UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
BACHARELADO EM QUÍMICA

Fernanda Gonçalves Furtado

CONTRIBUIÇÕES DO USO DE UM LABORATÓRIO VIRTUAL PARA O ENTENDIMENTO DO CONCEITO DE VOLUMETRIA ÁCIDO-BASE

Santo André – SP

2018

Fernanda Gonçalves Furtado

CONTRIBUIÇÕES DO USO DE UM LABORATÓRIO VIRTUAL PARA O ENTENDIMENTO DO CONCEITO DE VOLUMETRIA ÁCIDO-BASE

Trabalho apresentado à Universidade Federal do ABC, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Eliane Fiscarelli

Santo André – SP
2018

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Gonçalves Furtado, Fernanda
Contribuições do uso de um laboratório virtual para o entendimento do conceito de Volumetria Ácido-Base / Fernanda Gonçalves Furtado. — 2018.

41 fls.

Orientadora: Patricia Eliane Fiscarelli

Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal do ABC, Bacharelado em Química, Santo André, 2018.

1. Simulação. 2. Ensino de Química. 3. Vlab. I. Eliane Fiscarelli, Patricia. II. Bacharelado em Química, 2018. III. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, sob responsabilidade única do autor com a anuência do seu orientador.

Santo André, 22 de agosto de 2018.

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Universidade Federal do ABC

CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E HUMANAS

BACHARELADO EM QUÍMICA

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou o Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Bacharel em Química da candidata Fernanda Gonçalves Furtado, realizada em 31 de julho de 2018.

Profa. Dra. Juliana Marchi - Presidente

Prof. Dr. Allan Moreira Xavier
Membro Avaliador Convidado

Profa. Dra. Patricia Eliane Fiscarelli
Orientadora

Universidade Federal do ABC
Centro de Ciências Naturais e Humanas. Avenida dos Estados, 5001. Sta Therezinha, Santo André – SP, 09210-580. Bloco A, Torre 3, 6º Andar
Tel 0 55 11 - 49967960 – www.ufabc.edu.br – http:/ccnh.ufabc.edu.br

RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias tem promovido diversas possibilidades para a utilização de diferentes objetos de aprendizagem digitais na área da Química. Uma dessas possibilidades é a utilização da simulação, que envolve a criação de modelos dinâmicos e também simplificados, tanto de processos químicos tradicionais como também na exploração de situações fictícias. No ensino e aprendizagem de química, as simulações podem ser utilizadas para aumentar o entendimento dos conteúdos da disciplina e também auxiliar as atividades experimentais. Este projeto busca verificar as possibilidades de uso das simulações e também as atividades e os conteúdos disponíveis do simulador *Vlab* que podem ser utilizadas para auxiliar e estimular a aprendizagem de diferentes áreas de Química. O simulador representa com alto grau de fidelidade diversos tipos de práticas laboratoriais e possibilita criar atividades que permitam aos alunos utilizar os seus conhecimentos de química de forma prática, realizando experimentos que se assemelham às atividades realizadas em um laboratório didático. O *Vlab* é um simulador gratuito, disponível online ou para download e bastante intuitivo, o que faz com que possa ser utilizado como complemento às atividades laboratoriais e que contribua com exercícios adicionais, possibilitando dessa forma, uma melhoraria do processo de ensino aprendizagem.

Palavras-chaves: Simulação, Ensino de Química, *Vlab*

ABSTRACT

The development of technologies has promoted several possibilities for the use of different digital learning objects in the field of Chemistry. One of these possibilities is simulation which involves the creation of dynamic models and also simplified both traditional chemical processes and the exploration of fictitious situations. In the teaching and learning of chemistry, simulations can be used to increase the understanding of the contents of the subject and also to help the experimental activities. This Project seeks to verify the possibilities of using the simulations and also the available contents of the *Vlab* Simulator that can be used to aid and stimulate the learning of different areas of Chemistry. The simulator has high degree of fidelity of different types of laboratory practices which allows to create activities and it permits students to use their knowledge of chemistry in a practical way, conducting experiments that are similar to the activities carried out in a didactic laboratory. *Vlab* is a free simulator, available online or downloadable and very intuitive which makes it possible to be used as a complement to laboratory activities and to contribute with additional exercises, thus enabling an improvement of the teaching learning process.

Keywords: Simulation, Teaching Chemistry, *Vlab*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
   1.1 As Dimensões do Conhecimento Químico 9
   1.2 Uso de ferramentas educacionais no ensino de química 12
   1.3 Química Analítica Quantitativa 16

2. OBJETIVOS 18

3. JUSTIFICATIVA 18

4. PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS 19

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
   5.1 Análise Didática do Simulador 22
   5.2 Análise da Atividade Proposta 25

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 31

REFERÊNCIAS 34

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 37

APÊNDICE B – Parecer Consubstanciado do CEP 40

1. INTRODUÇÃO

1.1 As dimensões do conhecimento químico

Geralmente os estudantes apresentam certas dificuldades de realizar abstrações e contextualizar determinados conteúdos de química por estar fora do escopo de suas experiências (HERGA et. al, 2016). Devido ao fato de que muitos conceitos químicos são abstratos como, por exemplo, átomos, elementos, moléculas, alguns alunos podem ter dificuldade no entendimento desses aspectos microscópicos relacionados a disciplina de química (HERGA et. al, 2016) e, tal dificuldade de realizar abstrações e contextualizar os conteúdos pode culminar em desmotivação por parte dos mesmos. Com isso, verifica-se a importância de se trabalhar os diferentes níveis do conhecimento químico, como diferentes pesquisas na literatura destacam.

O processo de construção do conhecimento químico, especialmente relacionadas às representações no ensino de Química é um tema de bastante discutido na academia. Pesquisadores na área de educação trabalharam no sentido de entender como se dá esse processo e como consequência desses trabalhos foram surgindo modelos explicativos que nos auxiliam nesse aspecto. Um desses modelos foi proposto por Johnstone (1982) e ainda é bastante difundido em diversos trabalhos, no qual compreender química significa relacionar o macroscópico com o submicroscópico e seus símbolos.

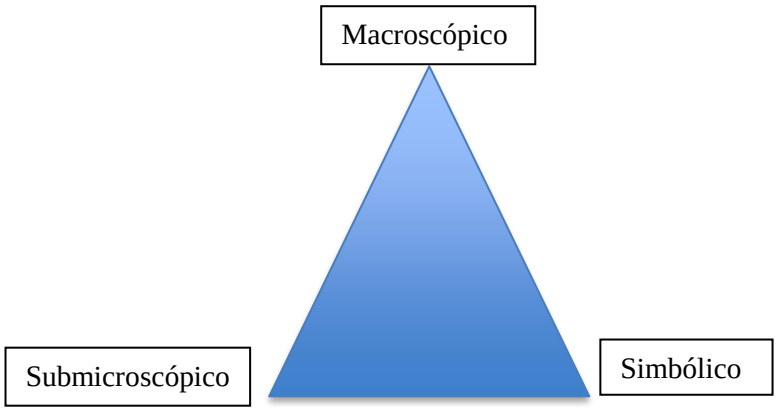

Figura 1: Níveis de representação

Segundo Johnstone (1982), o nível macroscópico refere-se à observação de um

fenômeno, por exemplo, quando é observado o processo de enferrujamento de uma barra de ferro. O nível submicroscópico refere-se à representação de átomos, moléculas, íons presentes no sistema e possíveis rearranjos. E, por fim o nível simbólico refere-se à representação por meio de fórmulas, equações químicas e estruturas dos compostos.

Talanquer (2011) foi um dos autores que também deu uma contribuição complementar às ideias de Jhonstone. No modelo de Talanquer há uma divisão entre os modos experimental (macroscópico/experiências) e o representacional (submicroscópico e simbólico/modelo e visualização), tornando esse modelo mais abrangente. Segundo Wartha e Rezende (2011):

> 1- Experiências: incluem nosso conhecimento descritivo de substâncias e transformações químicas, adquirido de forma direta (pelos sentidos) ou indireta (usando instrumentos). Experiências remetem ao conhecimento empírico atual que se tem sobre os sistemas químicos;
> 2- Modelos: incluem o descritivo, explicativo e modelos teóricos que os químicos desenvolveram para dar sentido ao mundo experimental. Modelos se referem às entidades teóricas e às suposições subjacentes que são descritas como sistemas químicos atribuindo a eles algum tipo de estrutura interna, composição, mecanismos explicativos ou preditores das várias propriedades desses sistemas;
> 3- Visualização: sinais visuais estáticos e dinâmicos (de símbolos para ícones) equações matemáticas, gráficos, animações, simulações e modelos físicos usados para visualizar os componentes representacionais do modelo teórico.

Na figura 2 está demonstrado os detalhes do modelo de Talanquer que foi reproduzido em seu artigo *Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet"* (2011).

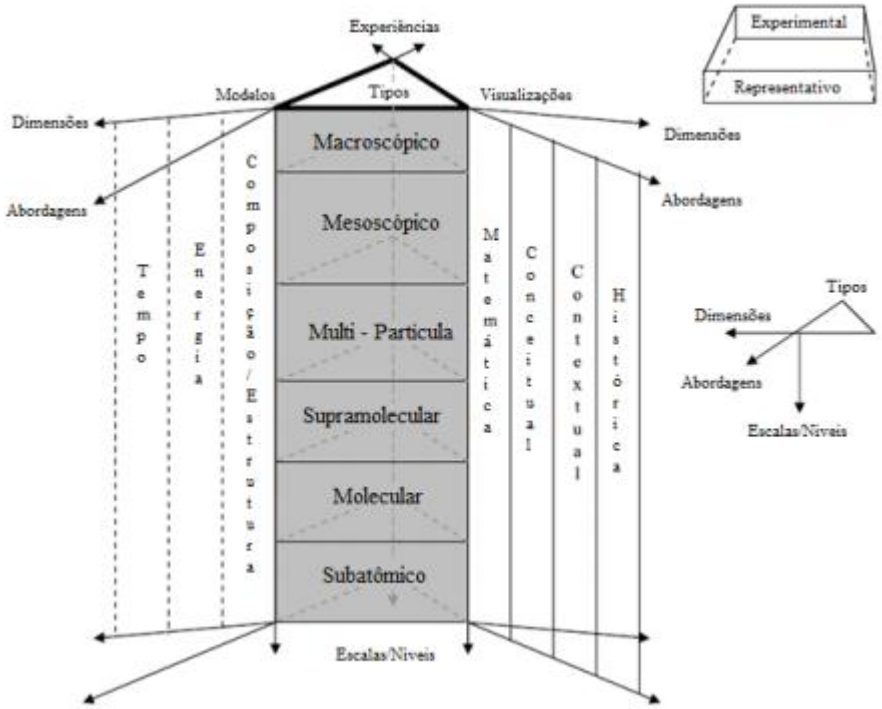

Figura 2: Espaço Químico, segundo de Talanquer (2011), reprodução.

