam sentido de aperfeiçoar, que acrescenta, que completa.

As respostas selecionadas na primeira categoria têm o sentido de que o *Virtual Lab* contribuiu para a organização, tanto das ideias, quanto, principalmente, do procedimento experimental que deve ser seguido durante uma prática. Essa organização contribui para o andamento da atividade e desta forma, evita que reagentes e/ou vidrarias sejam utilizados de forma errada, impedindo assim possíveis desperdícios e evitando acidentes. Ao todo 10 (LQ6, LQ7, LQ13, LQ15, LQ18, LQ20, LQ23, LQ27, LQ29 e LQ30) respostas ou 40% do total foram classificadas nessa categoria, sendo alguns exemplos:

LQ6: *“Eu gostaria de utilizar o laboratório virtual antes do laboratório real porque eu teria a noção sobre o que fazer e não iria ficar perdida ou com tanto medo de fazer alguma coisa perigosa”* ou;

LQ7: *“Utilizar o laboratório virtual nos deixaria mais preparados, e organizados, para o momento em que fossemos realizar as práticas presencialmente”* ou;

LQ30: *“Para ter uma noção do que será feito dentro do laboratório diminuindo assim, riscos de acidentes, desperdício de reagentes, e preparando nós alunos para procedimento real”*.

Pode-se pressupor, também, que os participantes sentiriam-se menos ansiosos para o momento da prática, uma vez que já têm uma visão mais objetiva de como agir e o que fazer e conseqüentemente, poderiam aproveitar melhor e observar com mais atenção os fenômenos e reações químicas ocorridos.

Na categoria Corriqueiro foram agrupadas respostas que indicavam que a utilização de um laboratório virtual previamente a prática tornaria a segunda trivial, sem graça, uma vez que já se saberia o que iria e/ou deveria acontecer na prática. Ao todo quatro participantes (LQ19, LQ22, LQ25 e LQ28) deram respostas que se enquadraram nessa categoria, totalizando 16% do total. Como exemplo de respostas pode-se citar:

LQ22: *“Seria mais fácil pra chegar na conclusão final do resultado”* ou;

LQ19: *“Penso que a prática em laboratório já é de grande experiência, uma aula no lab virtual serveria apenas para preparar melhor os alunos para aula, tornando ela mais rápida e eficiente, porém, a questão de que já saberíamos o resultado faz perder toda a indagação causada nos alunos, que leve a reflexão e fortalecimento do raciocínio lógico”*.

Pode-se afirmar que essa categoria apresenta o principal aspecto negativo do uso do laboratório virtual, entretanto, caso o *software* seja explorado da maneira significativa, esse aspecto pode ser contornado e os estudantes podem aproveitar melhor a prática real, já que ao saberem o que deve acontecer, poderiam aproveitar para observar melhor as reações químicas envolvidas, seus detalhes e características que poderiam passar despercebidas caso eles não

soubesse o momento “exato” que ocorreriam. E a prática real possui suas particularidades, como cores, vapores, odores, que nenhum laboratório virtual conseguirá representar. Uma resposta de uma participante (LQ28) enquadrada nessa categoria exemplifica essa característica do virtual e que deve ser aproveitada no laboratório físico:

LQ28: *“Nada melhor do que aprender na prática, nós já passamos tempo demais dentro da sala de aula, se for pra usar um laboratório que seja o de verdade, o virtual é bom mas não é a mesma coisa de ver as reações acontecerem naturalmente”.*

A terceira categoria, Desútil foi assim intitulada porque as respostas tinham o sentido de que o laboratório real já é o suficiente, não havendo necessidade do virtual, uma vez que a/o professora/professor auxilia os estudantes durante a realização do experimento, tirando-lhes as dúvidas. Ao todo, as respostas de cinco participantes (LQ8, LQ11, LQ12, LQ24 e LQ26) foram enquadradas nessa categoria, o que representa 20% do total. Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e alunas pode-se citar:

LQ11: *“Não vejo necessidade do Lab Virtual, pois a prática eu aprendo com mais facilidade e me concentro mais”* ou;

LQ12: *“Prefiro a teoria pratica aprendo mais, e não vejo necessidade de fazer o laboratório virtual e depois a pratica”* ou;

LQ24: *“Penso que, com auxílio da professora, seja mais fácil executar as atividades no laboratório virtual, mesmo que depois teríamos a aula prática presencial”* e;

LQ26: *“As aulas práticas e teóricas são mais eficientes para o aprendizado”.*

Nota-se nas respostas dessa categoria que foram dadas pelos participantes que preferem um maior contato interpessoal e, assim, gostam da interação aluno-professor, características mais notadas presencialmente, ou ainda por uma participante que diz se concentrar mais na prática real. Essas respostas podem, mais uma vez, indicar a influência do contexto pandêmico e o quanto que os estudantes estão sentindo falta das aulas presenciais e as dificuldades em realizar apenas aulas e atividades remotas, com suas particularidades que obrigam uma atenção e concentração diferentes das presenciais.

Por fim, a última categoria, Complementação, foi assim intitulada porque as respostas têm o sentido de que um laboratório virtual contribui para a realização de uma atividade prática real porque permite um preparo melhor e é possível comparar os dados teóricos, reais e virtuais, além auxiliar na diminuição de possíveis erros e desperdícios. Ao todo foram seis respostas (LQ9, LQ10, LQ14, LQ16, LQ17 e LQ21) agrupadas nessa categoria, totalizando 24% do total. São exemplos de respostas da categoria:

LQ9: “*Gostaria de saber se o experimento real daria os mesmos dados da prática virtual, uma vez que fatores do ambiente onde o experimento foi feito podem alterar os seus resultados*” ou;

LQ10: “*gostaria de usar o laboratório virtual antes das aulas práticas, pois teria um entendimento melhor dos processos a serem seguidos*” ou;

LQ16: “*Tendo noção de algumas vidrarias, seus nomes entre outros, poderia facilitar na compreensão posterior*” e;

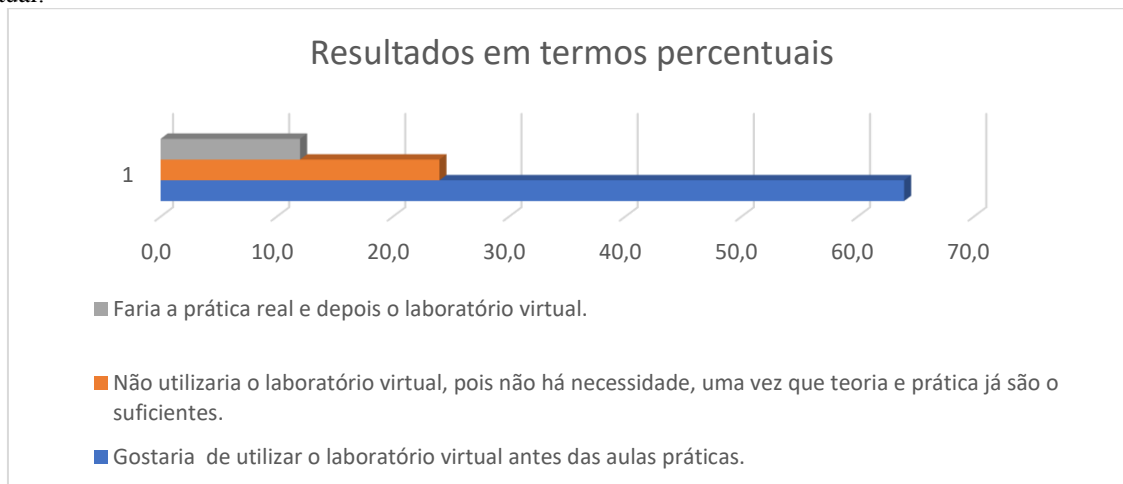
LQ21: “*No virtual, pode-se ter uma base do que fazer na prática, evitando assim, erros graves e também para poder comparar os resultados, caso haja diferença é mais fácil saber onde errou*”.

A análise das respostas mostra como que o *Virtual Lab* pode contribuir para que os alunos e alunas transitassem pelo triângulo de Johnstone ou de Mortimer, Machado e Romanelli, por meio da criação de modelos que auxiliem na abstração do conceito abordado, uma vez que permite, nessa atividade de Equilíbrio, a visualização da alteração das concentrações, pela adição de substâncias, seja pela mudança de coloração ou mudança nos valores de pH. Essa visualização pode favorecer a criação ou complementação de um modelo, por exemplo, de Arrhenius, ou Brønsted-Lowry, ou Lewis, sobre ácidos e bases e suas influências em uma solução tampão. Independentemente do modelo utilizado pelo participante o *Virtual Lab* pode favorecer essa criação e pode conceder uma transição da dimensão submicroscópica para a macroscópica. Ou da dimensão fenomenológica para a teórica, contribuindo para um melhor entendimento conceitual.