Como citado anteriormente, o nível submicroscópico e representacional são de difícil entendimento para muitos alunos (CHITTLEBOUROUGH; TREAGUST, 2008), pois, as representações concretas são mais acessíveis do que representações abstratas (HERGA, 2016). Dessa forma, se faz necessário trabalhar/desenvolver a observação macroscópica, a interpretação microscópica e a expressão representacional, de modo a promover no aluno a construção de um conhecimento significativo e que ele entenda mais profundamente os conceitos trabalhados, não se restringindo a apenas a observação de fenômenos. (SILVA et al., 2010; POZO E CRESPO, 2009; GONÇALVES E GALIAZZI, 2004). Para isso, o uso de simulações pode possibilitar o desenvolvimento dos três níveis de representações e auxiliar o aluno na construção de um conhecimento significativo. Além disso, com o auxílio das simulações, os alunos podem comparar as suas ideias e previsões com o modo como o computador simula o resultado de uma determinada reação (PEREIRA, 1993).

Um dos grandes desafios educacionais é encontrar formas de auxiliar alunos de graduação em seus estudos de modo que os mesmos possam construir o conhecimento de forma integrada e desenvolver o senso crítico (SERRANO et. al, 2010). Além disso, outro fator bastante importante é que esses alunos consigam ter a facilidade de comparar

conteúdos aprendidos e aplicá-los em diferentes contextos (SERRANO et. al, 2010; TEICHERT et.al, 2016). Com essa perspectiva, o uso de ferramentas educacionais, como, por exemplo, as simulações, podem auxiliar o ensino tradicional e proporcionar ao aluno a possibilidade de integração dos conteúdos aprendidos com o que se pretende aprender em uma determinada disciplina.

1.2 Uso de ferramentas educacionais no ensino de química

Na área da Química existe uma extensa gama de possibilidades de exploração do uso da simulação, indo desde a representação de modelos físicos de átomos, moléculas e reações químicas, até sistemas ou eventos mais complexos como destilações, espectrofotometria, dentre outros. A simulação envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados que permitem a exploração de situações fictícias, demoradas ou inviáveis de serem realizadas na prática (PAIVA E MORAIS, 2006).

Nas aulas de Química a parte experimental é de extrema importância, pois é nesse momento que o aluno pode ter a oportunidade de perceber mudanças no nível macroscópico e entender determinados fenômenos além da possibilidade de desenvolver algumas habilidades procedimentais (HERGA, at.al, 2016). O trabalho prático muitas vezes é associado somente a atividades experimentais, contudo o uso de simulações em computadores pode ser de grande valia para auxiliar os alunos a se envolverem em aspectos mais criativos dessas atividades. Os alunos podem ter a oportunidade de propor e testar hipóteses, planejar a atividade experimental, repetir o experimento inúmeras vezes que forem necessárias, entre outros. Muitas vezes, a escassez de tempo e regentes ou até mesmo a segurança nas atividades experimentais são aspectos que fazem com que os professores limitem a participação mais ativa dos alunos. Dessa forma, o uso de simulações seria uma possibilidade complementar as atividades experimentais nas quais os alunos podem investir o tempo necessário para a manipulação de ideias abstratas com o intuito de construir a compreensão de fenômenos observados e realizar os experimentos quantas vezes forem necessárias sem a preocupação com custos ou até mesmo segurança (HODSON, 1988).

Geralmente as atividades de laboratório são orientadas por roteiros pré-determinados que servem de guia para a realização dos experimentos no qual os alunos devem seguir uma sequência, onde são norteados pelo docente ou o próprio texto e determinam o que e como fazer (FERREIRA, HARTWIG E OLIVEIRA, 2010). Esses

roteiros muitas vezes servem como facilitadores para que a aula não saia do seu contexto e também para que seja possível terminá-la dentro do horário previsto, porém dessa forma muitas vezes o aluno não consegue esclarecer todas as dúvidas pertinente ao experimento e muito menos repeti-las por falta de tempo ou mesmo pela quantidade de reagentes disponíveis ou limitados para aquela prática. Essas atividades com roteiros pré-estabelecidos e tempo limitado de realização, geralmente têm caráter de ilustração ou comprovação de uma teoria e não é visto como oportunidade de problematização, no qual podem ser trabalhados os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais visando também o desenvolvimento de habilidades e competências (ZANON; FREITAS, 2007).

A utilização de simulações em um computador poderia auxiliar as práticas laboratoriais, pois os alunos podem testar hipóteses, aprender com o próprio erro de modo a realizar o experimento e investigar de maneira mais completa, refletindo mais profundamente aspectos relacionados com aquela prática. Além disso, os experimentos propostos pelo professor, muitas vezes, se reduzem a um único caminho devido a aspectos mencionados anteriormente, e, fazendo uso de simulações, é possível que diferentes grupos de alunos desenvolvam diferentes procedimentos, enriquecendo dessa forma as discussões e a prática experimental em si (HODSON, 1988).

Outro aspecto a ser ressaltado é que alguns experimentos possuem conteúdos mais complexos ou necessitam de mais raciocínio e/ou questionamento e acaba tornando a prática automatizada, o que pode induzir à percepção deformada e empobrecida da atividade científica (FERREIRA, HARTWIG E OLIVEIRA, 2010). Sendo assim, essas atividades se tornam limitadas e não favorecem a construção significativa do conhecimento pelo aluno. Em outras palavras, a aquisição de conhecimento que permita ao aluno a compreensão da natureza da ciência, bem como o desenvolvimento de atitudes, acaba não sendo trabalhadas eficientemente. (ZANON E FREITAS, 2007; GONÇALVES E GALIAZZI, 2004).

Segundo Hackling e Garnett (1985) o uso do computador tem a grande importância em apoiar o ensino, uma vez que as capacidades gráficas podem ser utilizadas como representações simbólicas, demonstrando significados e processos dinâmicos ao longo do tempo. Particularmente, eventos que não podem ser observados por consequência de se tratar de materiais tóxicos, consumirem muito tempo ou serem financeiramente inviáveis, podem ser representados com riqueza de detalhes e de forma mais profunda utilizando-se simuladores de laboratórios. Dessa forma, os simuladores laboratoriais podem ser ferramentas para transpor a dificuldade de falta de material, de

tempo ou ainda por ser uma prática arriscada/perigosa e auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de conceitos teóricos levados a prática.

O *Vlab* é um Laboratório Virtual online (http://chemcollective.org/vlabs), gratuito, que foi desenvolvido pela Universidade Carnegie Mellon e apresenta uma biblioteca digital de atividades para o ensino de química com o objetivo de auxiliar os alunos na resolução de problemas e atividades encontradas na maioria dos livros didáticos. O simulador permite aos estudantes projetar e realizar as suas próprias experiências químicas como se estivessem em um laboratório real. A ideia não é substituir, e sim complementar, oferecendo a possibilidade de realizar repetições de diversos tipos de práticas laboratoriais com alto grau de fidelidade (YARON et al. 2010). O *Vlab* possui uma interface bastante amigável como pode ser observado nas figuras 2, 3 e 4.