Esses resultados permitem afirmar que as respostas das últimas duas perguntas do questionário dividem-se em dois grandes grupos: os participantes que enxergam o uso de um laboratório virtual como algo positivo e que contribuiu para o entendimento de determinado conceito e aqueles que não veem a necessidade de tal utilização. Essa divisão não é equilibrada, pois mais de 80% das respostas indicaram que o *Virtual Lab* auxiliou e contribuiu na aprendizagem de conceitos químicos, ajudando na abstração submicroscópica de um assunto como a Titulação de Neutralização e/ou o Equilíbrio Químico. Por meio da representação virtual e macroscópica, a interação entre substâncias ácidas e básicas na presença de uma solução tampão, com suas diferentes cores e variações auxiliou na construção de modelos mentais.

A Figura 32 apresenta o gráfico que corrobora a visão positiva da importância do laboratório virtual no ensino de Química, na opinião dos participantes da pesquisa.

Figura 32: Apresenta o gráfico com a porcentagem de resposta da pergunta “Você utilizaria o laboratório virtual?”



Fonte: Próprio autor

Em uma última análise pretendeu-se investigar a opinião dos estudantes sobre as potencialidades e limites da utilização de um laboratório virtual, mais precisamente a questão era “Quais as potencialidades e limites que você, licenciando(a) em Química, enxerga sobre o uso de um laboratório virtual para sua formação?”. A análise das respostas mostrou que todos os participantes interpretaram a questão com relação a formação como químicos, no entendimento de um determinado conceito e não como futuros professores e a utilização de um LV em sala de aula, tendo-os como os responsáveis pela atividade.

Todos eles foram unânimes em responder que o *Virtual Lab* contribui para o entendimento do conceito estudado, porém, todos responderam unanimemente que ele não substitui a prática real, mas nesse momento de pandemia foi muito importante. Nesse sentido, destacam-se abaixo as respostas de duas participantes:

LQ7: “*Enxergo que o laboratório virtual poderia ser usado para uma atividade teórica, mas jamais poderia substituir uma aula prática, ele pode nos dar ideia de como agir diante de uma atividade prática, mas não elimina a necessidade do conhecimento em laboratório*”;

LQ10: “*o uso desse recurso se deu por conta de um momento atípico em que estamos vivemos, então foi necessário o uso dele para melhor compreensão das atividades. Para quem não tem um computador, por exemplo, encontrou dificuldades para a realização das atividades pelo virtual lab. Ele não substitui a prática, mas foi importante e será útil os conhecimentos que adquiri através dele para uma experiência prática*”;

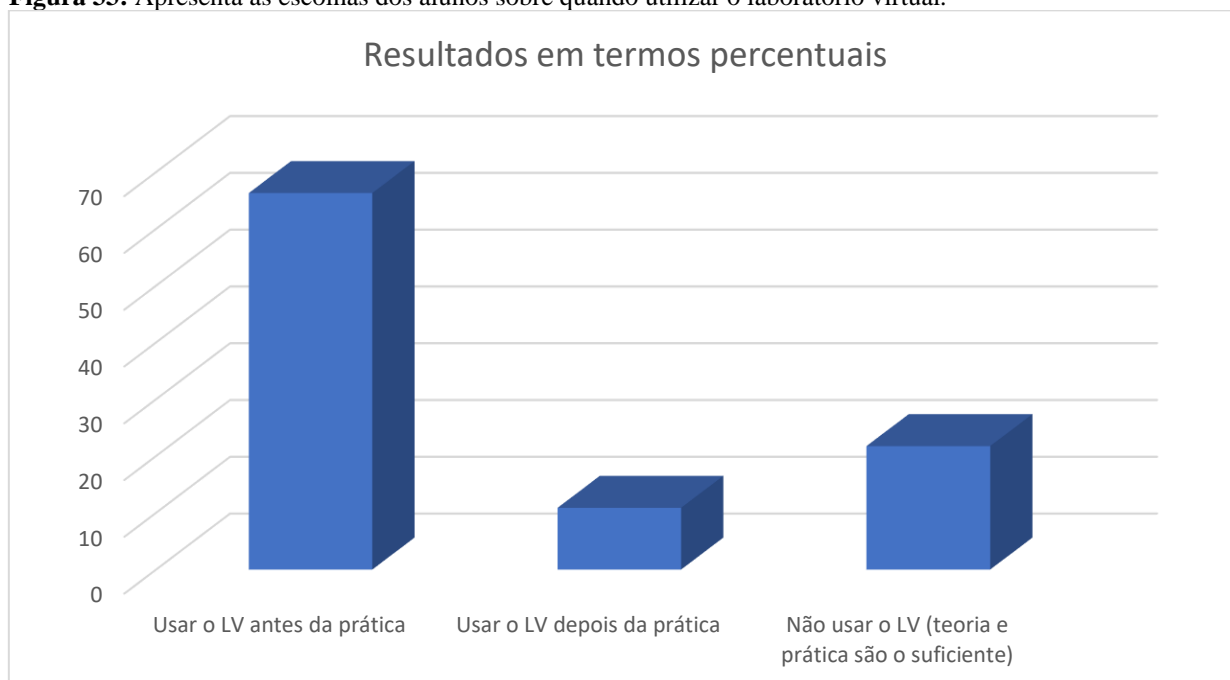
LQ12: “*O laboratório virtual quebra um galho enquanto estamos na pandemia, mas ele tem seus limites não é a mesma coisa do que se aprender em uma aula pratica de química, acho*

muito válido o lab virtual enquanto estamos nessa situação, mas o ensino não é o mesmo do que se fazer na prática e conseguir observar como realmente acontece as coisas.

As respostas mostram a percepção que os participantes possuem, tanto da importância da necessidade das práticas em laboratórios, quanto do auxílio ocasionado pelo uso de um laboratório virtual. Outro sentimento demonstrado nas respostas é que os estudantes estão com muita saudade de uma aula presencial, de uma aula prática, dentro de um laboratório físico, de poderem manusear, sentir, preparar e tocar vidrarias e reagentes. Esse sentimento foi percebido em todas as atividades e na maioria das respostas e é nítido que a pandemia está influenciando a vida de todos e, conseqüentemente, pode estar induzindo as interpretações e análises feitas durante às atividades, gerando respostas diferentes para um momento diferente.

Em ambas as atividades realizadas e analisadas para essa pesquisa questionou-se o uso de um laboratório virtual e a grande maioria dos participantes notaram aspectos positivos de sua utilização no ensino de Química, entretanto, uma discussão sobre em que momento ele pode ser usado se faz necessária. Será que o LV deve ser usado previamente ou posteriormente a uma aula prática real? A Figura 33 apresenta os dados quantitativos sobre essa questão. Ao analisar todas as respostas que abordaram essa indagação e suas justificativas, pode-se levantar aspectos positivos e negativos quando se trata do uso anterior ou posterior.

Figura 33: Apresenta as escolhas dos alunos sobre quando utilizar o laboratório virtual.



Fonte: próprio autor.

Ao observar os valores encontrados pode-se notar que um pouco mais de 20% dos participantes escolheram que prefeririam não utilizar o laboratório virtual, seja anterior ou posteriormente a aula prática. Esse valor foi surpreendente e considerado elevado, uma vez que são estudantes de uma geração inseridos em um mundo digital e tecnológico e mesmo que sejam alunos e alunas de cursos com boa quantidade de aulas práticas, essa elevada porcentagem pressupõe que eles consideram a teoria e prática real suficientes para o entendimento de um conceito científico. Para entender melhor esses números, levantamos duas hipóteses para essa pressuposição: *i.* os participantes não estão conseguindo visualizar a tecnologia como uma ferramenta efetiva para aprender, servindo apenas para diversão, para comunicarem-se, para entretenimento e informação “teórica” e que na hora de aprender/estudar, preferem o físico, o laboratório real e; *ii.* devido as consequências da pandemia, isolamento e consequente proibição das aulas presenciais, sentem falta de irem ao laboratório real e uma atividade que faz uso do laboratório virtual fornece a impressão ainda maior dessa necessidade do real, parecendo até que esse virtual está lhes tirando a oportunidade do real.