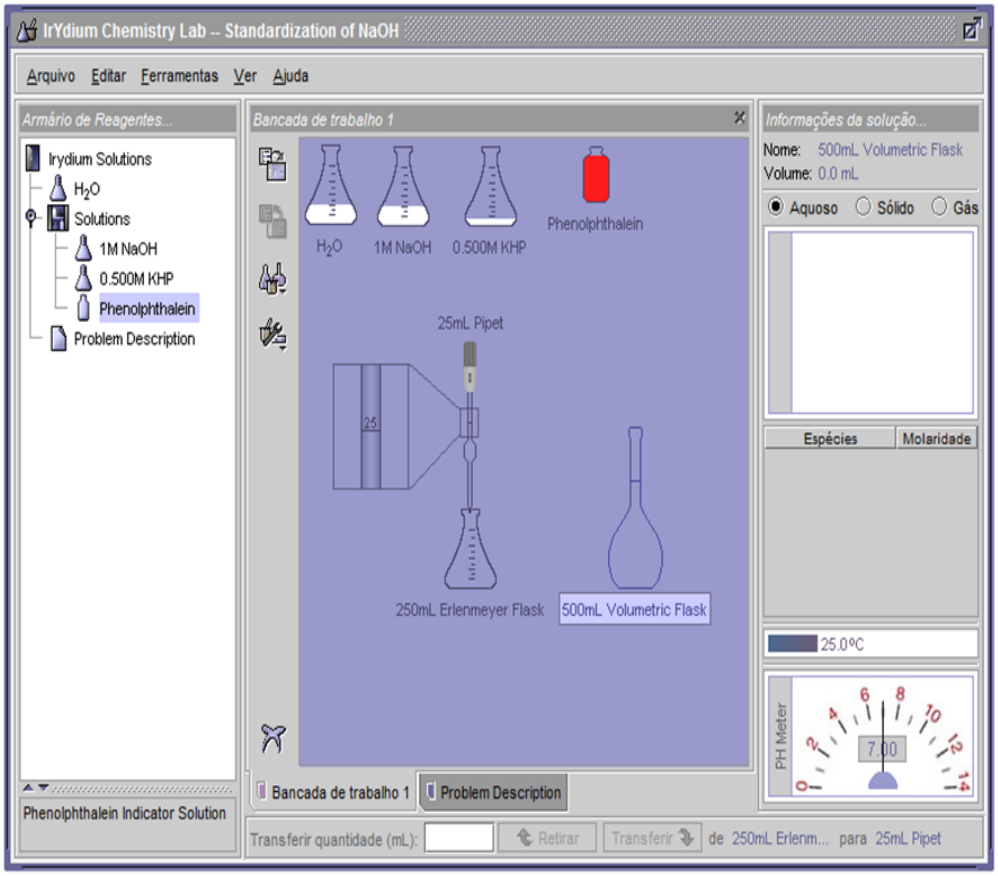

Figura 3: Interface do *Vlab*

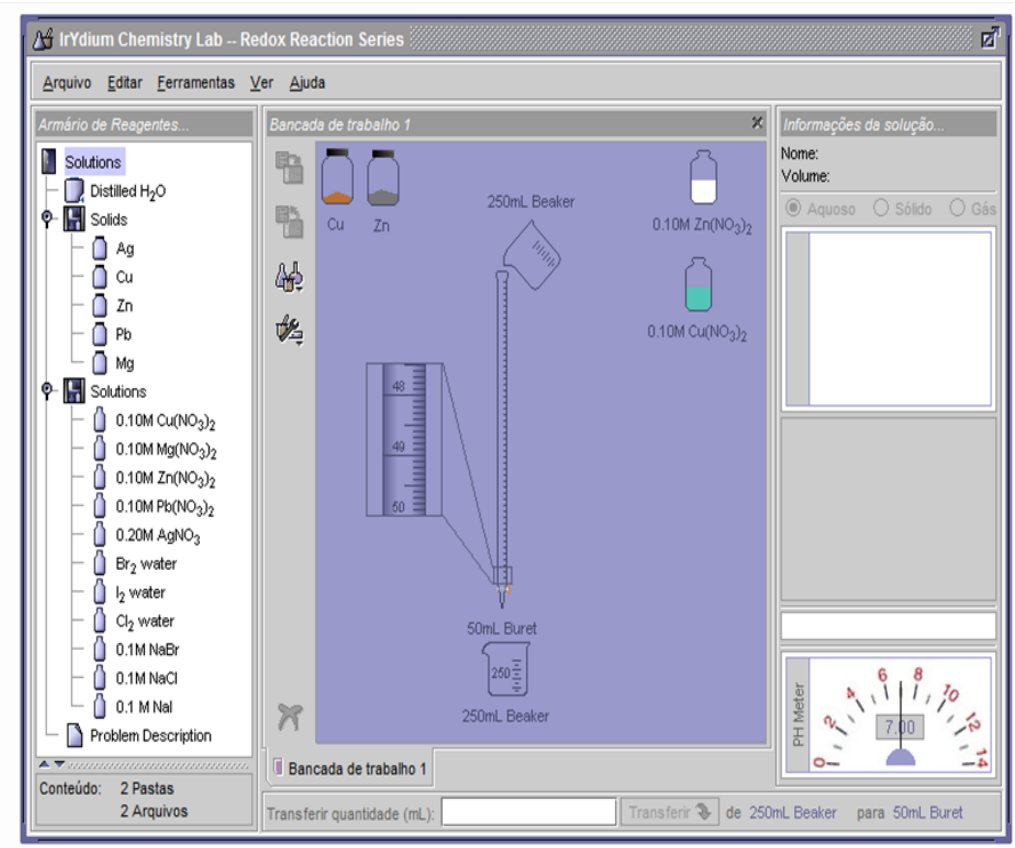

Figura 4: Interface do *Vlab*

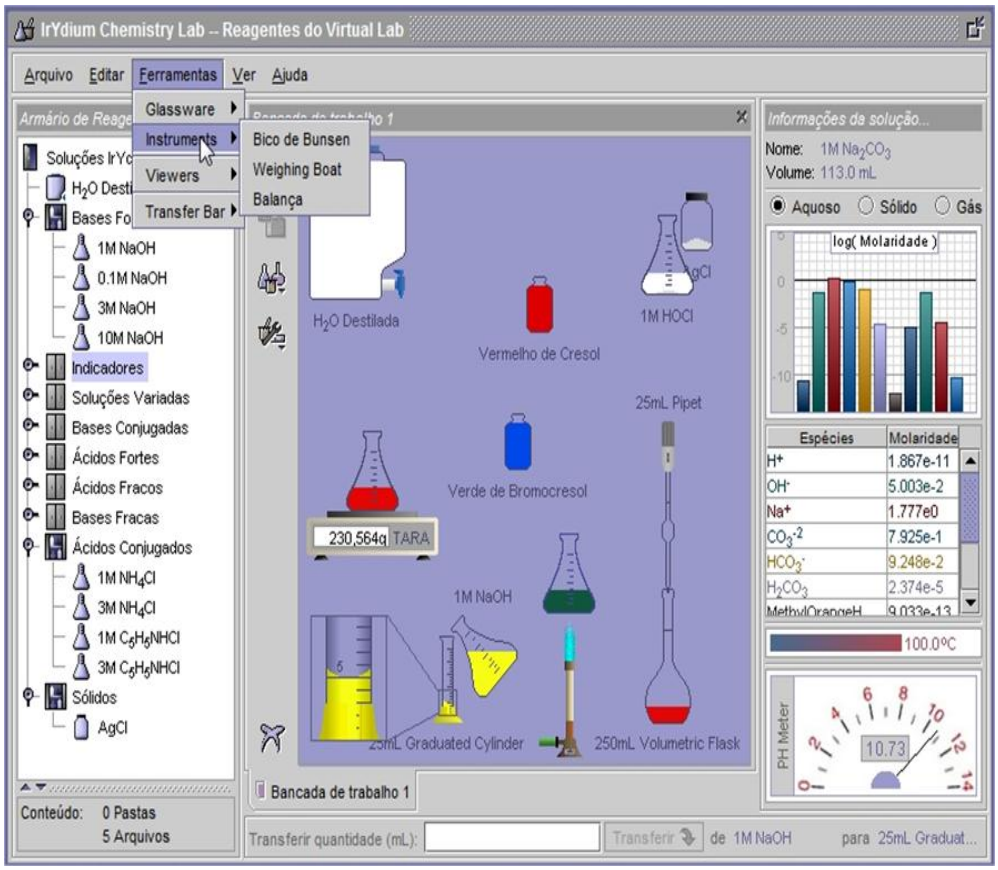

Figura 5: Interface do *Vlab*

O *Vlab* assim como outros simuladores pode ser utilizado como ferramentas para treinamento de procedimentos padrões e rotineiros exigidos de um profissional da área de química. A ausência de custos e a possibilidade de acessar o simulador a partir de qualquer computador possibilita usá-lo extensivamente como atividade complementar ao laboratório real. Os alunos podem ser progressivamente expostos a novas classes de problemas mais complexos, de maneira que utilizem no novo aprendizado os conhecimentos adquiridos anteriormente. É o chamado "Ciclo da Expertise" (BERETIER; SCARDAMALIA, 2003), no qual os conhecimentos são introduzidos progressivamente até o momento que o aluno se torna especialista em um determinado tema ou procedimento. É comum que no decorrer da disciplina, os estudantes com maiores dificuldades não encontrem oportunidades suficientes para consolidar seu aprendizado. Neste sentido, o simulador parece ser um instrumento útil para que o aluno individualmente busque aperfeiçoar seus conhecimentos.

Diante deste contexto, este projeto buscou verificar as atividades disponíveis em um simulador chamado *Vlab* e aplicar uma das atividades presentes no simulador com duas turmas de alunos de graduação da Universidade Federal do ABC na disciplina de Química Analítica Quantitativa, disciplina obrigatória para alunos do Bacharelado e da Licenciatura em Química. As técnicas de química analítica como a análise volumétrica são relevantes para o profissional de química, com isso, o seu entendimento dos diversos aspectos abordados na disciplina deve ser compreendido pelos alunos.

1.3 Química Analítica Quantitativa

Na análise volumétrica é medido o volume de um reagente no qual é utilizado para reagir completamente com um analito através de uma reação conhecida e, a partir desse volume e da estequiometria da reação é possível medir quanto analito existe na amostra. A titulação é um procedimento no qual pequenos volumes da solução reagente (titulante) são adicionados ao analito até que uma reação termine. O titulante é usualmente transferido de uma bureta e a cada adição de titulante deve ser consumida rápida e completamente pela reação com o analito até que acabe. As titulações comumente realizadas são as de ácido e base, oxidação-redução, formação de complexo e precipitação. Na titulação ácido-base, um dos métodos de determinação quando o analito foi consumido é a observação da mudança de cor de um indicador, que é um composto com propriedade física (normalmente a cor) que muda abruptamente quando ocorre a

mudança de pH indicando que a titulação está completa. A mudança será decorrente pelo desaparecimento do analito ou pelo aparecimento de um excesso de titulante. Então o ponto de equivalência será alcançado quando a quantidade de titulante adicionado é a quantidade exata que é necessária para uma reação estequiométrica com o analito (o titulado). O ponto de equivalência é o resultado ideal em uma titulação e o que realmente medido é o ponto final que é indicado pela mudança súbita em uma propriedade física na solução (HARRIS, 2008).

A diferença entre o ponto final e o ponto de equivalência é denominado erro de titulação. Na escolha de uma propriedade física apropriada, no qual uma mudança é facilmente observada como, por exemplo, cor do indicador, o ponto final será muito próximo ao ponto de equivalência. Com isso, é possível estimar um erro de titulação com uma titulação em branco, onde temos a execução do mesmo procedimento sem a presença do analito. Entre os erros de uma titulação temos o erro aleatório, que surge dos efeitos de variáveis não controladas (e talvez incontroláveis) na medição. Erro aleatório tem uma chance igual de ser positivo ou negativo, está sempre presente e não pode ser corrigido. Já a Precisão descreve a reprodutibilidade de um resultado, pois quando medimos uma quantidade várias vezes e os valores estão de acordo uns com os outros, podemos dizer que a medição é precisa. Se os valores variam muito, a medição não é precisa. Precisão descreve quão perto um valor medido é para o valor "verdadeiro" (HARRIS, 2008).

A validade de um resultado analítico depende do conhecimento da quantidade de um dos reagentes usados. Um padrão primário é um reagente que é suficientemente puro para ser pesado e utilizado diretamente para prover determinado número de mols. Para ser um padrão primário, o mesmo deve ter as seguintes características: não deverá se decompor quando estocado de modo normal e deverá ser estável quando seco por aquecimento ou por vácuo (HARRIS, 2008).

Em uma titulação direta o titulante é adicionado ao analito até que o ponto final seja observado. Já em uma titulação de retorno um excesso conhecido de um reagente-padrão é adicionado ao analito. Então, um segundo reagente-padrão é usado para titular o excesso do primeiro reagente.

Para a interpretação dos resultados de uma titulação direta as etapas importantes são: primeiro, a partir do volume de titulante, seja calculado o número de mols de titulante consumidos; segundo, a partir da estequiometria da reação de titulação, relacionar o número desconhecido de mols do analito ao número conhecido de mols de titulante (HARRIS, 2008).

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste projeto foi pesquisar os recursos e possibilidades de uso do simulador interativo *Vlab* enquanto ferramenta educacional de forma a verificar a sua possibilidade de contribuição no ensino de Química. Para tanto, foi realizada uma simulação com os alunos matriculados na disciplina de Química Analítica Clássica II (NHT4050-15) da Universidade Federal do ABC.