Já os mais de 80% dos participantes entenderam a importância do uso dessa tecnologia e escolheram que gostariam de utilizá-la em suas formações, seja antes ou depois de uma aula prática. Sobre a utilização anterior a aula prática destacam-se os seguintes aspectos positivos encontrados nas respostas:

- Ocorreria menos desperdício de reagentes;
- Menos riscos de acidentes;
- Melhor ideia do procedimento/iriam mais preparados para a prática real;

Já os aspectos negativos citados pelos alunos da aplicação antes da aula prática foram:

- A prática perderia a graça, pois já saberia o que iria acontecer;
- A prática como comprovação da teoria;
- Não faria diferença, pois o virtual é muito diferente do real.

Sobre a utilização posterior à aula prática destacam-se os seguintes aspectos positivos encontrados nas respostas:

- Refazer a prática para tirar dúvidas;
- Comparar os resultados encontrados;
- Visualizar a importância dos fatores ambientais;

Já os aspectos negativos citados pelos alunos da aplicação posteriormente a aula prática foram:

- A prática como comprovação da teoria;
- Não faria diferença, pois o virtual é muito diferente do real.

Com certeza não há uma regra para se utilizar um laboratório virtual como ferramenta de apoio, portanto, dizer que ele deve ser usado antes ou depois da prática não é o correto. O correto é reconhecer que há vantagens e desvantagens de seu uso, tanto antes quanto depois. Ao utilizá-lo antes da prática os estudantes aparentam chegar mais preparados e menos ansiosos com os procedimentos, características essas que contribuem para amenizar os riscos de acidentes, uma vez que ao entrar em um laboratório químico, seja ele didático, de pesquisa ou industrial, sempre haverá o perigo, porém, cabe ao usuário diminuir os riscos que podem ocasionar o acidente e conhecer melhor o procedimento que será executado, inclusive as vidrarias necessárias e periculosidades de reagentes é o melhor caminho para isso. Esse conhecimento procedimental pode ser realizado lendo, estudando, pesquisando e entendendo tal roteiro ou fazendo tudo isso realizando a prática de maneira virtual. Tudo indica que a segunda opção é mais didática e prazerosa que a primeira.

Outro aspecto interessante da utilização do LV antes é que isso permite uma economia de reagentes químicos e suas soluções, já que os alunos e alunas poderão repetir o procedimento quantas vezes acharem pertinentes. Além de produzir menos resíduos e conseqüentemente, tornando o processo mais próximo da Química Verde, pois caso houvesse somente a aula prática e o estudante errasse uma etapa do procedimento e tivesse que reiniciar sua prática, tudo que foi feito inicialmente somar-se-ia com o que seria produzido posteriormente, aumentando assim a quantidade de resíduo que seria descartado ao meio ambiente após seu tratamento. É importante destacar que a possibilidade de economizar produtos químicos deve fazer parte da formação do profissional da Química não somente pelo lado financeiro, mas sim pelo ambiental e cabe ao professor e professora deixar muito nítido que o laboratório virtual não é utilizado como uma ferramenta de contenção de gastos e sim como uma atividade que busca aumentar a oportunidade dos alunos e alunas estarem em contato com o conteúdo e fazendo isso de maneira a evitar desperdício e evitando mais descarte no meio ambiente.

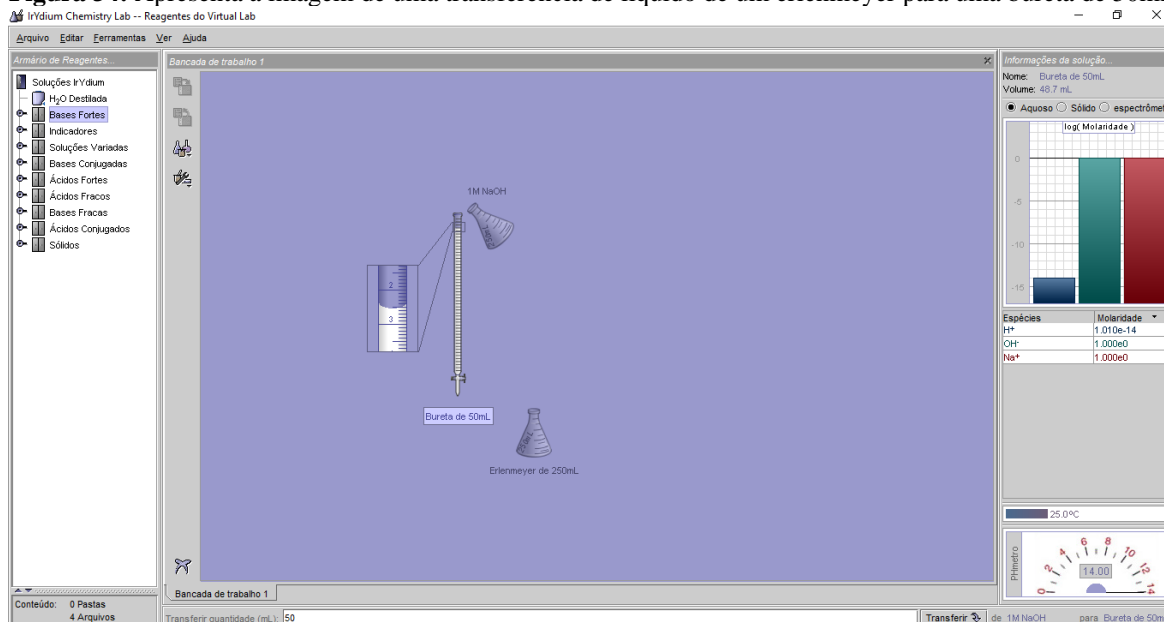
Todas essas características confeririam um melhor preparo para a realização da atividade prática real e, principalmente, permitiria que o estudante observasse mais atentamente os detalhes experimentais e reacionais, ao invés de ficar preso ou preocupado com vidrarias e

procedimentos, ou seja, ocasionaria uma maior reflexão do que está observando e o que está acontecendo visualmente em sua frente, o que poderia levar a uma melhor abstração e consequente melhoria na aprendizagem e entendimento do conceito envolvido.

Caso o professor ou professora escolhessem aplicar o laboratório virtual posteriormente a aula prática, os estudantes poderiam realizar a prática novamente, porém de maneira virtual e assim, observar algumas características da reação ou reações químicas que passaram despercebidas no real e não puderam refazer o experimento. Essas observações contribuiriam para o melhor entendimento do conceito, além de auxiliar na redação de um relatório. Outra vantagem é que, agora que sabe o que deve acontecer e observar, o estudante poderia trocar de reagente ou concentração de uma solução e observar as consequências dessas trocas, se elas influenciam no produto formado ou quantidade obtida. Portanto, ele poderia explorar diversas situações que o real não o possibilitaria (seja por falta de determinado reagente; falta de tempo; segurança; por não ter pensado nisso no momento da aula prática), sem as preocupações econômicas ou ambientais e apenas a curiosidade química e seu instinto curioso em busca de respostas que contribuirão para um melhor entendimento da reação e do conceito.

Como aspectos negativos, pode-se observar que, independentemente do momento em que o laboratório virtual será aplicado, os participantes relataram que ele produz situações diferentes do real, ou melhor, o LV não consegue reproduzir de maneira simular o que ocorre em um laboratório real. Essa afirmação é um tanto questionável, uma vez que o laboratório virtual utilizado, *Virtual Lab*, reproduz de forma bastante satisfatória as reações químicas ocorridas nas práticas investigadas, além disso, permite que o estudante observe, além dos fenômenos químicos e físicos visuais, alguns detalhes técnicos idênticos ao real, como exemplo, pode-se citar a aferição de um volume ao utilizar uma bureta. A técnica diz que o volume de um líquido incolor deve ter seu menisco perfeitamente sobre a linha do volume desejado, (os alunos devem treinar e realizar em um laboratório real) algo que ocorre no laboratório virtual, como indicado na Figura 34. É de se destacar também que o *Virtual Lab* ou outro laboratório virtual possui limitações e, obviamente, não consegue reproduzir todos os detalhes e características presentes em uma prática laboratorial real.

Figura 34: Apresenta a imagem de uma transferência de líquido de um erlenmeyer para uma bureta de 50mL.



Fonte: próprio autor.

Observa-se na Figura 34 que, ao transferir 50mL de hidróxido de sódio, um líquido incolor, do erlenmeyer, um frasco sem precisão, para uma bureta de 50mL, uma vidraria volumétrica com elevada precisão, pode ser notado que o volume da bureta não foi completamente preenchido, indicado a diferença de precisão entre as duas vidrarias usadas. Outro detalhe representado perfeitamente pelo *software* é o menisco ocasionado pelo líquido na bureta. O *Virtual Lab* apresenta o menisco, em destaque na figura, e permite que o usuário o acerte de maneira bastante precisa, simular ao que deve ser feito em um laboratório físico. Entendemos que realizar tal procedimento em um laboratório real é diferente do virtual, manuseando, tateando, observando fisicamente no real é diferente do virtual, entretanto entendemos também que essa não é o objetivo do virtual (substituir) e sim, apresentar ao usuário as características de uma técnica, além das particularidades de uma reação química.

Por fim, como aspecto negativo importante e bastante citado ao se utilizar um laboratório virtual previamente a prática é que ele pode diminuir ou até tirar a emoção, a sensação, a comoção de ver algo pela primeira vez. Esse aspecto não pode ser deixado de lado e evitado, mas pode ser aproveitado, já que o estudante pode usufruir desse conhecimento e aproveitar melhor os detalhes e características das reações químicas que está observando, diminuindo, assim, a chance de perder algum detalhe importante.

Cabe agora aos professores, coordenadores e pesquisadores pensar, pesquisar e discutir como uma TDIC e mais precisamente, um laboratório virtual, pode ser integrada a uma metodologia de ensino, inserindo-a ao contexto escolar e do estudante e concomitante aos conceitos científicos que serão abordados. Se bem planejada pode oferecer muitos benefícios educacionais, que incluem despertar e aumentar o interesse dos alunos e alunas sobre um assunto, facilitar o desenvolvimento e teste de hipóteses, analisar resultados e refinar conceitos.

CONCLUSÕES

Nesta última parte da tese são apresentadas as conclusões a partir da retomada dos objetivos elencados para essa pesquisa que objetivou investigar as potencialidades e os limites do *Virtual Lab* para a aprendizagem dos conceitos de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico a partir das percepções de alunos e alunas dos cursos de Licenciatura em Química, Engenharia de Alimentos e Engenharia de Energias Renováveis do IFSP, campus Matão.

A partir dos levantamentos bibliográficos realizados no segundo capítulo, pudemos diferenciar um laboratório virtual de uma simulação experimental, além de definir suas principais características. Sendo assim, pode-se definir um laboratório virtual como sendo um *software* de simulação interativo e intuitivo que oferece liberdade aos usuários para escolherem e realizarem seus próprios procedimentos experimentais de modo a observar fenômenos físicos e químicos ocorridos nas reações desejadas, de forma precisa e com a maior precisão possível.

O laboratório virtual escolhido foi o *Virtual Lab*, uma vez que não foram encontrados LV gratuitos brasileiros. A partir dos resultados apresentados e discutidos no quinto capítulo, foi possível investigar a usabilidade do *Virtual Lab* junto aos alunos e alunas de Graduação dos cursos de Engenharias de Energias Renováveis e Alimentos e Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – Campus Matão.

- **A usabilidade do *Virtual Lab*:** as duas atividades analisadas foram feitas, pelos alunos e pelas alunas dos cursos de graduação do IFSP/MTO, totalizando 39 questionários respondidos na primeira atividade e 25 na segunda. Pode-se observar que a grande maioria dos participantes não teve dificuldade para instalar o *software* em seus computadores, ou utilizados de maneira *online*, versão disponível no site. Outra análise da usabilidade é em relação a dificuldade e facilidade de utilizar as ferramentas disponibilizadas, como reagentes e vidrarias, respondidas pela grande maioria deles como de fácil e intuitivo manuseio. Uma pequena parcela de participantes informou que não encontrou dificuldades de usabilidade, porém, posteriormente em suas impressões finais sobre o *Virtual Lab* disseram que tiveram pequenas dificuldades na utilização, como *i.* dificuldade de encontrar os materiais necessários; *ii.* dificuldade inicial devido à falta de prática (nunca haviam usado o *software*) e *iii.* dificuldades de instabilidade do *software* – que travava ou reiniciava automaticamente. Uma conclusão a respeito dessas dificuldades é bastante clara, pois todas elas não envolvem problemas de interface técnica, de design mal projetado ou falhas conceituais, mas problemas de adaptação tipicamente encontrados quando se faz ou utiliza algo pela primeira vez, ou ainda, por

problemas de hardware ou conexão de internet, já que todos que relataram problemas de travamento utilizaram a versão *online* do *software*. Ainda em termos de materiais acessíveis, investigou-se a opinião dos usuários quanto a quantidade de vidrarias e reagentes disponíveis para a execução das atividades propostas e mais uma vez a grande maioria dos questionários mostrava que eram suficientes para a montagem dos procedimentos e execução das práticas laboratoriais realizadas. Para completar a análise, questionou-se os participantes se eles já haviam realizado as mesmas atividades em um laboratório, seja em aula prática ou atividade de pesquisa. Para a atividade de Titulação, 31% nunca haviam feito o procedimento de maneira física, enquanto 56% não realizaram a prática de Equilíbrio Químico. Confrontando essa experiência com as respostas dos questionários, pode-se concluir que a experiência de já ter realizado uma prática experimental em um laboratório não influenciou significativamente na usabilidade do virtual. A partir dessa análise pode-se concluir que a usabilidade do *Virtual Lab* é boa, podendo ser classificado como um *software* acessível, intuitivo e de fácil utilização. Outra conclusão é que a geração de estudantes que participou das atividades é bastante integrada ao uso do computador e suas ferramentas e receptivos para os utilizar como ferramenta educacional já que deram notas elevadas ao saberem que utilizariam um laboratório virtual como ferramenta complementar a teoria.

Sobre as potencialidades do *Virtual Lab* contribuir para relacionar os aspectos teóricos com as práticas virtuais realizadas relacionando os conceitos abordados com as dimensões estabelecidas pelos referenciais teóricos estudados podemos concluir que:

- **Atividade de Titulação de Neutralização:** para essa atividade, pouco mais da metade dos participantes responderam que é importante conhecer e saber escolher os reagentes que serão utilizados na realização de uma Titulação, pois observaram no *Virtual Lab* que o gráfico da curva de titulação sofre alterações dependendo do ácido, base ou indicador utilizados. Isso permite inferir que o laboratório virtual contribuiu para a visualização do fenômeno e forneceu subsídios para a construção de modelos mentais que auxiliaram na abstração dos conceitos envolvidos e fortaleceram um entendimento conceitual. Pode-se presumir que esses estudantes conseguiram migrar de uma dimensão a outra no triângulo de Johnstone ou de Mortimer, Machado e Romanelli. Entretanto, para um pouco menos da metade dos participantes, o *Virtual Lab* não foi suficiente para construir modelos mentais sobre os conceitos envolvidos, um

entendimento completo do assunto abordado, uma vez que não conseguiram entender e explicar o mesmo gráfico de titulação. Segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000) essa falta de entendimento conceitual pode ser interpretada pela ênfase em um determinado aspecto, seja ele o representacional ou fenomenológico ou teórico. Quando isso ocorre, possivelmente, os participantes acreditam que os símbolos e fórmulas apresentados nas aulas são “reais”, ao invés de os encararem como modelos de representação da matéria.

- **Atividade de Equilíbrio Químico:** sobre a atividade de Equilíbrio pode-se concluir que o *Virtual Lab* contribuiu para que os usuários tivessem um outro viés na abstração e entendimento do conceito, pois, caso não fizessem uso do laboratório virtual eles teriam apenas a teoria e suas equações químicas para entender o conceito. Ao fazer uso do *Virtual Lab* eles conseguiram visualizar as transformações macroscópicas e a partir dessas observações supomos que construíram modelos mentais para compreender melhor o que estava ocorrendo. De modo geral, metade dos participantes afirmou, tanto pelas questões respondidas no questionário, quanto pelos relatórios entregues à professora da disciplina, que o *Virtual Lab* permitiu uma melhor interpretação da reação química e do conceito estudados. Mais uma vez, pode-se pressupor que esses participantes foram incentivados a transitar pelos três níveis de conhecimento químico defendidos por Mortimer, Machado e Romanelli. A outra metade dos participantes não conseguiu mensurar nos questionários e relatórios um entendimento completo do conceito, demonstrando dúvidas vinculadas a um aspecto particular do conceito e dos cálculos envolvidos. Os cálculos matemáticos entrelaçados aos conceitos de Equilíbrio e Solução Tampão foram elencados como obstáculos para esse grupo de estudantes, pois muitos deles relataram ter entendido o conceito químico, porém não conseguiram efetuar tais cálculos.