3. JUSTIFICATIVA

As atividades de laboratório, apesar de terem extrema importância, na maioria das vezes são orientadas por roteiros pré-determinados e os alunos durante a aula devem seguir uma sequência linear. Praticado dessa forma, muitas vezes não sobra muito tempo para o raciocínio e o questionamento e muito menos repetir um experimento que não deu certo, o que pode levar os alunos, muitas vezes, a saiam com dúvidas sobre o que foi feito e sobre os objetivos do experimento (FERREIRA, HARTWIG E OLIVEIRA, 2010).

O simulador *Vlab* vem contribuir nesse sentido, pois s alunos podem libertar-se da passividade e fazer os experimentos desde o planejamento até a discussão dos resultados quantas vezes forem necessárias, antes da aula prática como preparação ou depois da aula como revisão, complementação ou para sanar qualquer dúvida que ainda tenha restado.

Além disso, tratando-se de uma atividade investigativa, os alunos podem demonstrar prontamente o progresso, a autonomia e diversas habilidades desenvolvidas por meio das atividades com o simulador.

O simulador *Vlab* apresenta um alto grau de fidelidade nos diversos tipos de práticas laboratoriais, tais como: preparação de soluções; análises quantitativas e qualitativas; estequiometria; termoquímica e equilíbrio químico. Neste sentido, pode ajudar os alunos a aprimorar sua prática oferecendo *feedback* imediato, caso ele venha a cometer erros ou suprimir etapas em um experimento. Esse aspecto de aprender com o erro também é fundamental em termos educacionais, pois em um laboratório real há pouco espaço para o erro sem algum tipo de consequência indesejada. O simulador permite verificar e repetir inúmeras vezes um ponto de viragem, ajustar meniscos de uma bureta e comparar os resultados imediatamente.

Mesmo quando se trata de uma atividade experimental que envolve alto custo ou equipamentos sofisticados, essas práticas em laboratórios didáticos demandam tempo, espaço adequado, reagentes e vidrarias. O uso de ferramentas virtuais no ensino de química possibilita simular inúmeras repetições quanto forem necessárias. Agregadas à vivência em laboratório didático, consolida o ensinamento dos conceitos teóricos, podendo proporcionar outra experiência além da resolução de exercícios em sala de aula.

4. PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa aqui descrita foi realizada com os dados coletados de um experimento específico disponível no simulador *Vlab* que foi aplicado em duas turmas da disciplina de Química Analítica Clássica II (NHT4050-15) que é uma disciplina obrigatória para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Química. A coleta envolveu a análise didática do simulador *Vlab*, e também o preenchimento de questionário pelos alunos após a realização do experimento a fim de verificar a facilidade de utilização do mesmo, bem como a percepção dos alunos em relação ao simulador. Para o preenchimento do questionário, primeiramente os alunos realizaram uma atividade já proposta no *Vlab* intitulada *"Determine the Concentration of Acetic Acid in Vinegar"* que consiste na determinação da concentração de ácido acético no vinagre por volumetria, no qual o aluno tem a disposição uma amostra de concentração desconhecida, reagentes, vidrarias e o indicador ácido-base. O mesmo deve propor um procedimento de forma autônoma, escolher as vidrarias e reagentes para realizar a titulação. Após realizar a triplicata se assim desejar o aluno terá que realizar os cálculos e determinação a concentração de ácido acético na amostra desconhecida. Com o resultado em mãos o aluno pode verificar se a resposta encontrada está correta no simulador com o número correto de algarismos significativos, tendo a possibilidade de três tentativas antes de receber a resposta correta. O simulador gera constantemente amostras com concentrações diversas para cada aluno, ou seja, cada aluno encontrou um valor de concentração diferente. A escolha dessa atividade dentre todas as disponíveis foi devido aos alunos já terem estudado todo o conteúdo de volumetria ácido-base e realizado todas as práticas experimentais em um laboratório real. Então, os mesmos teriam condições de propor o experimento com autonomia bem como realizar os cálculos.

Esse simulador apresenta poucas atividades em Português, sendo que a maioria está disponível apenas em Inglês, Espanhol e Italiano. A atividade desenvolvida ocorreu no laboratório de informática da Universidade no horário regular de aula que foi cedida gentilmente pelos professores responsáveis pela disciplina. Após a realização do experimento, o questionário foi respondido por 43 alunos sendo 24 alunos do período matutino e 19 alunos do noturno.

Para a análise da atividade proposta no simulador *Vlab* foi realizado uma catalogação simplificada de todas as atividades encontradas no simulador *Vlab* usando como referencial o artigo proposto por Machková e Bílek (2013) que analisa diferentes tipos de simulações de diferentes países e idiomas com a temática titulação ácido-base, para verificar se o simulador estaria de acordo com o público bem como sua interface, disponibilidade de regentes, vidrarias, entre outros. Após a análise, a atividade foi aplicada em uma turma de alunos de graduação de forma a analisar mais profundamente a possibilidade de uso do mesmo como objeto de aprendizagem. Como se tratava do uso de atividades para aprendizagem de determinado conteúdo específico, neste caso a titulação, buscou-se analisar as atividades seguindo os critérios propostos pelos autores Machková e Bílek (2013). Os critérios adotados foram: "Clareza da Simulação" onde são analisadas informações gráficas, como por exemplo, materiais, mudanças de coloração, indicadores ácido-base, curva de titulação, ponto de equivalência, equação química da reação, animação em nível molecular; "Elementos de Controle da atividade cognitiva do aprendiz" onde é analisada a resolução de tarefas propostas pelo simulador, antes ou depois da realização da atividade. E, por último o critério "Interatividade da Simulação" onde pode ser verificado a disponibilidade de materiais, ou como os materiais e vidrarias podem ser utilizados, como por exemplo, as maneiras como a titulação pode ser realizada ou como soluções podem ser incluídas na bancada.

Analisando o simulador *Vlab*, pudemos observar a grande diversidade de atividades em diferentes áreas da Química que ele apresenta, pois estão disponíveis os seguintes conteúdos: Estequiometria, Termoquímica, Cinética, Equilíbrio, Ácido-Base, Solubilidade, Oxidação/Redução, Química Analítica e Técnicas de soluções, Propriedades das Soluções e Físico-Química. E em cada um desses conteúdos ainda é possível selecionar o tipo de atividade, podendo ser: Laboratórios Virtuais: O Laboratório Virtual é uma simulação online de um laboratório de química. Ele é projetado para ajudar os alunos a vincularem cálculos químicos a uma autêntica química de laboratório. O

laboratório permite que os alunos selecionem centenas de reagentes padrão (aquosos) e os manipulem de maneira semelhante a um laboratório real; Problemas com respostas: Atividades classificadas automaticamente fornecem soluções desconhecidas geradas aleatoriamente. Os formulários da web classificam as respostas dos alunos a perguntas automaticamente e fornece feedback para erros comuns de alunos; Tutoriais: Os tutoriais ChemCollective conduzem os alunos através da resolução de problemas de química, filmes, textos e tutores interativos. Como as dicas dadas por esses tutores fornecem a solução para o problema, elas são semelhantes aos exemplos trabalhados em um livro didático. Atualmente, o site tem tutoriais cobrindo conceitos em estequiometria, solução tampão e equilíbrio; Atividades baseadas em cenários: São atividades baseadas em cenários que desafiam os alunos a aplicar o conhecimento de química em situações reais e baseadas em jogos. Essas atividades destacam a utilidade dos conceitos de química; Cursos Onlines: Desenvolvido com a Iniciativa de Aprendizagem Aberta da Universidade Carnegie Mellon, nesses módulos de cursos on-line fornecem instruções on-line abrangentes. Os cursos incorporam vídeos, atividades de laboratório virtual, prática de tutores e materiais de avaliação. Os cursos também permitem que os instrutores acompanhem o progresso dos alunos; Visualizações a nível Molecular: Esses módulos, construídos em torno de simulações em nível de partículas de sistemas químicos, ajudam os alunos a desenhar conexões entre disciplinas como química, biologia e ciência dos materiais. Seu escopo é a ciência molecular. A ciência molecular inclui o estudo de como a estrutura molecular e o movimento levam a propriedades macroscópicas emergentes e a síntese / engenharia de estruturas com propriedades desejáveis; Simulações: Essas simulações interativas ajudam a visualizar conceitos e fenômenos químicos difíceis. Os professores podem usá-los como demonstrações em palestras ou suplementos para trabalhos de casa. Os alunos também podem usar as ferramentas para testar e melhorar seu próprio entendimento; e Testes Conceituais: São testes conceituais que usam perguntas qualitativas de múltipla escolha para avaliar a compreensão dos principais conceitos químicos.

Também foi aplicado um questionário aos alunos após a realização da atividade proposta aos alunos realizada no simulador. Esse questionário continha questões abertas. A partir das respostas dos alunos foram construídas categorias. Para a análise dos dados coletados dos questionários aplicados aos alunos, primeiramente foi realizado a análise dos questionários seguindo as etapas possíveis para a pesquisa qualitativa apresentada por Marshall e Rossman (2006). Na análise dos questionários foi realizada de modo a

verificar a concepção dos alunos com relação à utilização do simulador *Vlab*. Nessa etapa de imersão houve também a construção de categorias segundo as respostas encontradas nos questionários. E, após a imersão e criação de categorias foi realizada a codificação. No processo de codificação dos questionários foi realizada a análise dos mesmos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Didática do Simulador Vlab

Para a análise didática mais detalhada das atividades propostas, baseado nos critérios dos autores Machková e Bílek (2013), foi escolhido uma atividade específica dentre todas as atividades disponíveis no simulador, que foi a mesma aplicada aos alunos. Para o critério "Clareza da Simulação" foram adotadas subcategorias e verificado se as mesmas podem ser encontradas no simulador. As categorias encontram-se descritas na Tabela 1:

Tabela 1: Clareza na simulação analisada.

Critério de análise didática	SIM	NÃO
Materiais para Titulação	X	
Indicador	X	
Curva de Titulação		X
Equação Química		X
Animações para equação química		X
Cálculos	X	

Fonte: Autor próprio baseado nos critérios propostos pelos autores Machková e Bílek (2013).

Os materiais para a titulação estão no simulador de forma interativa, no qual o usuário pode escolher os mesmos e colocá-los na "bancada". O único material que não é encontrado é o suporte universal. O simulador não mostra uma curva de titulação de acordo com a adição da base forte. No simulador há a disponibilidade de escolher o indicador dependendo do idioma escolhido para realizar a atividade, como por exemplo, na versão em espanhol há diferentes indicadores e soluções padrões com concentrações diferentes, o que permite ao aluno realmente aplicar o que foi visto teoricamente e que se

aproxima mais de situações reais. Já na versão em inglês, só há disponibilidade de um indicador e de uma solução padrão com determinada concentração. Além disso, no decorrer da titulação há a mudança de cor da solução para róseo claro para uma coloração mais forte, verificando que passou o ponto de viragem, bem semelhante ao realizado pelos alunos em um laboratório real. Para cada solução pode ser encontradas informações da mesma, como pH, temperatura, volume, entre outros. As equações químicas não estão disponíveis nessa simulação específica. O usuário pode realizar quantas vezes necessárias a atividade, cada vez que a janela é atualizada, uma nova amostra desconhecida com concentração diferente é gerada. Ou seja, em uma sala de aula, cada aluno pode quantificar uma amostra diferente. E, também há a possibilidade de colocar no simulador o valor que o usuário encontrou, para verificar se o mesmo obteve a resposta correta.