De modo geral, pode-se afirmar que, em ambas as atividades, o *Virtual Lab* contribuiu para auxiliar na elaboração de modelos mentais, novos ou pré-existentes e na abstração dos fenômenos e desta forma, os participantes tiveram um melhor entendimento dos conceitos químicos estudados.

Outro objetivo da pesquisa era identificar características do laboratório virtual que podem ser utilizadas para a prática docente, uma vez que muitos participantes são alunos e alunas do curso de Licenciatura em Química. A partir das discussões apresentadas no capítulo cinco pode-se concluir que:

- **O Laboratório virtual como ferramenta docente:** a última parte dos questionários investigou a opinião dos futuros professores sobre a utilização de um laboratório virtual como recurso educacional. A conclusão a essa indagação é semelhante em relação às duas atividades, mesmo sendo turmas diferentes e estudantes de anos diferentes, uma vez que alunos e alunas de 1^a, 2^a e 3^a anos responderam aos questionários. A grande maioria dos participantes percebeu o laboratório virtual como uma ótima ferramenta de ensino de Química, enquanto uma minoria deles acreditam que ele não teria utilidade caso houvesse o laboratório físico, ou seja, acreditam que realizar a prática apenas no laboratório seria o suficiente para o entendimento de um conceito. Esse maior grupo de estudantes que acredita no laboratório virtual optou em sua utilização anterior a prática, pois, como referendado por eles, *“Tendo noção de algumas vidrarias, seus nomes entre outros, poderia facilitar na compreensão posterior”*. Ainda não é possível definir o melhor momento para se utilizar um laboratório virtual, pois há vantagens e desvantagens quando ele é usado pré ou pós prática em laboratório físico. Porém, as análises dessa pesquisa indicam que o uso preliminar é mais vantajoso, pois possibilita um melhor preparo e conhecimento do procedimento que deverá ser realizado, contribuindo para que os alunos e alunas se sintam menos ansiosos e tenham maior segurança no manuseio de vidrarias e principalmente, de substâncias perigosas. A desvantagem de irem ao laboratório já sabendo o que irá ocorrer pode ser contornada e aproveitada explicando a esses estudantes que eles poderão prestar mais atenção às reações químicas e menos ao procedimento, permitindo a visualização de fenômenos e características que poderiam passar despercebidas caso eles centrassem maior atenção ao roteiro.
- **Outra conclusão:** essa questão foi respondida por participantes que não se viram como futuros professores, não por não almejem seguir a carreira docente, mas as circunstâncias pandêmicas e o excesso de atividades remotas impediram um maior diálogo entre estudantes e pesquisador. Como consequência, a conclusão de muitos alunos e alunas foi que um laboratório virtual pode ser usado, principalmente, por escolas que não possuem um laboratório físico ou não têm vidrarias e reagentes para realizar uma determinada prática experimental.

Por fim, pode-se afirmar que essa pesquisa conseguiu identificar os limites e as potencialidades da utilização de um laboratório virtual como recurso didático.

- **As potencialidades do laboratório virtual:** pode-se concluir que os participantes observaram como aspectos positivos do *Virtual Lab* a possibilidade de treinarem um procedimento antes de realizá-lo na prática, deixando-os ambientados com as vidrarias e reagentes necessários, tornando-os mais seguros para executar a prática real; haveria menor gasto de reagentes, pois já saberiam de antemão as quantidades necessárias; haveriam menos acidentes, devido a segurança adquirida no laboratório virtual e; auxílio na interpretação dos dados e cálculos, características essas que reforçam a importância do laboratório virtual na elaboração de modelos mentais, na abstração e entendimento dos conceitos. Características essas defendidas por Giordan (1999), pois segundo o autor, uma das competências das situações envolvendo experimentação, real ou virtual, é auxiliar a capacidade dos estudantes a criarem modelos explicativos para os fenômenos estudados. Como exemplos de respostas têm-se: *“Eu gostaria de utilizar o laboratório virtual antes do laboratório real porque eu teria a noção sobre o que fazer e não iria ficar perdida ou com tanto medo de fazer alguma coisa perigosa”* ou; *“Utilizar o laboratório virtual nos deixaria mais preparados, e organizados, para o momento em que fossemos realizar as práticas presencialmente”* ou ainda; *“Para ter uma noção do que será feito dentro do laboratório diminuindo assim, riscos de acidentes, desperdício de reagentes, e preparando nós alunos para procedimento real”*.
- **Os limites do laboratório virtual:** a partir da interpretação das respostas, conclui-se que o laboratório virtual mostraria os resultados esperados para a prática, tornando assim o laboratório físico menos interessante. Pouquíssimos participantes acham que o LV não simula com exatidão o que acontece no laboratório. Essa afirmação pode ser contestada uma vez que um laboratório virtual é programado com dados teóricos e práticos de reações já pré-definidas, portanto, pode-se assegurar que ele possui um alto grau de confiabilidade em relação a prática real. O outro aspecto negativo apontado é a possibilidade de utilização do laboratório virtual em detrimento ao físico. Dependendo de como será abordado o *software* pode ser utilizado apenas como comprovação da teoria (assim como pode acontecer no laboratório físico), perdendo desta forma o objetivo de apresentar um fenômeno, mostrar experimentalmente a reação química ocorrida ou se fazer interagir substâncias compatíveis.

Os resultados obtidos permitiram afirmar que o *Virtual Lab* influenciou a aprendizagem dos alunos e das alunas que participaram da pesquisa junto aos conceitos de Titulação de Neutralização e Equilíbrio Químico. Essa influência ficou explicitada nas descrições e respostas

dadas pelos estudantes, que relataram a importância do *Virtual Lab* nas atividades desenvolvidas.

Ao longo de nossa pesquisa tivemos que alterar a questão formulada e apesar das inúmeras dificuldades essa mudança nos abriu os olhos para (re)vermos o quanto é importante o papel da escola/universidade física, real e presencial. O quão significativo e necessário são as interações pessoais, sejam elas aluno-aluno e aluno-professor. Reafirmou a importância do professor e da professora e sua abordagem para o desenvolvimento da atividade, pois, para evitar possíveis contaminações ou direcionamentos, tanto durante a atividade, quanto nas respostas aos questionários, foi apenas informado que os participantes usariam um laboratório virtual e que ele não estava sendo usado para substituir a atividade prática e mesmo assim, devido às limitações físicas ocasionadas pelo ensino remoto, muitos acreditaram que o *Virtual Lab* foi escolhido em detrimento ao laboratório físico. É importante que, ao adotar um laboratório virtual, seja explicitado para os alunos e alunas a sua função dentro das demais atividades (teoria, prática real, prática virtual), para que eles não tenham a impressão de que a prática laboratorial esteja perdendo espaço para a virtual, ou que seja apenas uma atividade para “preencher um tempo que estava sobrando”, para economizar reagentes, ou fazer mais exercícios. Portanto, é fundamental que o professor ou professora deixem claro como o uso do laboratório virtual se encaixa dentro do conjunto de atividades de aprendizagem propostas na disciplina.

Uma outra conclusão a se destacar foi a influência da pandemia nos resultados encontrados, ou ainda, a importância do “elemento humano” na aprendizagem de conceitos. Ficou muito nítido o sentimento de saudade dos estudantes das aulas práticas, sentimento que pode ter influenciado suas respostas e entendimentos. Entendemos ao final desta Tese que as Dimensões da Química não podem ser estudadas desconexas do contexto social. Empreendemos todo um esforço para investigar as influências de um laboratório virtual na aprendizagem de conceitos químicos. Reconhecemos, no entanto, que outros aspectos relacionados às tecnologias da informação e comunicação devem ser considerados.

O *Virtual Lab* se apresentou como um recurso educacional que possibilita uma visão macroscópica de um ou mais fenômenos químicos e pode contribuir para o aprimoramento de modelos mentais já existentes na cognição dos estudantes ou até a elaboração de novos modelos, capazes de auxiliar na abstração tão necessária para o entendimento de um conceito químico. Sendo assim, acreditamos que um laboratório virtual ajuda seus usuários a transitarem pelo tetraedro das dimensões da Química.

Por fim, esta pesquisa contribuiu para ampliar nossa visão sobre o uso crítico de uma tecnologia, compreendendo que para além da necessidade de conhecer e entender o design, as ferramentas e possibilidades que uma TDIC oferece, é nosso dever lutar para que todos tenham direito de usufruir dos recursos tecnológicos, superando nossos métodos e técnicas educacionais de natureza individualista para que se tornem recursos colaborativos, socialmente e economicamente disponíveis a todos e todas.

REFERÊNCIAS

- ALESSI, S. M.; TROLLIP, S. R. **Multimedia for learning: methods and development** (3rd Ed.). (214, 254-257). Boston: Allyn & Bacon, 2001.
- ALVES, G. **A condição de proletariedade: a precariedade do trabalho no capitalismo global**. Londrina: Práxis; Bauru: Canal 6, 2009.
- ALVES, M.; BEGO, A. M. A celeuma em torno da temática do planejamento didático-pedagógico: definição e caracterização de seus elementos constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Fevereiro, 2020.
- AMARAL, E. M. H.; *et al.* Laboratório virtual de aprendizagem: uma proposta taxonômica. **Novas tecnologias na educação**, v. 9, n. 2, dezembro, 2011.
- AQUINO, *et al.* Laboratórios virtuais: um estudo comparativo entre plataformas de aprendizagem para o ensino da Química. **Revista de estudios e investigación en psicología y educación**. V. extra, n. 13, 2017.
- ARAGÃO, R. M. R.; MACHADO, A. H. Como os estudantes concebem o estado de Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola**, n. 4, p. 18-20, 1996.
- ARAÚJO NETO, W. N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de Química**. 2009. Tese de Doutorado em Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- ARAÚJO NETO, W. N. Estudos sobre a noção de representação estrutural na educação Química a partir da semiótica e da filosofia da Química. **Rev. Virtual Quim.** N. 4(6), p. 719-738, 2012.
- ATANAZIO, A. M. C.; LEITE, A. E. Integração das tecnologias da informação e comunicação (TIC) à prática docente: alguns desafios. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XI ENPEC). **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2017.
- ATIKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Trad. CARACELLI, I.; *et al.* Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. O computador no ensino de Química: impressões versus realidade. Em foco as escolas públicas da Baixada Fluminense. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 10, n.02, p.320-339, jul-dez, 2008.
- BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; SILVA FILHO, S. M. Cibercultura em ensino de Química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos. **Química Nova na Escola**, v. 33, nº 2, maio, 2011.
- BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: Acesso em: 28 jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Decreto** N°. 9.057, de 25 de maio de 2017. Diário Oficial da União, Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Guia Digital PNDL 2021: Projetos Integradores e Projetos de Vida**. Brasília: Ministério da Educação, 2021.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; COUTINHO, C. P. Análise da usabilidade de um laboratório virtual de Química Orgânica. **Memórias da 6ª Conferência Ibero-americana em sistemas, cibernética e informática**. V. 1, Orlando, EUA, p. 91-95, julho, 2007.

CARVALHO, L. L.; MOREIRA, A. R.; COVRE, A. L. Letramento digital, uso e ensino das TDICs em ambientes educacionais. **XIV CILTEC-Online** – Novembro, 2020. <http://evidosol.textolivre.org>.

CASTELLS, M.; **A era da informação: economia, sociedade e cultura**. Vol. 1. A Sociedade em Rede. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1999.

CETIC. Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br). **Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros** – TIC Domicílios 2019. Disponível em https://www.cetic.br/media/analises/tic_domicilios_2019_coletiva_imprensa.pdf. Acessado em 10/05/22.

CHASSOT, A. I. *et al.* Química do Cotidiano: pressupostos teóricos para elaboração de material didático alternativo. **Espaços da Escola**, n.10, p.47-53, 1993.

CHASSOT, A.I. **Propondo sementeiras**. In. Arantes V.A. (org). Ensino de ciências: pontos e contrapontos. São Paulo: Summus, p 61-102, 2013.

COSTA, R. G.; PASSERINO, L. M.; ZARO, M. A. Fundamentos teóricos do processo de formação de conceitos e suas implicações para o ensino e aprendizagem de Química. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 14, n. 01, p. 271-281, jan-abr, 2012.

COUTINHO, C. P. Tecnologias Web 2.0 na sala de aula: três propostas de futuros professores de Português. In **Educação, Formação e Tecnologia**, Vol. 2 (1), pp. 75- 86, maio 2009.

DAVENPORT, J. L. *et al.* *Whether and how authentic contexts using a virtual chemistry lab support learning*. **Journal of Chemical Education**. DOI 10.1021/acs.jchemed.8b00048. junho, 2018.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. 6ª reimpressão. São Paulo, ed. Cortez, junho de 2000.

DUARTE, P. M. COVID-19: Origin of the new coronavirus. **Braz. J. Hea. Rev.**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 3585-3590, mar/abr. 2020.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 15-18, 1996.

FEENBERG, A. Teoria Crítica da Tecnologia. In **Colóquio Internacional “Teoria Crítica e Educação”**. Unimep, Ufscar, Unesp. 2004. Disponível em <https://www.sfu.ca/~andrewf/critport.pdf>. Acesso em 16/08/2018

FISCARELLI, S. H. *et al.* Use of virtual labs for enhance student's procedimental ability. **International Journal of Research in Social Sciences**, v. 3, n. 1, p. 111-117, 2013.

FISCARELLI, S. H.; MORGADO, C. L.; UEHARA, F. M. Objetos de aprendizagem e alfabetização: uma proposta de uso de recursos lúdicos para crianças com dificuldades de aprendizagem. **Conhecimento & Diversidade**. Niterói, v. 9, n. 18, p. 144-160, jul/set. 2017.

FOCKING, G. P. Um estudo sobre técnicas de avaliação de *software* educacional. **Journal of Educational Computing Research**, Farmingdale, v. 12, 1995.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. Brasília, 4ª edição: Liber Livro, 2012.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREIRE, P. **Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. São Paulo: UNESP, 2000.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 54ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 2013.

GABINI, W, S.; DINIZ, R. E. S. Os professores de Química e o uso do computador em sala de aula: discussão de um processo de formação continuada. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 2, 2009.

GALIAZZI, M. C.; *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, 2001.

GATTI, B. A.; BARRETO, E. S. S.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Políticas docentes no Brasil: um estado da arte**. Brasília: UNESCO; MEC; 2011.

GEWEHR, D. **Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) na Escola e em Ambientes não Escolares**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação do Centro Universitário UNIVATES, 2016. Disponível em Acesso em novembro de 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição. São Paulo, Editora Atlas, 2002.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, novembro, 1999.

GIORDAN, M.; GÓIS, J. Telemática educacional e ensino de química: considerações em torno do desenvolvimento de um construtor de objetos moleculares. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 3, n. 2, p. 41-59, 2005.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de Ciências**. Ijuí, SC, Editora Unijuí, 2008.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Unijuí, 2013.

GOMES, A. L.; *et al.* Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios *online* no ensino de Química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n.1, p. 499-519, 2020.

GUSSO, H. L.; *et al.* Ensino superior em tempos de pandemia: diretrizes à gestão universitária. **Educação e Sociedade**. V. 41, Campinas, setembro de 2020.

HABOWSKI, A. C.; CONTE, E. **(Re)pensar as tecnologias a partir da teoria crítica**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2019.

HARRIS, D. C. **Explorando a Química Analítica**. Trad. AFONSO, J. C.; *et al.* Rio de Janeiro: LCT, 2011.

HODGES, C.; *et al.* The difference between emergency remote teaching and *online* learning. **Educause Review**. Washington, March 27, 2020. Disponível em <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>. Acessado em 10/05/22.

KAPLAN, A. M.; HAENLEIN, M. Higher education and the digital revolution: about MOOCs, SPOCs, social media, and the cookie monster. **Business Horizons**, v. 59, Issue 4, jul-aug, p. 441-450, 2016.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Campinas, SP: Papirus, 2003.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologia: o novo ritmo da informação**. Campinas: Editora Papirus, 8º edição, 2011.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Campinas: Papirus, 2012.

KING, T. **Indígenas de férias**. Trad. BOAVENTURA, D. Porto Alegre: Dublinense, 2022.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Teachers' views on the nature of models. **International Journal of Science**. 2011.

LACERDA, N. A. Linguagem e cognição: categorização e significado das concepções de educadores sobre tecnologia digital. 2012. 201 f. Tese de Doutorado em Educação. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012

LEÃO, I. J. Da teoria à prática: uma experiência de uso das TIC na graduação e sua aplicação no ensino de geociências na educação básica. **Educação e Tecnologia**. Belo Horizonte, v. 21, n. 3, p.45-57, set/dez 2006.

LEITE, B. S. **Tecnologias no ensino de química**: teoria e prática na formação docente. Curitiba: Appris, 2015.

LEITE, B. S. Tecnologias no ensino de Química: passado, presente e futuro. **Scientia Naturalis**. v. 1, n. 3, p. 326-340, 2019.