Para a análise da categoria "Processo de Controle da Atividade Cognitiva do Aprendiz" foram utilizadas as categorias descritas na Tabela 2:

Tabela 2: Elementos de Controle da atividade cognitiva do aprendiz

Critério de Análise Didática	Sim	Não
Descrição da tarefa antes da realização da Atividade	X	
Questões Testes para realizar depois do experimento		X
Comentários gerados após a realização das atividades	X	
Avaliação dos Resultados	X	
Possibilidade de Repetição da Tarefa	X	

Fonte: Autor próprio baseado nos critérios propostos pelos autores Machková e Bílek (2013).

No simulador é possível encontrar uma descrição da tarefa que será realizada e a resposta encontrada pode ser verificada no mesmo, como já mencionado anteriormente. Se a resposta não estiver de acordo com o esperado, o fato só é informado no simulador, não são fornecidas explicações adicionais, de como o cálculo é realizado. Além disso, não há questões testes disponíveis para serem respondidas depois que a tarefa foi realizada.

Na categoria 3 "Interatividade da simulação analisada" os itens analisados nas subcategorias encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Interatividade da simulação analisada

Critério de Análise Didática	Sim	Não
Modelo Interativo de materiais para a realização da titulação	X	
Escolha de soluções padrão	X	
Escolha da concentração de soluções padrão	X	
Indicador Ácido-Base	X	
Realização Interativa da Titulação	X	

Fonte: Autor próprio baseado nos critérios propostos pelos autores Machková e Bílek (2013).

Verificou-se a disponibilidade no simulador de reagentes e vidrarias de forma interativa para a realização da titulação. Não há o suporte universal, não sendo possível montar o aparato para a titulação. No entanto, é possível controlar o volume adicionado, na opção realística, bem como acertar o menisco. O usuário pode influenciar o volume que está sendo despejado da bureta com a opção realística, ou pode inserir um volume específico que deseja que seja colocado. O usuário também pode escolher a solução padrão.

Do ponto de vista da Clareza da Simulação a análise baseou-se nas aplicações e foi identificado que a simulação apresentou o processo de titulação pelo experimento virtual, mas não mostrou as curvas de titulação e equação. Os resultados baseados na análise didática do simulador mostraram que a atividade dispunha das vidrarias e reagentes nos quais o aluno poderia escolhê-los e colocá-los na “bancada” do simulador de maneira interativa. Apesar do simulador não demonstrar os cálculos, animações no nível microscópico e equações químicas, ele apresenta outros fatores que contribuem para o aprendizado da temática. Mas cabe lembrar, que esses aspectos podem ser considerados importantes, pois os estudantes geralmente apresentam dificuldades no entendimento do nível microscópico, ou seja, em nível de partículas, por estar fora do escopo das suas experiências (HERGA et.al, 2016). Os alunos de um curso de química e futuros profissionais da área devem saber transitar facilmente entre os três níveis representacionais (JHONSTONE, 1993; CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2008). Contudo, muitos alunos que estão aprendendo química não demostram essa facilidade necessária. Um estudo feito por Chittleborough e Treagust (2008) aponta as dificuldades para transitar entre esses três níveis. Na pesquisa os autores coletaram dados com 17 alunos universitários de química, no qual objetivou-se o estudo do entendimento dos

alunos sobre uma variedade de diagramas químicos dos equipamentos que seriam utilizados nas experiencias no laboratório. Apesar de todos os alunos considerarem muito útil os diagramas dos experimentos, quando se verificava o entendimento do funcionamento dos aparelhos, os estudantes variavam e muitos deles não conseguiam explicar o que estava sendo estudado nos três níveis representacionais (CHITTLEBOROUGH, TREAGUST, 2008).

Ainda nesse sentido, os gráficos, por exemplo, podem ser considerados a ilustração de um dado fenômeno encontrado experimentalmente, e também são importantes de serem trabalhados. Contudo, para o entendimento da relação dos fenômenos com a ilustração gráfica depende de operações mentais que, muitas vezes, o aluno também tem dificuldade. Com isso, uma utilização coerente de simuladores que trabalham nessas atividades pode auxiliar o processo de entendimento do processo de titulação e a curva de titulação. Portanto, ressalta-se a necessidade de se trabalhar a observação macroscópica, a interpretação microscópica e a expressão representacional, de modo a promover no aluno a construção de um conhecimento significativo e que ele entenda mais profundamente os conceitos que foram trabalhados pelo professor. (SILVA et al., 2010; POZO E CRESPO, 2009; GONÇALVES E GALIAZZI, 2004).

Vale a pena ressaltar, que apesar de nessa atividade específica não estarem disponíveis esses outros aspectos (microscópico e representacional), o professor pode combinar outras atividades também disponíveis no simulador em outras categorias como, por exemplo, em “Testes Conceituais” onde podem ser encontrados testes sobre esse mesmo conteúdo, e no item “Visualizações a nível Microscópico” no qual se encontram simulações a nível microscópico.

Sob a perspectiva da categoria “Processo de Controle da Atividade Cognitiva do Aprendiz” o simulador pode ser considerado metodologicamente avançado, pois os materiais e vidrarias que simulam o experimento são bem elaborados, no qual há mudança de cor durante a titulação, é possível acertar o menisco, como o controle da vazão da bureta pode ser realizado de maneira realística.

5.2 Análise e aplicação da atividade proposta

Juntamente com a análise da atividade disponível no simulador, foi realizada a análise do questionário aplicado aos alunos visando verificar a aceitação por parte dos alunos para esse tipo de ferramenta, bem como possíveis dificuldades na realização da

tarefa. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do ABC (Parecer: 2.571.866). Para a primeira questão sobre dificuldades para a utilização do simulador *Vlab* e as respostas encontradas estão descritas na figura 6:

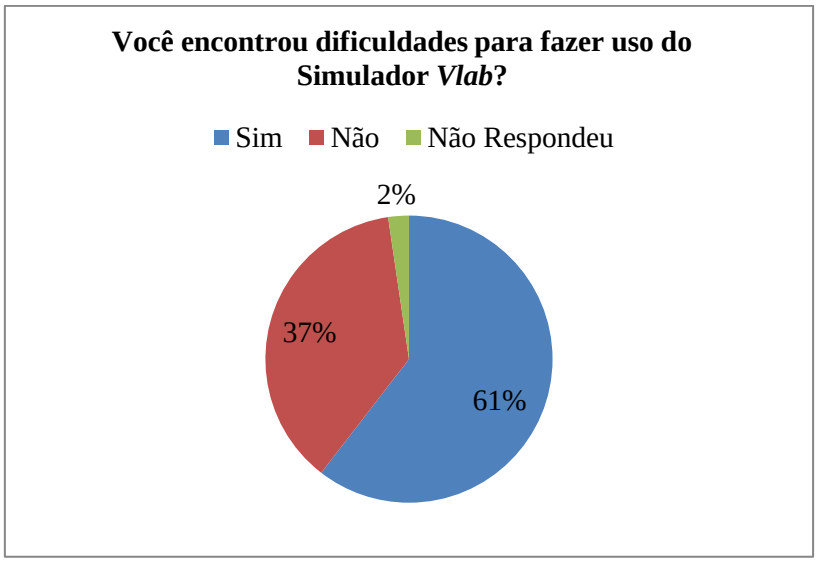

Figura 6: Dificuldades de utilização do simulador *Vlab*

Como pode ser verificado no gráfico 1, 61% dos alunos apresentaram dificuldades para fazer uso do *Vlab* e a principal justificativa está relacionada ao manuseio das vidrarias, isto é, dificuldade de arrastar e soltar, ajustar e transferir os volumes fazendo uso do *mouse*. As justificativas apresentadas pelos alunos relacionadas com as dificuldades encontradas para a utilização do *Vlab* estão descritas no gráfico abaixo:

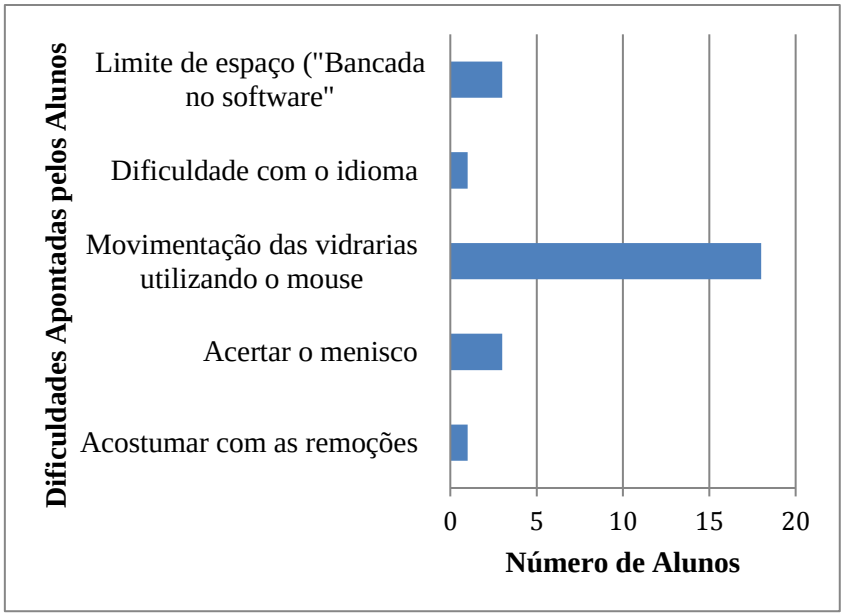

Figura 7: Tipos de dificuldades encontradas na utilização do *Vlab*

As categorias mais citadas relacionam-se com a não familiaridade com o simulador, pois foi a primeira vez utilizado por todos os alunos. Foi possível observar na aplicação da atividade que após algumas tentativas e erros os alunos conseguiam realizar o experimento virtual com mais facilidade. Além disso, acertar o menisco e outras dificuldades procedimentais são encontradas no laboratório real. Mesmo com as dificuldades encontradas a maioria dos alunos pretendem buscar outras ferramentas virtuais, conforme o Figura 8 abaixo:

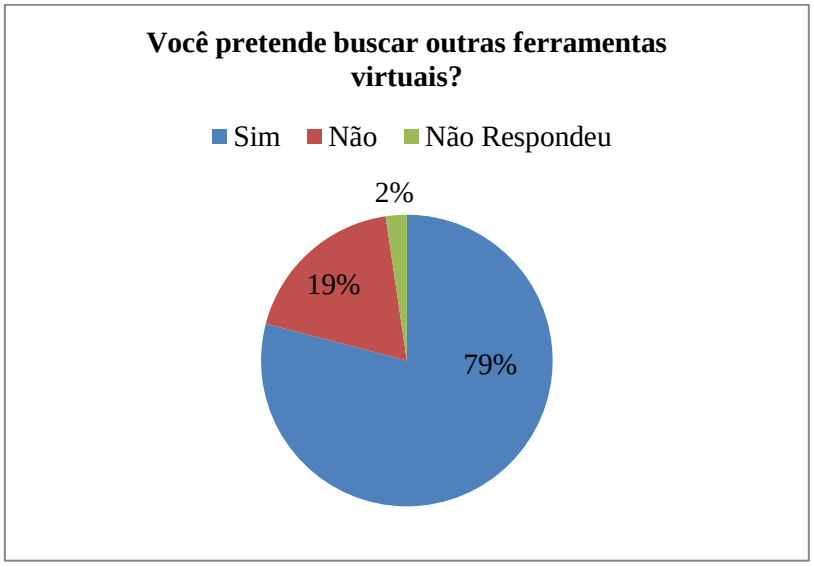

Figura 8: Utilização de outras ferramentas virtuais

Outra pergunta feita foi em relação a utilização do *Vlab* como atividade complementar no entendimento da temática titulação e como pode ser observado no Figura 9, onde aponta que 89% dos alunos acharam que o simulador contribuiu para o entendimento da temática titulação. Os resultados encontram-se dispostos no gráfico abaixo:

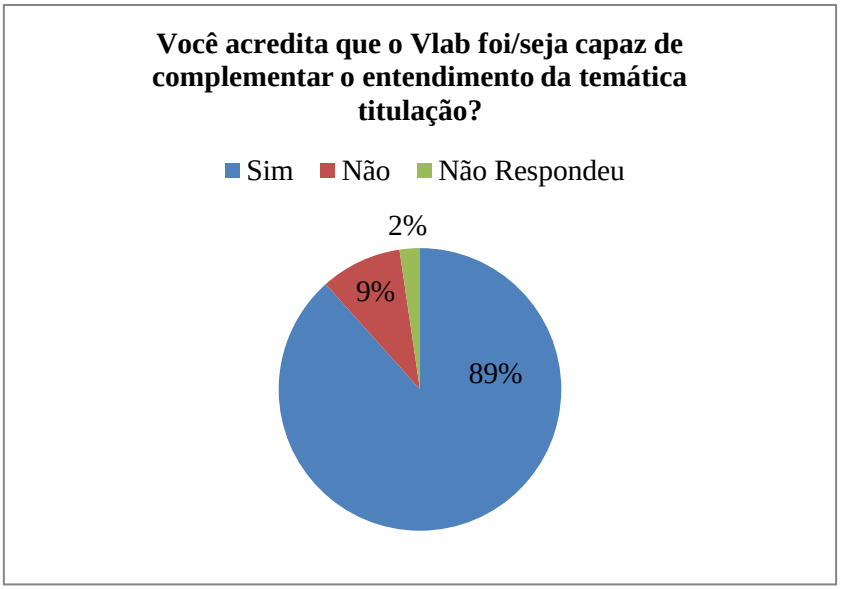

Figura 9: Utilização do *Vlab* para compreensão de conceitos da temática Titulação

Os dados coletados e os itens apontados pelos alunos encontram-se descritos no Figura 10:

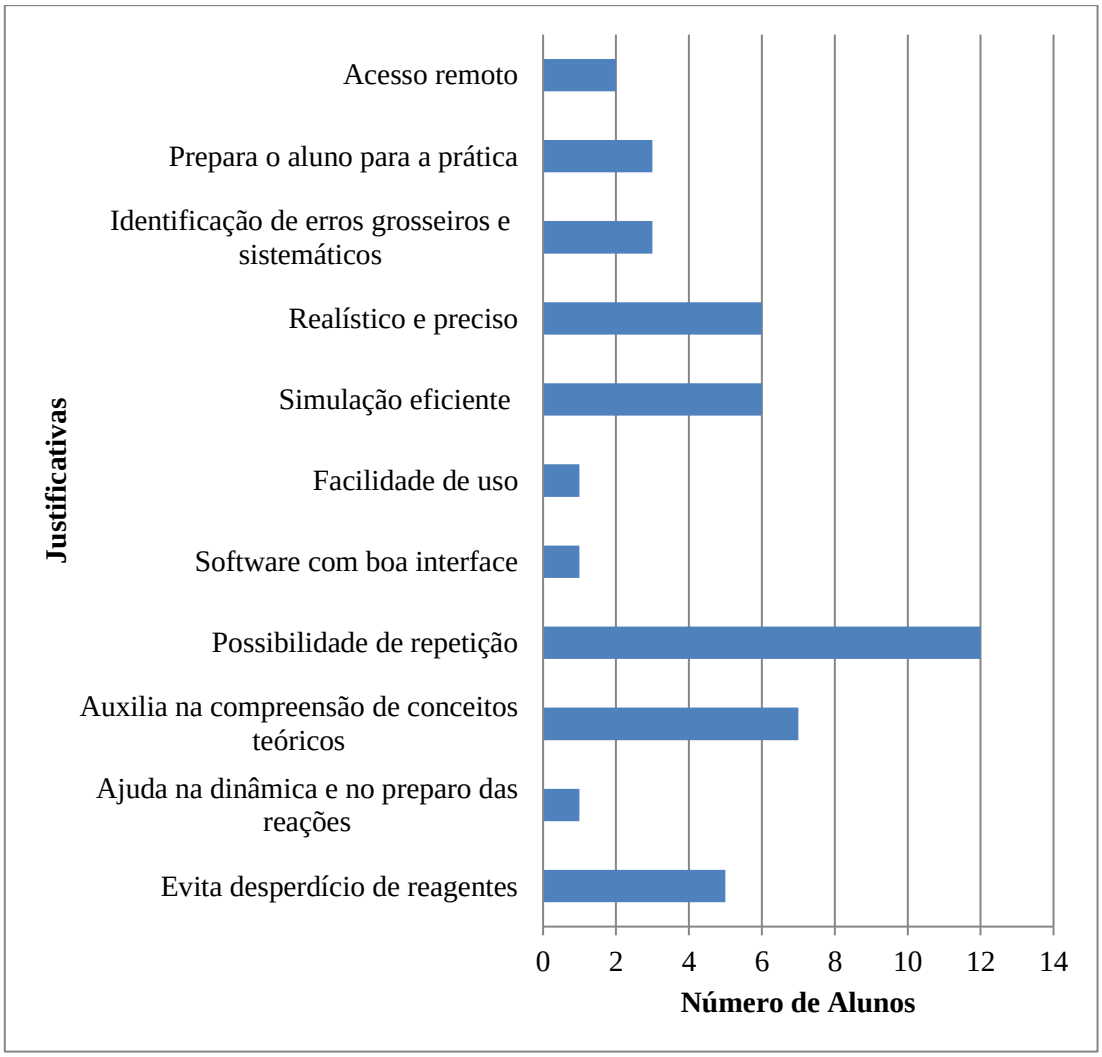

Figura 10: Justificativas de utilização do *Vlab* para complementação das aulas práticas

Ainda na mesma questão, foi pedido para que os alunos justificassem como o *Vlab* poderia complementar o entendimento de determinado conteúdo e a categoria mais citada foi a "Possibilidade de Repetição" que nos leva a repensar na questão de falta de tempo para repetições e discussões durante a aula pratica, mostrando dessa forma a valorização dessa possibilidade através do uso do simulador. Como já citado anteriormente, muitas vezes, as práticas de laboratório são guiadas por roteiros, que são utilizados para manter a aula dentro do proposto, o que inviabiliza a repetição caso ocorra algum imprevisto, ainda que haja reagentes disponíveis (FERREIRA, HARTWIG E OLIVEIRA, 2010).

Outras categorias que também bastante citadas pelos alunos foram: "Auxilia na compreensão de conceitos teóricos" e "Prepara o aluno para a prática", mostrando dessa forma, que o uso do simulador teve seu objetivo cumprido de auxiliar a compreensão de conceitos teóricos e que também podem auxiliar no preparo e entendimento das atividades práticas no laboratório. Com base nesses dados, cabe salientar que o objetivo do uso de simuladores virtuais não é substituir as atividades em laboratórios reais, mas sim ser utilizado como ferramentas complementares às atividades laboratoriais, nas quais realizadas em conjunto podem familiarizar o aluno com o mesmo conceito, mas em diferentes ambientes e favorecer assim o processo de ensino aprendizagem (BELL E SMETANA, 2008). Além disso, um estudo realizado por Hsu e Tomas (2002) indicou que atividades de simulações utilizadas isoladamente são ineficazes.

Outra categoria apontada pelos alunos, o "Evita o desperdício de reagentes" demonstra que também para o aluno esses aspectos são considerados importantes. Dessa forma, a utilização de simuladores pode ser considerada uma ferramenta que permite a repetição exaustiva em qualquer lugar que tenha um computador e com a vantagem de não ter custos de reagentes e local apropriado. Além disso, o aluno pode realizar a simulação antes mesmo da realização das práticas no laboratório e assim estar muito mais preparado para adquirir o conhecimento.

Nessa perspectiva uma aluna descreveu esse aspecto que pode ser observado no seguinte excerto: *" ...Utilizar o Vlab antes de ir para o laboratório seria incrível. Já que teríamos a noção do que encontrar. O software mostrou a temperatura dos reagentes, o que levou a pensar na importância, uma vez que pka é uma constante termodinâmica."*

Como pode ser observado, a aluna ressaltou que além dos aspectos práticos e procedimentais, a utilização do simulador auxiliou a entender ou ressaltar outros aspectos vistos nas aulas teóricas, que a mesma não havia levado em consideração anteriormente.

Com isso, aulas experimentais nas quais os alunos tenham mais liberdade criativa com a resolução de um problema, auxiliam no raciocínio e na construção do conhecimento pelo aluno. Essas atividades manipulativas permitem o aprendizado de conceitos e o papel do professor é auxiliar o aluno a tomar consciência dos passos seguidos na resolução do problema proposto. O erro nesse processo quando trabalhado e superado pelo aluno, ensina mais, pois o aluno seguiu o seu próprio raciocínio e não o do professor (CARVALHO, 2013).

A última pergunta do questionário foi a respeito da possibilidade da utilização desses recursos virtuais dentro das disciplinas da graduação. E a grande maioria, como mostrado no Figura 6, 79% afirmou ter interesse, pois auxiliam a compreensão de tópicos que não são abordados no laboratório na maioria das vezes por falta de tempo e da não possibilidade de repetição, os resultados podem ser observados na figura 11.

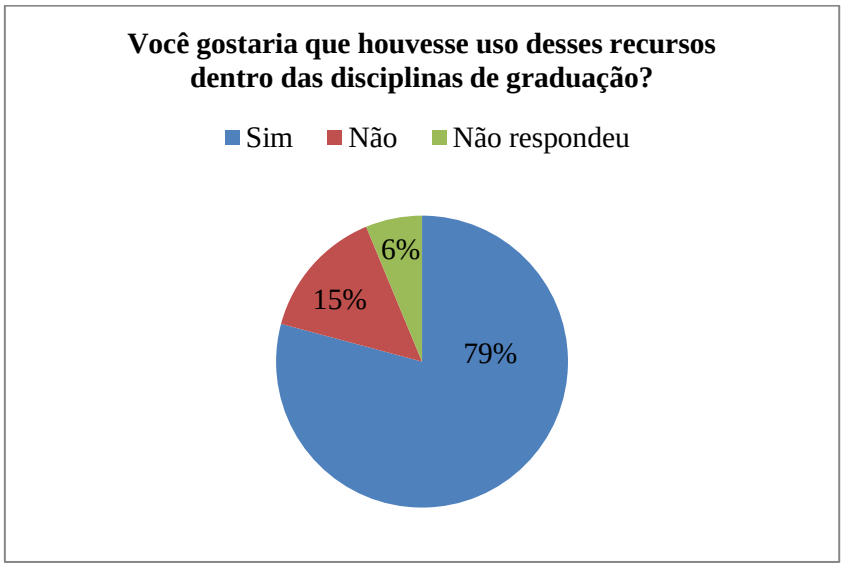

Figura 11: Utilização de objetos de aprendizagem nas aulas de Química

Outra justificativa relevante foi que muitos alunos apontaram que a ferramenta virtual é capaz de auxiliar a aprendizagem, conforme a figura 12, apontado dessa forma que realmente o *Vlab* pode ser uma ferramenta auxiliar no ensino de Química.

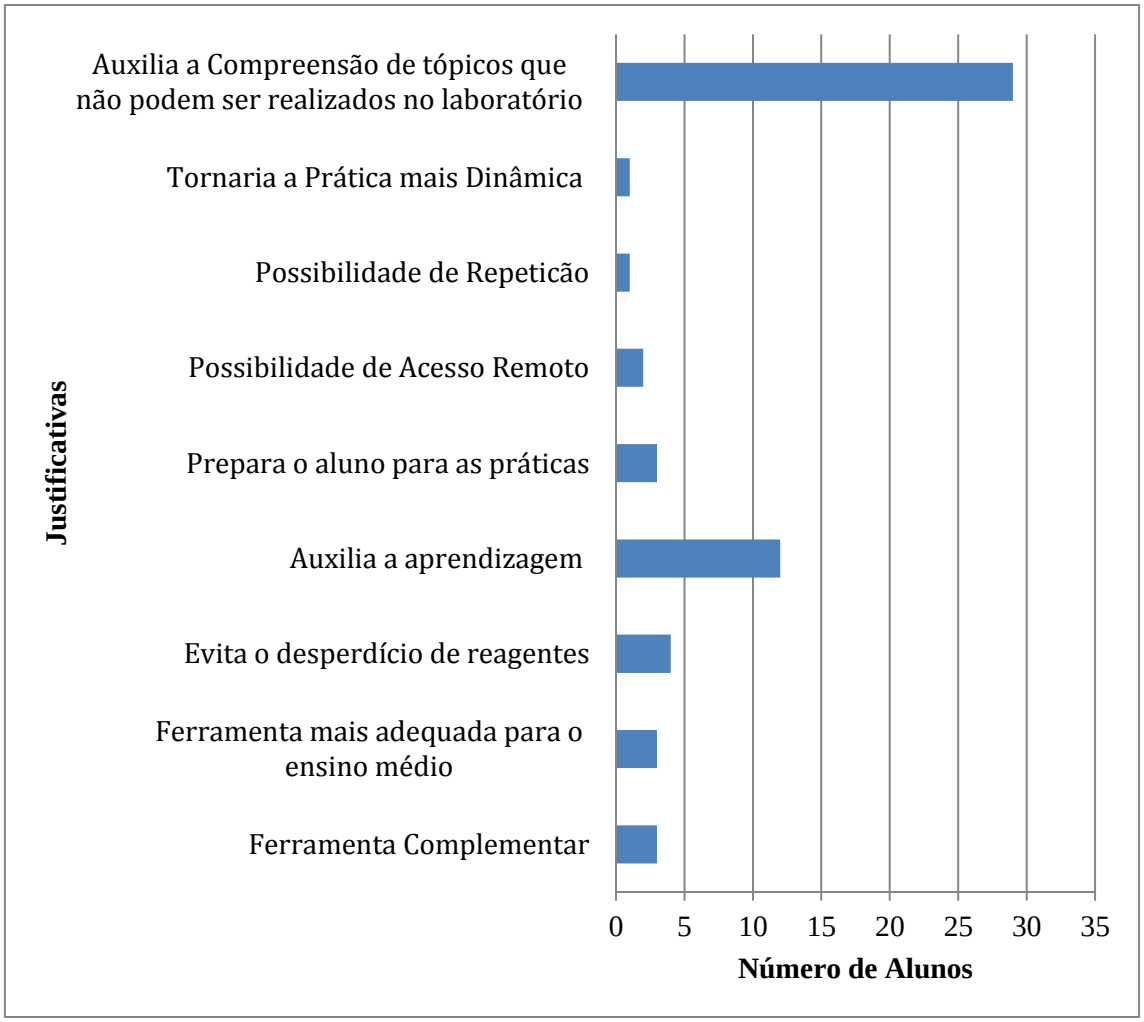

Figura 12: Justificativas apresentadas pelos alunos sobre a utilização de outros recursos no ensino de química

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, a pesquisa permitiu concluir que ferramentas virtuais, em específico as simulações, são capazes de favorecer o processo de ensino aprendizagem e trazem um ganho ao aluno, pois permitem aos estudantes planejar e realizar reações químicas como se estivessem em um laboratório real. Os simuladores virtuais complementam as atividades realizadas em laboratórios permitindo uma atuação mais independente do aluno. Vale ressaltar que a possibilidade de repetições sem gasto de reagentes, acesso remoto e trabalho mais independente foram os aspectos mais importantes demonstrados e que podem auxiliar o aluno na compreensão dos conteúdos de química. No entanto, é preciso ressaltar que o simulador não tem o objetivo de

substituir as atividades reais em laboratório, mas preparar melhor o aluno e ampliar o número de atividades práticas virtuais.

Apesar da atividade proposta não contemplar a visualização microscópica e demonstrações de equações químicas, o próprio *Vlab* possui essas atividades em categorias diferentes, dessa forma sendo possível a sua complementação. Uma alternativa é o professor utilizar ou orientar alunos a utilizarem os laboratórios virtuais disponíveis no *Vlab* conjuntamente com outras atividades também disponíveis no mesmo. Muitos alunos ressaltaram que o *Vlab* tem uma boa qualidade e que a dificuldade de manuseio pode ser sanada com o uso e a familiarização da ferramenta. Através da análise didática do simulador foi possível verificar que o mesmo é ideal para a utilização para alunos da graduação por possuir boa interface, permitindo o aluno ter autonomia na realização de tarefas ou até mesmo proposição de novas atividades. Com isso, seguindo os critérios propostos pelos autores Machková e Bílek (2013) o simulador atende muitos aspectos das categorias podendo ser uma boa ferramenta auxiliar no ensino de química.

Com essa pesquisa, pode ser observado que 61% dos alunos apresentaram dificuldades para fazer uso do *Vlab*. Contudo, mesmo com as dificuldades inicias de uso do simulador, os alunos participantes apontaram que a ferramenta á capaz de auxiliar na compreensão de conceitos teóricos e preparar os alunos para a aula prática. Além disso, ressaltaram a possibilidade de repetição sem desperdício de reagentes, o que nos leva a refletir sobre os benefícios que podem ser agregados no desenvolvimento do raciocínio e na construção do próprio conhecimento com o uso de simuladores. Além disso, 89% dos alunos acharam que o simulador contribuiu para o entendimento da temática titulação e 79% dos alunos pretendem buscar outras ferramentas virtuais. E, por fim 79% dos alunos também afirmaram ter interesse de utilização dessas ferramentas virtuais em outras disciplinas, pois as mesmas auxiliam a compreensão de tópicos que não são abordados no laboratório na maioria das vezes por falta de tempo e da não possibilidade de repetição.

As simulações disponíveis na internet possuem diferentes níveis de qualidade e são desenvolvidos para determinado público e nível educacional. Com isso, é necessário antes da sua utilização que haja uma avaliação didática se determinado simulador corresponde ao nível cognitivo para aquele determinado público que será aplicado, e, também, se determinada atividade está de acordo com que os alunos estão realizando no curso. É um processo, que é naturalmente realizado pelo professor na escolha de um livro texto, artigos que serão trabalhados ou mesmo uma figura para exemplificar um exemplo em um slide de aula. Então, o que deve ser considerado é se a simulação ajudará como

complemento no atingimento dos objetivos de aprendizagem propostos para aquela aula. Assim esse objeto será utilizado de forma crítica para que seu uso seja realizado de maneira a tornar significativa a aprendizagem do aluno promovendo assim auxilio na compreensão dos conteúdos por parte daquele aluno. Com isso, teremos o desenvolvimento de habilidades e competências, levando a construção por parte do aluno de um conhecimento significativo não se restringindo apenas a observação de fenômenos.

Finalmente, em termos de contribuição para a área em que se insere esta pesquisa, entendemos que a discussão dos resultados obtidos pode servir não só como exemplos de ações viáveis para outras pesquisas e iniciativas na área, mas também apresenta algumas evidências dos benefícios dos conteúdos digitais para o processo de ensino-aprendizagem. Outro aspecto a ser ressaltado é a contribuição do uso dessas ferramentas para a formação dos alunos como a utilização de recursos tecnológicos como forma de estudo independente. Além disso, o *Vlab* neste projeto foi utilizado como ferramenta auxiliar no ensino de química, mas pode ser perfeitamente utilizado para projetar uma rotina laboratorial e elaborar um Procedimento Operacional Padrão como também para testar diferentes experimentos sem preocupação com o tempo e desperdício de reagentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-BALUSHI, S. **'The Effect of Different Textual Narrations on Students' Explanations at the Submicroscopic Level in Chemistry'**, Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology Education, vol. 9, no. 1, pp. 3-10, 2013.

BEREITER, C.; SCARDAMALIA, M. **Surpassing ourselves: an inquiry into the nature and implications of expertise**. Chicago: Open Court, 1993.

BELL, R.; SMETANA, K. L. **Using Computer Simulations to Enhance Science Teaching and Learning**. In BELL, R.D., NEWSOME, J. D.; LUFT, J. (Org). **Technology in the secondary science classroom** Scitech Book News, vol. 32, no. 1, p. 23-32. ISBN-13: 978-1933531274.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências por investigação e a proposição de sequências de ensino investigativas. In. CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula,** p. 1-20, São Paulo. Cengage Learning, 2013.

CHITTLEBOROUGH, G; TREAGUST, D, **Correct Interpretation of Chemical Diagrams Requires Transforming from One Level of Representation to Another**, Research in Science Education, vol. 38, no. 4, pp. 463-482.

DABKE, RB & GEBEYEHU, Z. 2012, **'Using Mole Ratios of Electrolytic Products of Water for Analysis of Household Vinegar: An Experiment for the Undergraduate Physical Chemistry Laboratory'**, Journal of Chemical Education, vol. 89, no. 9, pp. 1198-1200, 2008.

FERREIRA, L. H., HARTWIG D.R., OLIVEIRA, R.C. **Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada.** Química Nova na Escola. v. 32, n.2, 2010.

JEFFERY, G. H., BASSETT, J., MENDHAM, J., & DENNEY, R. C.; VOGEL. **Análise Química Quantitativa**. 5ª Ed., 260 p., Rio de Janeiro: LTC, 1992.

JOHSTONE, A.; **Macro- and micro-chemistry**. School Science Review,v. 64, p. 377–379, 1982.

GONÇALVES, F.P.; GALIAZZI, M.C. **A natureza das atividades experimentais no ensino de ciências um programa de pesquisa educativa nos cursos de licenciatura.** In: MORAES, R.; MANCUSO, R. (Org). Educação em ciências produção de currículos e formação de professores, p.237-252. Unijuí, 2004.

HACKLING, M. W. E GARNETT, P. J. **Misconceptions of Chemical Equilibrium**. European Journal of Science Education, 7, 205-214, 1985.

HERGA, NR, CAGRAN, B & DINEVESKI, D. **'Virtual Laboratory in the Role of Dynamic Visualisation for Better Understanding of Chemistry in Primary**

School', EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education, vol. 12, no. 3, pp. 593-608, 2016.

HODSON, D**. Experimentos na Ciência e no Ensino de Ciências**. Educational Philosophy and Teory, 20, 53-66, 1988. Tradução e adaptação, para estudo, de Paulo A. Porto.

HSU, Y-S.; THOMAS, R. T**he impacts of a web-aided instructional simulation on science learning.** International Journal of Science Education DOI 10.1080/09500690110095258, 2002.

HARRIS, D. C. **Explorando a Química Analítica**. Tradução e Revisão Técnica: Júlio Carlos Afonso. [et. al] Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MACHKOVÁ, V; BÍLEK, M. **Didactic analysis of the web acid-base titration simulations applied in pre-graduate chemistry teachers education**, Journal of Baltic Science Education, vol. 12, no. 6, pp. 829-839, 2013.

MARSHALL. C; ROSSMAN, G;B; **Designing Qualitative Researrch.** Thousand Oaks: Sage Publications, 2006

PAIVA, J., & MORAIS C. **Molecularium: molecular simulations on line for the teaching of chemistry**; 8th European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE). Budapest: Hungary, 2006

PEREIRA, D.C. **Tecnologia educativa - Aulas Teóricas**. Formação contínua de Professores. Programa Foco, 1993.

PETERS, O. **Didática do ensino a distância**: experiências e estágio da discussão. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, 2001.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

SILVA, R.R.; MACHADO, P.F.L.; TUNES, E. **Experimentar sem medo de errar.** In: SANTOS, W.L.P.; MALDANER, O.A. (Org). Ensino de química em foco, p. 231-262. Unijuí, 2010.

SUAREZ, W. T. ; FATIBELLO FILHO, O. ; FERREIRA, L. H. . **Padronização de Soluções ácidas e Básicas Empregando Reagentes do Cotidiano**. Química Nova na Escola, v. 25, p. 36-38, 2007.

SODE, F 2014, **'Simultaneous determination of peracetic acid and acetic acid by titration with NaOH'**, Analytical Methods, vol. 6, no. 7, pp. 2406-2409.

TALANQUER, V. **'Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet"'**, International Journal of Science Education, vol. 33, no. 2, pp. 179-195, 2011.

TREAGUST, D; CHITTLEBOUGH, G; MAMIALA, T., **The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations**, International Journal of Science Education, vol. 25, no. 11, pp. 1353-1368, 2003.

ZANON, D. A. V.; FREITASB, D. **A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem**. Ciências & Cognição. Vol. 10, p.93-103,2007.

YARON, D., KARABINOS, M., LANGE, D., GREENO, J. G., LEINHARDT. G.. "**The ChemCollective: Virtual labs and online activities for introductory chemistry courses**", Science, v. 328, n. 5978, 2010

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B.; **Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce**, Investigações em Ensino de Ciências, v. 16(2), p. 275-290, 2011.

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

O Sr(a)_____

RG nº _____, nascido em_____,

do sexo _____, residente à_____

_____

na cidade de _____, está sendo convidado a participar do estudo

"Contribuições de um laboratório virtual no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação planejada com a temática Titulação". O objetivo deste estudo é verificar se o uso de simulações juntamente com exercícios adicionais pode contribuir na melhoraria do processo de ensino-aprendizagem de Química.

Para tanto, a participação na atividade e o preenchimento dos questionários fornecerão dados para a completude dos objetivos do projeto de Iniciação Científica que está sendo desenvolvido na Universidade Federal do ABC. Os questionários contarão com questões técnico-científicas sobre a temática titulação, conteúdo este que está sendo desenvolvida na disciplina de Química Analítica Clássica II (NHT4050-15).

A atividade proposta juntamente com o uso do simulador de laboratório pode auxiliar e estimular a aprendizagem de conceitos e processos envolvidos na temática Titulação e possibilitar o aperfeiçoamento dos conhecimentos na área de Química.

Tratando-se de uma pesquisa que busca verificar os conhecimentos ou habilidades sobre o conteúdo em desenvolvimento na disciplina Analítica Clássica II, o preenchimento deste questionário pode causar algum desconforto, cansaço ou algum incômodo com uma ou outra pergunta, dessa forma você poderá interromper ou desistir de participar a qualquer momento.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. A principal investigadora é a Profa. Dra. Patricia Eliane Fiscarelli, que pode ser encontrada na Universidade Federal do ABC, Avenida dos Estados, 5001, Santo André, Sala R606-3, Bloco A, Torre 3, 6º andar, Telefone (11) 3356-7831. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFABC, localizado na Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre 1, 1° andar, Santo André, SP - telefone: (11) 3356-7632, email: cep@ufabc.edu.br..

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo.

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as de outros voluntários, não sendo divulgada a identificação de nenhum participante.

Você tem direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo, quando existirem, exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Em caso de dano pessoal comprovadamente causado pelos procedimentos deste estudo, você tem direito de solicitar indenizações legalmente estabelecidas.

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo *Contribuições de um laboratório virtual no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação planejada com a temática Titulação.* Eu ME INFORMEI com a Profa. Dra. Patricia Eliane Fiscarelli sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no atendimento que recebo nesta instituição.

Assinatura do participante/representante legal Data___/___/___

Assinatura da testemunha* Data___/___/___

*OBS (Para casos de voluntários analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo. Sendo que uma via deste documento deve ficar com o participante e outra em posse do pesquisador.

Assinatura do responsável pelo estudo Data___/___/___

APÊNDICE B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UFABC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Plataforma Brasil

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONTRIBUIÇÕES DE UM LABORATÓRIO VIRTUAL NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: UMA APLICAÇÃO PLANEJADA COM A TEMÁTICA TITULAÇÃO

Pesquisador: PATRICIA ELIANE FISCARELLI

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 80576217.3.0000.5594

Instituição Proponente: FUNDACAO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - UFABC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.571.866

Apresentação do Projeto:

Os voluntários deste projeto de pesquisa serão alunos matriculados na disciplina Química Analítica Clássica II da UFABC. Os alunos utilizarão um programa de simulações VLAB e responderão a questionários sobre o tema.

Objetivo da Pesquisa:

Pesquisar os recursos do simulador interativo VLAB como ferramenta educacional.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O campo 'riscos' é preenchido com "O preenchimento do questionário pode acarretar cansaço ou desconforto com algumas perguntas. O voluntário poderá se abster de responder ou interromper a participação se for o caso." A formulação resolve pendências anteriores.

Com relação aos benefícios, consta que a pesquisa pode auxiliar na melhoria do ensino de química.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa, que deve apontar mecanismos para melhorar o ensino, é relevante. Pendências apontadas anteriormente foram esclarecidas ou resolvidas, incluindo a descrição dos riscos no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Após a adequação da caracterização dos riscos no Termo de Consentimento, não há pendências

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRE
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br

UFABC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Plataforma Brasil

Continuação do Parecer: 2.571.886

relacionadas aos documentos apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Como todos os apontamentos foram atendidos, o projeto pode ser aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Favor encaminhar relatório parcial em prazo de seis meses após a aprovação. Um modelo está disponível no site do CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1015287.pdf	29/03/2018 09:19:37		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_UFABC_VLAB.doc	29/03/2018 09:19:23	PATRICIA ELIANE FISCARELLI	Aceito
Outros	Pendencias_Projeto_Vlab.docx	14/12/2017 18:29:36	PATRICIA ELIANE FISCARELLI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Vlab.doc	27/10/2017 13:45:55	PATRICIA ELIANE FISCARELLI	Aceito
Folha de Rosto	PlataformaBrasil_VLAB.pdf	27/10/2017 13:40:50	PATRICIA ELIANE FISCARELLI	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SANTO ANDRE, 29 de Março de 2018

Assinado por:
Peter Maurice Erna Claessens
(Coordenador)

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRE
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br