LEVY, P. **As tecnologias da inteligência**. Editora 34, São Paulo, 1993.

LUCENA, G. L.; SANTOS, V. D.; SILVA, A. G. Laboratório virtual como alternativa didática para auxiliar o ensino de Química no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 21, n. 2, p. 27-36, 2013.

MACHADO, A. S. O uso de *softwares* educacionais, objetos de aprendizagem e simulações no ensino de Química. **Química Nova na Escola**. V. 38, n. 2, p. 104-111. Maio 2016.

MACHADO, H. A. MORTIMER, F. E. Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: **Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil**.Org. ZANON, B. L. MALDANER, A. O. – Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2007.

MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F.; **Química**. Editora Scipione: São Paulo, 1º edição, 2008.

MAHAFFY, P. The future shape of Chemistry education. **Chemistry Education research and practice**, outubro, 2004.

MAHAFFY, P. Moving Chemistry education into 3D: a tetrahedral metaphor for understanding Chemistry. **Journal of Chemistry Education**, v. 83, n. 1, janeiro de 2006.

MARTÍNEZ, D. E. G, *et al.* Tecnologias de informação e comunicação no ensino superior: o ambiente virtual de aprendizagem em curso semipresencial. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 12, n. esp. N. 2, p. 417-434. 2017.

MARUYAMA, J. A.; TAVARES, E. J.; FISCARELLI, S. H. Impressões dos estudantes às aulas remotas de Química durante a pandemia do COVID-19: análise inicial. **43º Reunião Anual Virtual da SBQ**. Outubro. 2020.

MELO, M. S.; SILVA, R. R. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, submicro e o representacional. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019.

MENESES, F. M. G.; NUÑES, I. B. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. **Ciência e Educação**, v. 24, nº. 1, p.175-190, Bauru, 2018.

MOL, G. S.; SILVA, R. R. A experimentação no ensino de química como estratégia para a formação de conceito. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 8., 1996, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 1996.

- MORAN, J. M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.
- MOREIRA, A. R.; COVRE, A. L.; CARVALHO, L. L. Letramento digital, uso e ensino das TDICs em ambientes educacionais. In: XIV CILTEC-*Online*. **Anais...** UFMG/UFVJM/UEMG, Novembro 2020.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.
- MURAKAMI, H. **1q84**: livro 3. Trad. HASHIMOTO, L. 1ª edição. Rio de Janeiro: Alfabeta, 2013.
- NAKASHIMA, R. H. R. **A dialética dos conhecimentos pedagógicos dos conteúdos tecnológicos e suas contribuições para a ação docente e para o processo de aprendizagem apoiados por ambiente virtual**. 2014. 287 f. Tese de Doutorado em Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- NASCIMENTO, V. **As novas tecnologias de informação e comunicação na educação**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2014.
- NUNES, F. B.; *et al.* Laboratório virtual de Química: uma ferramenta de estímulo à prática de exercícios baseada no Mundo Virtual OpenSim. In: III Congresso Brasileiro de Informática na Educação. **Anais...** Dourados/MS: UFGR, 2014.
- OCDE [ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES]. **A framework to guide an education response to the COVID - 19 pandemic of 2020**, [s. l.], 2020. Disponível em: https://www.hm.ee/sites/default/files/framework_guide_v1_002_harward.pdf. Acesso em: 10 maio de 2022.
- OHLWEILER, O. A. **Química Analítica Quantitativa**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1974.
- OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.
- PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. Representações quantitativas em laboratórios virtuais para o ensino de Química. **Ensino**, v. 22, n. 2, p. 152-159, 2021.
- PONTE, J. P. Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios? **Revista Iberoamericana de educación**. Nº. 24, p. 63-90, 2000.
- POZO, J. I. & CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução Naila Freitas. 5a ed. Porto Alegre, Artmed, 296 p, 2009.
- SANTOS NETO, M. B.; ALMEIDA, S. N.; FEITOSA, R. A. Uso de objetos de aprendizagem para abstração no ensino de Química: estado da arte. **Caminhos da educação Matemática**, v. 8, n. 2, 2018.

SANTOS, J. R. **Indústria cultural, natureza e educação: uma análise do uso de recursos midiáticos sobre a temática ambiental na escola**. 2013. 198f. Tese de Doutorado em Educação. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2013.

SANTOS, S. R. M.; FERREIRA, D.; MANESCHY, P. Concepções críticas sobre tecnologias digitais de informação e comunicação e processos de ensinar e aprender: contribuições possíveis para as práticas pedagógicas. **Interfaces da Educ.**, Paranaíba, v. 11, n. 32, p. 735-763, 2020.

SANTOS, D. S. Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC): uma abordagem no ensino remoto de Química e Nanotecnologia nas escolas em tempos de distanciamento social. **Revista Latino-Americana de Estudos Científicos**. V. 02, n. 07, 2021.

SCHNEIDER, M. F. M.; BEHRENS, M. A.; TORRES, P. L. Uso do WhatsApp como mediador do processo de ensino-aprendizagem durante a COVID-19. **Revista Intersaberes**, v. 17, n. 40. 2022.

SELWIN, N. O uso das TIC na educação e a promoção de inclusão social: uma perspectiva crítica do Reino Unido. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 29, n. 104 – Especial, p. 815-850, out. 2008.

SELWIN, N. Educação e Tecnologia: questões críticas. FERREIRA, G. M. S.; ROSADO, L. A. S.; CARVALHO, J. S. (org.). **Educação e tecnologia: abordagens críticas**. Rio de Janeiro: SESES, 2017.

SERRA, G.M.D.; ARROIO, A. Análise dos trabalhos apresentados nos ENPECs – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – no período de 1997 a 2005, onde são abordados na temática desenvolvida o uso do microcomputador como recurso para aprendizagem. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VI ENPEC). **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2007.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, cap. 9, p. 231-261, 2013.

SILVA, V. D. E. A. **O ensino de química e o desenvolvimento de aprendizagem a partir da relação entre as TIC e a experimentação em sala de aula**. Tese (Doutorado em Ensino de Química). Universidade Federal de Goiânia. 2016.

SILVA, C. S.; MESSEDER NETO, H. S. O ensino de química como unidade dialética entre os níveis macroscópicos e submicroscópico: para além do triângulo de Johnstone. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 11, p. 01-25, 2021.

SOUZA, J. R. T. **Instrumentação para o ensino de Química**. Belém: Ed. Da UFPA, 2011.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX**. 2012. Tese - Programa de Pós-Graduação em Química. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOUZA, F. A. G.; *et al.* Caderno de sequências didáticas: uma construção dos licenciandos em química para a utilização do laboratório virtual. **Revista de Educação, Ciência e Matemática**. V. 6, n. 1, jan/abr, 2016.

TULHA, C. N.; CARVALHO, M. A. G.; COLUCI, V. R. Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática. **Informática na Educação: teoria e prática**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 195-209, maio/ago. 2019.

VASCONCELOS, C. A.; OLIVEIRA, E. V. TIC no ensino e na formação de professores: reflexões a partir da prática docente. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, v. 3, n. 1, 2017.

YAMAGUCHI, K. K. L.; NUNES, A. E. C. Dificuldade em química e uso de atividades experimentais sob a perspectiva de docentes e alunos do ensino médio no interior do Amazonas. **Scientia Naturalis**, v. 01, n. 02, p. 172-182, 2019.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Questionário de avaliação sobre a atividade de Titulação

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Virtual Lab

As perguntas a seguir referem-se a questões técnicas do Virtual Lab

6. Selecione o nível de dificuldade para instalar/usar o Virtual Lab em seu computador/notebook. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extrema dificuldade

7. Selecione o nível de dificuldade para utilizar as ferramentas (reagentes, vidrarias, acessórios) disponíveis no Virtual Lab. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extrema dificuldade

8. Que nota você daria em relação às vidrarias disponíveis no Virtual Lab. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Falta muita vidraria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	São o suficiente para muitas práticas

9. Sobre a questão anterior, qual(is) vidraria(s) ou equipamento(s) você acrescentaria ao Virtual Lab. *

10. Que nota você daria em relação aos reagentes disponíveis no Virtual Lab. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Faltam muitos reagentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	São o suficiente para muitas práticas

11. Sobre a questão anterior, que reagente(s) você acrescentaria ao Virtual Lab. *

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Questões
metodológicas

As perguntas a seguir baseiam-se na utilização do Virtual Lab como uma ferramenta de ensino e aprendizagem.

12. Ao saber que você utilizaria um laboratório virtual, você classificaria a atividade como: *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Extremamente insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente satisfeito

13. Você já fez, na prática, uma titulação de neutralização? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

14. Sobre a atividade "Titulação de Neutralização" você conseguiu coletar os dados para a construção do gráfico da variação do pH? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

15. Se o software (Virtual Lab) não fornecesse os valores de pH a cada adição de titulante como você construiria o gráfico de variação de pH? *

16. Ainda sobre a atividade "Titulação de Neutralização", há interferência do tipo de titulante no volume final gasto do mesmo (por exemplo, ao usar um ácido como titulante, há diferença entre usar o HCl ou H₂SO₄)? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei informar

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

22. Descreva suas impressões ao utilizar o Virtual Lab (Escreva o que você achou do Virtual Lab, suas ferramentas, suas aplicações, como pode ser útil no ensino e aprendizagem, seus aspectos positivos e negativos). *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

17. O indicador utilizado influencia no ponto de viragem da titulação? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Não sei informar

18. Você acha que uma atividade no laboratório virtual, como o Virtual Lab, pode substituir uma atividade experimental real? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Talvez, não tenho certeza.

19. Se, antes das aulas práticas, fossem ministradas práticas no laboratório virtual: *

Marque todas que se aplicam.

- Seria muito apropriado porque assim teríamos uma ideia melhor de como realizar a prática no laboratório real.
 Ocorreria menos desperdício de reagentes.
 Haveria menos riscos de acidentes.
 A prática real perderia um pouco a graça, pois já saberia o que iria acontecer.
 Não faria diferença, pois a prática é diferente do virtual.

20. Se você pudesse escolher: *

Marcar apenas uma oval.

- Gostaria de utilizar o laboratório virtual antes das aulas práticas.
 Faria a prática real e depois o laboratório virtual.
 Não utilizaria o laboratório virtual, pois não há necessidade, uma vez que teoria e prática já são o suficientes.
 Outro
 Outro: _____

21. Justifique sua escolha da questão anterior. *

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Prezado(a) aluno(a),

Você acabou de utilizar um laboratório virtual e gostaríamos de pedir sua contribuição respondendo a este questionário de avaliação. Suas respostas serão muito úteis para aprimorarmos a utilização do Virtual Lab nas próximas aulas e também auxiliarão na pesquisa de doutorado que desenvolvo sobre a utilização de laboratórios virtuais como ferramentas de ensino.

Muito obrigado,
José Antonio Maruyama (jamaruyama@ifsp.edu.br)

*Obrigatório

Dados
pessoais

Informe que os dados coletados são sigilosos e os nomes serão ocultados, portanto, não os utilizaremos em futuras publicações.

1. Nome *

2. Gênero *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino
 Outro
 Prefiro não responder

3. Curso *

4. Turma *

Marcar apenas uma oval.

- 1º Ano (1º ou 2º semestre)
 2º Ano (3º ou 4º semestre)
 3º Ano (5º ou 6º semestre)
 4º Ano (7º ou 8º semestre)

5. Você já tinha usado um laboratório virtual antes dessas aulas? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

Apêndice 2 - Questionário de avaliação sobre a atividade de Equilíbrio

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Prezado(a) aluno(a),

Você acabou de utilizar um laboratório virtual e gostaríamos de pedir sua contribuição respondendo a este questionário de avaliação. Suas respostas serão muito úteis para aprimorarmos a utilização do Virtual Lab nas próximas aulas e também auxiliarão na pesquisa de doutorado que desenvolvo sobre a utilização de laboratórios virtuais como ferramentas de ensino.

Muito obrigado,
José Antonio Maruyama (jamaruyama@ifsp.edu.br)

***Obrigatório**

Dados
pessoais

Informe que os dados coletados são sigilosos e os nomes serão ocultados, portanto, não os utilizaremos em futuras publicações.

1. Nome *

2. Gênero *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino
 Outro
 Prefiro não responder

3. Curso *

4. Turma *

Marcar apenas uma oval.

- 1º Ano (1º ou 2º semestre)
 2º Ano (3º ou 4º semestre)
 3º Ano (5º ou 6º semestre)
 4º Ano (7º ou 8º semestre)

5. Você já tinha usado um laboratório virtual, antes dessas aulas? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Virtual Lab

As perguntas a seguir referem-se a questões técnicas do Virtual Lab

6. Selecione o nível de dificuldade para instalar/usar o Virtual Lab em seu computador/notebook. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extrema dificuldade

7. Selecione o nível de dificuldade para utilizar as ferramentas (reagentes, vidrarias, acessórios) disponíveis no Virtual Lab. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nenhuma dificuldade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extrema dificuldade

8. Que nota você daria em relação às vidrarias disponíveis no Virtual Lab. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Falta muita vidraria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	São o suficiente para muitas práticas

9. Sobre a questão anterior, qual(is) vidraria(s) ou equipamento(s) você acrescentaria ao Virtual Lab. *

10. Que nota você daria em relação aos reagentes disponíveis no Virtual Lab. *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Faltam muitos reagentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	São o suficiente para muitas práticas

11. Sobre a questão anterior, que reagente(s) você acrescentaria ao Virtual Lab. *

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

Questões
metodológicas

As perguntas a seguir baseiam-se na utilização do Virtual Lab como uma ferramenta de ensino e aprendizagem.

12. Ao saber que você utilizaria um laboratório virtual, você classificaria a atividade como: *

Marcar apenas uma oval.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Extremamente insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente satisfeito

13. Você já preparou, na prática, uma solução tampão? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

14. Sobre a Atividade 6 com o uso do Virtual Lab, foi possível identificar soluções ácidas ao obter valores de pH na escala de pH como sendo (possível indicar mais do que 1 resposta): *

Marcar apenas uma oval.

- Menor do que 7,0
 Maior do que 7,0

15. Sobre a Atividade 6 com o uso do Virtual Lab, foi possível identificar soluções básicas ao obter valores de pH na escala de pH como sendo (possível indicar mais do que 1 resposta): *

Marque todas que se aplicam.

- Presença na solução de ácidos ou bases fracas e respectivos bases ou ácidos conjugados.
 Presença na solução de qualquer ácido e sua base conjugada.
 Presença na solução de qualquer base e seu ácido conjugado
 Presença na solução de ácidos ou bases
 Presença na solução de um ácido e uma base

16. Sobre a Atividade 6 com o uso do Virtual Lab, foi possível identificar a solução tampão por (possível indicar mais do que 1 resposta): *

Marque todas que se aplicam.

- Apresentar pouca variação de pH quando recebem a adição de determinada quantidade de ácido ou de bases.
 Apresentar variação de pH quando recebem a adição de ácido ou de base.
 Apresentar pouca variação de pH quando recebem a adição de ácidos ou de bases
 Apresentar variação de pH quando recebem a adição de determinada quantidade de ácido ou de bases.

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

17. Se o software (Virtual Lab) não fornecesse os valores de pH da solução tampão após a adição de ácido ou base, seria possível efetuar os cálculos do pH final da solução? *

18. Ainda sobre a atividade 6 com o uso do Virtual Lab, o uso do laboratório virtual facilitou a compreensão dos cálculos ao simular o valor final das diferentes situações apresentadas? Relate sua experiência ao comparar os resultados obtidos no Virtual Lab e efetuando os cálculos. *

19. Você acha que uma atividade no laboratório virtual, como o Virtual Lab, pode substituir uma atividade experimental real? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não
 Talvez, não tenho certeza.

20. Se, antes das aulas práticas, fossem ministradas práticas no laboratório virtual: *

Marque todas que se aplicam.

- Seria muito apropriado porque assim teríamos uma ideia melhor de como realizar a prática no laboratório real.
 Ocorreria menos desperdício de reagentes.
 Haveria menos riscos de acidentes.
 A prática real perderia um pouco a graça, pois já saberia o que iria acontecer.
 Não faria diferença, pois a prática é diferente do virtual.

21. Se você pudesse escolher: *

Marcar apenas uma oval.

- Gostaria de utilizar o laboratório virtual antes das aulas práticas.
 Faria a prática real e depois o laboratório virtual.
 Não utilizaria o laboratório virtual, pois não há necessidade, uma vez que teoria e prática já são o suficientes.
 Outro
 Outro: _____

05/04/2021

Avaliação do Laboratório Virtual Lab

22. Justifique sua escolha da questão anterior. *

23. Descreva suas impressões ao utilizar o Virtual Lab (Escreva o que você achou do Virtual Lab, suas ferramentas, suas aplicações, como pode ser útil no ensino e aprendizagem, seus aspectos positivos e negativos). *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários