

## **Avaliação de software educacionais para o ensino da Química em nível superior**

**Edson Frozza e Bruno dos Santos Pastoriza**

Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil. E-mails: [efrozza@outlook.com](mailto:efrozza@outlook.com), [bspastoriza@gmail.com](mailto:bspastoriza@gmail.com).

**Resumo:** Este artigo analisa softwares educacionais utilizados na Educação superior em Química. Softwares educacionais estão cada vez mais inseridos nos espaços de ensino, pois apresentam possibilidades de propor distintas abordagens metodológicas e, no caso da Química, trazem outros modos de articular os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, necessários para a compreensão dos conceitos químicos. Cinco artigos de softwares publicados nos periódicos da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) foram analisados em duas perspectivas: uma centrada na sua usabilidade quanto às funções, potencialidades e limitações para o ensino de Química, e outra tomada a partir dos elementos presentes nos próprios textos dos artigos, observando as propostas trazidas pelos autores dos softwares e a aceitabilidade do material junto a professores e alunos do ensino superior no que se refere aos conceitos apresentados. Os aplicativos foram considerados uma ferramenta importante nos processos de ensino e de aprendizagem por integrarem hipertextos, animações, simulações, dentre outros elementos que, articulados, podem gerar condições para a produção do conhecimento em Química em um nível complexo e adequado para o ensino superior. Ampliar o uso, qualificação e produção desses materiais nas aulas do ensino superior segue, no entanto, sendo ainda um desafio, dadas as limitações tecnológicas e pedagógicas encontradas.

**Palabras clave:** educação química, software educacional, ensino superior.

**Title:** Evaluation of educational software for Chemical higher education

**Abstract:** Educational software for chemical Higher Education are analyzed and evaluated in this text. In the present days Educational software tend to be more used in educational spaces. Possibilities to explore different methodological approaches and other ways of articulating macroscopic, submicroscopic and symbolic levels in Chemistry are created by Educational software to understand chemical concepts. Five articles and its softwares published in the *Sociedade Brasileira de Química* (SBQ) journals were analyzed. Two perspectives were used on the analysis: one focused on software usability, potentialities and limitations for education in Chemistry. The second perspective was based on the articles results and discussions, observing Higher Education teachers and students acceptability of the software with regard to chemical concepts presented. The applications were considered an important tool in teaching and learning process. Conditions for production of knowledge in Chemistry for Higher Education were identified in the integration of hypertexts, animations,

simulations and other functionalities. Technological and pedagogical limitations found in the software are modalities of limitations to overcome to broaden the use, qualification and production of educational software for chemistry teaching in Higher Education.

**Keywords:** chemical education, educational software, higher education.

### **Introdução**

Nos últimos anos, nossa sociedade vem passando por grandes transformações nas formas de se comunicar e de se relacionar (Martino, 2015). Um dos motivos dessas mudanças é a imersão dos indivíduos em um mundo digital. É difícil pensar o cotidiano sem a utilização das mídias digitais, amplamente referenciadas a partir das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

A evolução na área tecnológica possibilitou o desenvolvimento de várias ferramentas que contribuíram e contribuem para facilitar a comunicação e o acesso à informação (Souza e Ferreira, 2016). Essas TICs estão presentes no cotidiano, cada dia com inovações que aos poucos estão sendo inseridas nos espaços educacionais como uma ferramenta de apoio nos processos de ensino e de aprendizagem. Essas mudanças, mobilizadas pela inserção das tecnologias na sociedade, alteraram significativamente a forma das pessoas pensarem, agirem e viverem, e isso tem efeitos sobre o espaço educacional, modificando também as maneiras de ensinar e de aprender (Meirinhos, 2015).

Segundo Barro, Veras e Queiroz (2016), mudanças positivas nos modos de ensino e de aprendizagem estão atreladas à disponibilidade de metodologias que permitem maior interação entre professores e alunos. Os autores salientam que elas abrem espaço para a possibilidade de haver um diálogo entre docentes e estudantes, bem como entre os próprios estudantes, sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula, na resolução de dúvidas e no compartilhamento de informações, textos, dentre outros, potencializando a aprendizagem. No espaço escolarizado, a utilização das TICs tem se mostrado potente na construção de comunidades de aprendizagem (Rolando, Vasconcellos, Moreno, Salvador e Luz, 2015), possibilitando espaços para discussões e reflexões.

O desenvolvimento de novas tecnologias gerou transformações significativas, principalmente a partir de meados do século XX. No Brasil, apenas a partir de 1995 essas tecnologias começaram a fazer parte do cotidiano das pessoas (Martino, 2015). O surgimento de serviços desempenhados por essas tecnologias, por exemplo, a criação de um ciberespaço (virtual, mas com ações e efeitos reais), integração entre computadores (multiplicando fronteiras geográficas e culturais), redes digitais e produtos (dinamizando os modos de produção e consumo), cultura participatória (qualquer indivíduo pode se tornar produtor de cultura), inteligência coletiva (conhecimento sendo produzido de maneira social e coletiva) e interatividade entre os usuários (relacionamentos intersubjetivos diferenciados) (Martino, 2015), modificou as práticas e os modos dos sujeitos interagirem entre si e de produzir conhecimentos.

As novas tecnologias permitiram maior acesso à rede de computadores e, conseqüentemente, à informação. Além disso, elas contribuem para o desenvolvimento de novos aplicativos, sites, programas, dentre outros. A internet, principalmente, tem contribuído diretamente no processo de ensino e de aprendizagem, pois interliga computadores em rede e oferece vários serviços de informação, permitindo o acesso em praticamente qualquer lugar no mundo (Souza e Ferreira, 2016).

O maior acesso à informação, aliado às mudanças na maneira das pessoas viverem e a inserção das tecnologias nos espaços educacionais, transformou em necessidade o desenvolvimento de tecnologias de informação e comunicação com potencial para o ensino e aprendizagem quando utilizadas nos espaços educacionais, bem como em outros espaços. Conseqüentemente, diversos países têm desenvolvido políticas públicas com objetivo de destinar recursos para a compra de computadores e equipamentos, além de possibilitar o acesso à internet nas Escolas e Universidades (Giordan, 2008). No Brasil, ações como o Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo) (Ministério da Educação do Brasil, 2017a) do Ministério da Educação, criado em 1997 – que passou a ser chamado de Programa Nacional de Tecnologia Educacional a partir do decreto Nº 6.300 de 2007 – e o Programa Sociedade da Informação (SocInfo) (Takahashi, 2000), do Ministério de Ciência e Tecnologia, instituído em 1999, foram desenvolvidas com o objetivo de promover o uso pedagógico das tecnologias de informação e comunicação. Os próprios documentos oficiais chamam a atenção para a necessidade da utilização das tecnologias no ensino. Casos como o da resolução CNE/CP nº1/2002 do Conselho Nacional de Educação, que sugere o uso de tecnologias da informação e comunicação para os cursos de formação de professores (Ministério da Educação do Brasil, 2017b), e da Conferência Nacional de Educação (CONAE) de 2014 (Ministério da Educação do Brasil, 2017c), que reforça a importância da utilização da TICs em todos os níveis de ensino, são exemplos claros do incentivo das políticas públicas educacionais ao uso das TICs.

Também é possível identificar uma valorização dos meios de divulgação pelas Universidades, pois grandes Universidades estrangeiras (MIT, Stanford, Harvard, etc.) e do Brasil (USP, UFF, dentre outras) têm disponibilizado na internet videoaulas de alguns de seus cursos (Rolando et al., 2015). Dessa forma, indivíduos que não frequentam a Universidade e de regiões distintas têm acesso a informações que são veiculadas na academia. Essa disponibilidade e a facilidade no acesso às informações vêm ao encontro do processo de democratização do conhecimento.

Dada a extensão e profundidade das modificações ocorridas a partir do desenvolvimento das TICs, ao enfocarmos o espaço da Universidade é possível assumir que essa instituição também precisa estar atenta a essas transformações. Ainda que tomada como um local inventivo no que tange à pesquisa e inovação, nota-se também um aspecto conservador quando se trata de problematizar os processos de ensino e de aprendizagem na Universidade (Torres e Rodriguez, 2004). Nesse sentido, é nítido que as metodologias utilizadas no ensino superior precisam acompanhar as práticas e interações que os estudantes estão imersos e habituados no seu cotidiano, para que os processos instrucionais e de formação profissional

possam ter um maior alcance, possibilitando, ainda, que os estudantes se sintam pertencentes a esse espaço e sejam estimulados à interação, ao trabalho coletivo, à criatividade, à inovação, à responsabilidade e à autonomia (Oliveira, Pimentel, Mercado e Campos, 2013). Nesse contexto, necessariamente se inclui o uso das TICs, sendo primordial que elas sejam debatidas e mobilizadas nos cursos de nível superior.

No que tange ao ensino de Química em geral e sua relação com essas transformações nas formas de comunicação, cada vez mais se tem destacado a contribuição do uso de softwares como auxiliares na construção e entendimento de conceitos químicos (Machado, 2016; Park, Liu, Smith e Waight, 2017; Pastoriza, Araujo, Amaral, Salgado e Del Pino, 2007). De modo particular, trazer a discussão desses recursos didáticos digitais ao ensino superior em Química e conhecer suas potencialidades pode colaborar com a formação qualificada desse nível de ensino e dos quadros profissionais que gera.

Dado esse cenário, este trabalho tem por objetivo discutir, com base em referenciais da área da Educação Química e áreas correlatas, sobre a utilização das TICs, especialmente softwares educacionais, no ensino superior de Química, evidenciando as potencialidades, as limitações e os cuidados que devem ser tomados ao utilizar essas ferramentas nos processos de ensino e de aprendizagem por meio de critérios de funcionalidade, operacionalidade, aceitabilidade e coerência do conteúdo. Para dar conta dessa proposta, inicialmente abordaremos a relação entre o ensino de Química e o uso das TICs. Dos posicionamentos desenvolvidos, estes serão empregados para a análise de cinco softwares produzidos por grupos brasileiros e que tiveram os resultados da avaliação dos softwares divulgados nas revistas da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Com base na análise realizada dos softwares e em estudos recentes, finalizaremos com algumas considerações cujos encaminhamentos se voltarão ao uso incipiente desses materiais, a presente resistência da utilização de softwares nas aulas do ensino superior e algumas limitações que tais materiais ainda apresentam. Tais questões reforçam nosso argumento da necessidade de discutir, problematizar, produzir, qualificar e utilizar em maior extensão materiais digitais educacionais (TICs) no ensino superior de Química.

### **O ensino de Química e as TICs**

A importância que assume as TICs no ensino de Química parece não se refletir na publicação de trabalhos em periódicos que versem sobre o desenvolvimento de aplicativos para o ensino dessa disciplina ou a utilização destes como estratégias didáticas, principalmente em nível superior. No recorte feito na presente pesquisa, foram encontrados apenas dez artigos sobre softwares educacionais, sendo cinco direcionados ao ensino superior. Em pesquisa desenvolvida por Machado (2016) é possível evidenciar que há um número significativo de softwares utilizados na Educação Básica, mas não se evidenciam muitas referências ao ensino superior. Nesse sentido, uma vez que se assume haver na Escola Básica diversas produções de materiais digitais entendidos como TICs, e tomando suas potencialidades, é fundamental pensarmos em sua interlocução com o campo da formação profissional em Química no ensino superior, seja em

cursos de licenciatura ou bacharelado; seja para uma ação docente, de bancada ou em escala industrial. Mas como e porque associar potencialidades de uma formação em Química melhor desenvolvida a esses materiais digitais?

A noção de que trabalhar com a Química implica em pôr em relação, no mínimo, três níveis, ou três modos, de mobilização dos conhecimentos que nela se produzem é muito evidenciada no campo do ensino de Química (ainda que talvez desconhecida ou não problematizada nas demais áreas constituintes dessa disciplina). Tais níveis são conhecidos como macroscópico, submicroscópico e simbólico (Johnstone, 1982, 2000), ou, segundo outros posicionamentos, mas cujas ideias encontram confluências e fortes aproximações, como fenomenológico, representacional e teórico (Mortimer, Machado e Romanelli, 2000). Ainda que a utilização de um ou outro termo esteja relacionada a questões epistemológicas, ontológicas e experienciais dos autores, é comum a esses entendimentos advogar que tais níveis não esgotam obviamente todo trabalho com o campo da Química, mas marcam três elementos mínimos nos quais o conhecimento químico se produz. De modo geral, o nível macroscópico ou fenomenológico pode ser compreendido como aquilo que é tangível, que pode ser visto, tocado e cheirado. O nível submicroscópico ou teórico corresponde a representações abstratas relacionadas a átomos, moléculas, íons e estruturas. Já o nível simbólico ou representacional diz respeito à representação da química por meio de fórmulas, símbolos, equações, gráficos, dentre outros.

Entendemos que a potencialidade dos recursos tecnológicos digitais no ensino de Química, particularmente no ensino superior, está no reconhecimento e articulação dos modos de organização desses níveis.

Assumindo que o ensino da Química usualmente se desenvolve por via de discussões teóricas e processos experimentais (além, claro, dos aspectos econômicos, éticos, etc.), o uso de TICs no ensino de Química tem a potencialidade de tanto se diferenciar de ambos, quanto a capacidade de articular alguns dos elementos presentes neles. No que tange a um estudo por via de um experimento, é possível trabalhar intensamente o nível macroscópico (fenomenológico) do processo em estudo, mas não é possível "visualizar" o nível submicroscópico ou "perceber" no próprio experimento a presença de símbolos e representações. Tendo como limites a imaginação e a competência no conteúdo do experimento que os discentes desenvolvem, representações e conceitos não estão diretamente dados ou acessíveis quando, por exemplo, soluções em um béquer, após ser adicionada outra solução, passam de brancas leitosas para azuis escuras. Já num processo de discussão teórica, recorrentemente se explora ao extremo o uso de representações e, em certa medida, o nível abstrato-conceitual (submicroscópico), mas pouco se consegue explorar do nível fenomenológico, pois, como cita Lenoir (2004), há sempre a tendência de um privilégio da teoria sobre o experimento. Distintamente desses dois casos, comuns tanto à Escola Básica quanto ao ensino superior, o uso das TICs merece destaque quando se fala em potência de articulação entre os três níveis da Química.

Desde o desenvolvimento das ferramentas da já superada web 2.0, passando pela expansão das linguagens computacionais e de programação, a exemplo das linguagens flash e java (Eichler e Del Pino, 2006), cada vez mais, na atualidade, torna-se viável a articulação entre os três níveis citados de modo concomitante e síncrono a partir de softwares educacionais voltados ao ensino de Química. Nesse caso, as TICs têm condições de permitir que em uma mesma ação (ou mesma tela) seja apresentado um fenômeno ou um processo no nível macroscópico, se discuta o nível conceitual deste e, ainda, se trabalhem com representações que, especialmente no meio digital, permitem a ação e interação discente sobre os modos como estão representados, bem como a análise do fenômeno por diferentes ângulos.

Um exemplo da potencialidade didática das TICs para o ensino de Química pode ser trabalhado a partir das animações e dos softwares educacionais. Segundo Giordan e Góis (2004) as animações utilizadas no ensino de Química não apresentam diretamente valores empíricos das propriedades das substâncias, pois elas têm, usualmente, o objetivo de enfatizar determinadas características macroscópicas ou submicroscópicas, sem considerar escalas de tempo ou tamanho. Por meio das animações há, por exemplo, a possibilidade da criação de visualizações tridimensionais, o que auxiliaria os estudantes na representação simbólica dos conceitos relacionados à Química (Giordan, 2008), assim como ainda permitem, conjuntamente, a inserção de informações escritas e códigos da linguagem química (representações) e a exposição de processos reais (macroscópicos). Dessa forma, as animações podem ajudar no processo imagético mental de estruturas e fenômenos abstratos dessa disciplina, articulados aos seus referentes concretos e representacionais, pois possibilitam trazer e articular elementos dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Outro exemplo da potencialidade do uso das TICs no ensino de Química fica a cargo dos softwares educacionais. Embora existam diferentes tipos de aplicativos, nem todos podem ser categorizados como educacionais. Um software é considerado educacional quando é desenvolvido com objetivo de colaborar com o ensino e a aprendizagem de um determinado conteúdo (Fialho e Matos, 2010). De um modo mais complexo, a potencialidade dos softwares está em permitir uma integração entre diversos objetos, como imagens, animações, textos, jogos e simulações e os colocar à disposição da manipulação pelo usuário.

No ensino de Química, vários softwares educacionais já foram desenvolvidos e abordam diferentes conteúdos, os quais podem ser encontrados em repositórios como o RIVED (Ministério da Educação do Brasil, 2017c), Phetsimulations (University of Colorado, 2017), dentre outros espaços desenvolvidos por investigadores da área da Química e seu Ensino (University of Missouri-Rolla, 2017). Porém, ainda são poucos os softwares que têm como foco o ensino superior e, particularmente, o ensino superior brasileiro. Desse ponto de vista, é fundamental que sejam produzidos tais recursos com abordagem e conteúdos adequados ao nível superior para que essas tecnologias extrapolem a Educação Básica e passem a ser mais utilizadas nos cursos de graduação e pós-graduação. Tal defesa se pauta pelas TICs possibilitarem uma interação entre sujeito cognoscente e ferramenta didática distinta daquela que se dá nos processos

exclusivamente experimentais ou de discussão teórica, podendo ajudar no processo mental de aprendizado da Química do estudante e facilitando a criação de relações mais intensas entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Nosso posicionamento é respaldado, principalmente, pela evidente pluralidade de ferramentas digitais que, ainda que não sejam focadas no uso educacional, têm potencialidades educacionais tamanhas e têm percorrido de modo intenso o cotidiano de discentes dos níveis básico e superior de ensino. Por exemplo, ao lado dos softwares e animações produzidos com fins educativos, outras ferramentas têm sido tomadas como objetos de estudo ou instrumentos de apoio educacional. Este é o caso dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), que possibilitam uma interação e colaboração extraclasse entre professores e alunos, pois todos os recursos disponibilizados na plataforma podem ser acessados de diferentes localidades, desde que com acesso à internet. Um exemplo de AVA largamente utilizado, por instituições públicas e privadas, é o Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), que oferece ferramentas como chat, fórum, questionário, carregamento de arquivos e wikispaces (Souza e Ferreira, 2016). Outro AVA que vem sendo utilizado é o eduqui.info (Souza, Cabral e Queiroz, 2018). Essas ferramentas possibilitam um diálogo entre os participantes de um grupo ou disciplina, compartilhamento de informações e arquivos, realização de avaliação e desenvolvimento de trabalho coletivo. Outro exemplo a ser citado e muito atual é a utilização de mídias sociais digitais. Estas, por sua flexibilidade e dinâmica entre seus participantes, podem ser entendidas como um tipo de relação entre indivíduos, permitindo maior comunicação entre eles (Martino, 2015; Sorensen-Unruh, 2017), e, nesse sentido, também são importantes por permitir o diálogo e o compartilhamento de informações (arquivos de texto, vídeos e imagens). Na atualidade, as diferentes modalidades de diálogos por meio da internet apresentam sua potência na interligação de aspectos síncronos e diacrônicos entre os sujeitos. No que tange ao nível educacional, tais elementos são caros quando associados aos percursos formativos dos sujeitos que interagem, como em seus momentos de estudo, pesquisa ou, inclusive, no compartilhamento de elementos de lazer que mobilizem (por sua característica cômica, satírica ou jornalística) saberes e conhecimentos de distintas áreas de formação, como a Química.

Tal posicionamento, assumido a partir de um foco no campo de ensino, encaminha para uma compreensão das TICs cada vez mais como um complemento e como uma forma a mais de trabalhar os conteúdos educacionais e potencializar a aprendizagem, distanciando-se da já ultrapassada crença e temor de uma substituição docente pela ferramenta digital, ou tendo esta como elemento único de promoção de aprendizagem (Arruda, 2007).

Essa postura necessita, então, também colocar alguns pontos-limite da utilização dessas ferramentas digitais. Por exemplo, retomando os aplicativos que geram imagens e que se propõem a facilitar a compreensão de alguns processos e estruturas químicas, como os softwares e as animações, é preciso também assumir seu limitado alcance e possíveis "perigos". Isso ocorre a partir do momento em que há possibilidades de haver uma confusão entre a proposta de "representação" de um fenômeno

ou de certa "realidade" e o entendimento de que aquela animação ou software "mostra a realidade". Numa apropriação didática da discussão epistemológica de Bachelard (1991, 1996) tais perigos encontram-se na produção de obstáculos epistemológicos ou do desenvolvimento de perfis epistemológicos distintos daqueles objetivados pela ação docente.

Nesse sentido, embora óbvio, faz-se necessário destacar que o uso de qualquer tecnologia educacional não é sinônimo de qualidade no ensino, inovação ou melhora nos processos didático-pedagógicos (Fialho e Matos, 2010). Por exemplo, a utilização em larga escala atualmente, no ensino superior, de mídias digitais, como apresentações de slides, não garante as condições suficientes para o aprendizado dos discentes, assim como a utilização de uma animação não é uma certificação de uma compreensão adequada do fenômeno, teoria, representação ou compreensão contextual (social, ética, etc.) objetivada.

Pela perspectiva que adotamos, o fundamental no trabalho com as TICs é "como" as estratégias didático-pedagógicas são desenvolvidas, e isso perpassa a compreensão que o docente tem em relação ao uso das TICs no ensino – compreensão que, muitas vezes, não passa, particularmente na Educação superior, pelo nível da problematização (Arruda, 2007; Francisco, 2011), – assim como traz à ação docente uma centralidade no conhecimento, busca, análise, discussão e apropriação desses diferentes materiais para suas propostas de aula.

Partindo desses elementos, que assinalam uma relação forte entre as TICs e suas potencialidades no ensino de Química nos diferentes níveis educacionais, mas centralmente no ensino superior, também assumimos a importância da presença, análise e divulgação de tais ferramentas nesse nível para que os docentes tenham maior acesso a elas e as integrem em suas aulas.

Voltando-nos ao campo da formação em Química, também acreditamos na importância de conhecer e analisar o que a comunidade que atua nessa área tem produzido em termos de ferramentas digitais voltadas ao ensino e à aprendizagem de temas químicos, principalmente em língua portuguesa. Dada a expansão do acesso ao ensino superior (Barros, 2015), a disponibilidade a materiais na língua materna efetiva-se como um meio de, de fato, auxiliar a construção e o entendimento de saberes e conhecimentos químicos nas aulas dos cursos de graduação em Química (sejam eles de licenciatura, bacharelado ou outras especialidades, como química industrial, forense, de alimentos, etc.) brasileiros.

Nesse sentido, após marcarmos as relações possíveis e potentes entre o uso das TICs no ensino de Química e, especialmente, no ensino superior de Química, nas seções que seguiremos abordar tanto o processo metodológico de seleção e análise quanto os resultados e discussões gerais desenvolvidos a partir de cinco softwares educacionais que tiveram artigo sobre suas avaliações divulgadas nas revistas publicadas pela SBQ, discutindo sobre as propostas apresentadas nos softwares, a aceitabilidade do software junto a professores e alunos do ensino superior e a funcionalidade dos softwares quanto aos usos, potencialidades e limitações a partir das ideias antepostas.

## **Metodologia**

Para organizar o corpus de análise da pesquisa foi realizada uma busca exploratória de artigos voltados ao uso das TICs publicados nas revistas da Sociedade Brasileira de Química (Química Nova, Revista Virtual de Química e Química Nova na Escola). A escolha dessas revistas se deve a sua importância, em nível de Brasil, na publicização de discussões sobre diversos temas referentes à área de Química e ao ensino, assim como se configuram enquanto espaços de fácil acesso para professores e alunos da Educação superior (profissionais em formação) em Química e suas subáreas. Além disso, nota-se, cada vez mais, no Brasil, que estudantes e pesquisadores vêm utilizando tais revistas da SBQ como repositório de novas pesquisas, conhecimentos e ideias, principalmente pesquisas desenvolvidas acerca do ensino superior, ponto nevrálgico desta análise. Assim, enquanto a revista Química Nova na Escola tem como foco abrir espaço para a publicização de discussões e pesquisas voltadas à ação e formação de professores do ensino superior e da Educação Básica no campo da Química e das Ciências, a Revista Química Nova e a Revista Virtual de Química trazem, majoritária e tradicionalmente, trabalhos voltados ao ensino superior e à pesquisa na área de Química. De modo geral, os três periódicos apresentam trabalhos tanto centrados na pesquisa teórica quanto na pesquisa aplicada.

Para mapear e constituir o corpus deste trabalho foram analisadas todas as edições das três revistas publicadas a partir do ano 2000 até março de 2017, momento em que foi realizada a pesquisa. O recorte foi definido partindo de dois pressupostos. Primeiramente da ideia de que com os programas Proinfo e SocInfo há um aumento no número de computadores nas escolas e um movimento incentivando o seu uso nos processos de ensino e de aprendizagem (Eichler e Del Pino, 2000, 2006), o que cria um ambiente propício para o desenvolvimento dos softwares educacionais por volta dos anos 2000. Em segundo, que o avanço dos dispositivos tecnológicos, das linguagens de programação e da expansão da capacidade de processamento de dados modificou, intensamente, nos últimos anos, os modos de produzir e, principalmente, utilizar materiais digitais educacionais.

A busca resultou em dez artigos que discutem sobre softwares educacionais utilizados para ensinar Química. Desses dez artigos, sete descrevem os softwares educacionais e trazem uma avaliação junto a professores e alunos quanto à operacionalidade, conteúdos que podem ser trabalhados e aceitabilidade do aplicativo; dois apresentam uma análise geral sobre diversos softwares educacionais utilizados no ensino de Química; e um descreve uma atividade desenvolvida com um aplicativo em sala de aula por um professor. Como a proposta deste trabalho é avaliar os softwares educacionais desenvolvidos para serem utilizados no ensino superior de Química a partir de critérios de funcionalidade, operacionalidade, aceitabilidade e coerência do conteúdo, apenas os sete trabalhos que discorrem sobre a avaliação de softwares foram selecionados para uma análise mais adensada. Destes, somente cinco descrevem o desenvolvimento, utilização e avaliação de softwares no ensino superior, enquanto os outros dois, excluídos deste estudo, foram produzidos para serem utilizados na Educação Básica.

Assim, foram analisados os cinco softwares e seus respectivos artigos voltados ao ensino superior, sendo eles: Forças Intermoleculares (Barbosa, et al., 2015), Polarímetro Virtual (Silva Junior e Barbosa, 2012), Ressonância (Silva Junior, Barbosa, Leite Junior e Eduardo, 2014), SternVolmer (Dias Junior e Marques Novo, 2014) e Soluções Químicas (Silva Junior et al., 2014).

A análise foi desenvolvida em dois âmbitos: i) um com base nos dados apresentados pelos artigos analisados, contemplando as propostas dos aplicativos e sua aceitabilidade junto a professores e alunos do ensino superior, segundo os autores dos próprios materiais e; ii) outro centrado na utilização e análise direta dos softwares, realizada por nós, autores deste texto.

No primeiro âmbito de análise foram discutidos os critérios utilizados pelos autores dos artigos e seus respectivos softwares para mensurar a aceitabilidade dos materiais por diferentes usuários, bem como articuladas as semelhanças e diferenças em termos do posicionamento dos autores sobre a contribuição dos materiais para o ensino de determinados conteúdos.

No segundo plano da pesquisa, desenvolvido pela utilização direta dos softwares por nós, autores deste texto, foram avaliados quatro critérios, sendo eles: i) funcionalidade, ii) operacionalidade, iii) coerência do conteúdo e iv) limitações e potencialidades dos softwares para o ensino superior de Química. No quesito funcionalidades foram avaliadas quais funções, ações ou elementos os softwares apresentavam. Nesse critério incluem-se a presença de animações, simulações, hipertexto, gráficos e questionários, dentre outras. Em relação à operacionalidade, assumindo e adaptando os critérios elencados por Reategui, Boff e Finco (2010), foram analisados elementos relacionados à interface dos aplicativos, tais como imagens, textos, navegação, interatividade e estética. O terceiro ponto de análise, referente à coerência do conteúdo, pautou-se na necessária relação pedagógico-epistemológica (Eichler e Del Pino, 2006; Reategui, Boff e Finco, 2010;) entre o conteúdo proposto pelo software e aquele efetivamente mobilizado. Complementarmente, o último ponto de análise constou de uma discussão, referenciada na literatura do campo da Educação Química, a respeito das limitações e potencialidades referentes aos softwares analisados. A análise desses quatro grupos de critérios foi feita individualmente pelos autores deste artigo e posteriormente sistematizada em um único documento. Em casos de discordância, as análises foram discutidas até se alcançar o consenso.

De modo a localizar melhor a análise, na próxima seção realizamos uma descrição geral de cada software para, na sequência, apresentar os resultados da análise e discutir alguns elementos que relacionam sua produção, potencialidades, usos e limitações no ensino (superior) de Química.

### **Descrição geral dos softwares educacionais investigados**

Com base nos artigos encontrados e nas plataformas dos aplicativos, buscamos fazer uma descrição dos softwares, destacando os conteúdos que podem ser abordados e principalmente a maneira como eles são

apresentados aos usuários, ou seja, suas funcionalidades, e a plataforma utilizada. Os softwares, conteúdos e as possibilidades básicas de abordagem estão descritos na Tabela 1.

Id	Software	Conteúdos abordados	Funcionalidades disponíveis	Ano de publicação do artigo
A	Forças Intermoleculares	Interações intermoleculares	Hipertextos explicativos, animações, simulações, representações das estruturas em linha e tridimensional, figuras e questionário.	2015
B	Polarímetro Virtual	Atividade óptica em enantiômeros	Hipertextos, animações, representação tridimensional das estruturas e questionário.	2012
C	Ressonância	Ressonância em compostos orgânicos	Hipertextos, animações, vídeos, imagens e questionário.	2014
D	SternVolmer	Supressão de luminescência Stern Volmer	Simulações com estruturas bidimensional e tridimensional, gráficos.	2014
E	Soluções químicas	Soluções químicas e propriedades coligativas	Hipertextos explicativos, animações, simulações e gráficos interativos.	2014

Tabela 1.- Funcionalidades disponíveis nos softwares educacionais.

Os cinco artigos encaminham uma diversidade nos conteúdos trabalhados, porém, dado o universo de conteúdos conceituais da Química, fica nítido que ainda são poucos os conteúdos abordados devido ao pequeno número de softwares desenvolvidos para o ensino superior. Com exceção do software Stern-Volmer, que precisa ter seu *download* e sua instalação realizados, todos os outros podem ser utilizados online.

Assim como comentado inicialmente, por se tratarem de softwares educacionais, é importante destacar a incorporação e articulação nesses aplicativos de várias funcionalidades (hipertextos, animações, simulações, etc.) em um mesmo aplicativo na tentativa de facilitar a aprendizagem. Destaca-se que os softwares foram desenvolvidos recentemente, pois os artigos com a avaliação do aplicativo feita pelos seus desenvolvedores foram publicados entre os anos de 2012 e 2015, ou seja, sendo recentes e coerentes com o nível tecnológico atual. Conhecer esses aspectos gerais desses softwares nos possibilita analisá-los de um modo mais amplo, buscando suas potencialidades e limitações com vistas ao ensino de Química no nível superior, conforme fazemos a seguir.

### Resultados e discussão

Conforme indicado, os resultados da análise e a discussão dos materiais se deram em duas dimensões, sendo i) uma com base nos dados

apresentados pelos artigos analisados, contemplando as propostas dos aplicativos e sua aceitabilidade junto a professores e alunos do ensino superior, segundo os autores dos próprios materiais e; ii) outro centrado na utilização e análise direta dos softwares, realizada por nós, autores deste texto, relativa às funções, potencialidades e limitações para o ensino de Química no nível superior. Na sequência trazemos algumas discussões acerca desses dois pontos de modo a elencar elementos que merecem maior atenção quando se fala e se utiliza softwares educacionais no ensino superior.

#### *Análise dos dados apresentados nos artigos*

No que tange às propostas dos softwares, é comum aos cinco artigos seus autores argumentarem que o desenvolvimento do aplicativo teve como objetivo auxiliar professores e alunos nos processos de ensino e de aprendizagem de conteúdos conceituais químicos considerados difíceis de serem compreendidos. Ratificam a presença desse argumento trechos como:

“Este cenário nos motivou a desenvolver um software educacional de fácil utilização, interativo e gratuito, que sirva como uma ferramenta complementar aos livros-texto, apresentando os conteúdos de forma mais dinâmica e, como consequência, capaz de auxiliar os professores e estudantes na melhoria o processo de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados às soluções químicas” (Silva Junior et al., 2014, p. 957).

“o software desenvolvido pode ser utilizado como uma ferramenta auxiliar de ensino-aprendizagem, que apresenta características de um simulador dinâmico e simplificado com algumas das funcionalidades de um polarímetro, permitindo aos usuários a possibilidade de desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados e refinar os conceitos relacionados à atividade óptica” (Silva Junior e Barbosa, 2012, p.1886).

Aliado a esse argumento, também é posta a falta de materiais disponíveis que possibilitem uma abordagem mais interativa e aprendente.

Nesse sentido, a proposta desenvolvida pelos autores dos softwares encontra ressonância entre eles em seu intento de buscar que os materiais sirvam “como uma ferramenta complementar aos livros-texto, apresentando os conteúdos de forma mais dinâmica e, como consequência, capaz de auxiliar os professores e estudantes na melhoria o processo de ensino-aprendizagem” (Silva Junior et al., 2014, p.957). Tal perspectiva ocorre nos textos de modo que os aplicativos são postos como uma contribuição à construção do conhecimento dos alunos e como ferramentas didático-computacionais complementares aos livros. Nesse contexto, os softwares são considerados pelos autores adequados para serem utilizados em sala de aula, dada a maneira como foram desenvolvidos, pensados e apresentam a interação com o usuário.

Como modo de avaliar as relações entre a proposta trabalhada no material digital e a perspectiva dos utilizadores, os autores dos softwares A, B, C e E os fizeram ser acessados e avaliados por estudantes de graduação,

sendo o A e o C também foram avaliados por docentes do ensino superior. Todas as avaliações realizadas pelos autores dos softwares foram desenvolvidas por meio de questionários com escala Lykert. O software D não foi avaliado por usuários, e, conforme relatam nos textos, os softwares B, C e E foram empregados por docentes como estratégia pedagógica em aulas de Química em cursos de nível superior.

Segundo os autores dos artigos analisados, é comum aos textos a consideração de que os alunos consideraram haver nos softwares uma interface gráfica simples e de fácil compreensão, com conteúdo abrangente e adequado para o ensino superior, com alto grau de interatividade estimulando a curiosidade, o interesse e tornando o entendimento mais fácil. Também foram considerados como um complemento aos livros. Quando trazem as avaliações dos docentes, os autores dos softwares A e C indicam que receberam uma resposta positiva em relação à interface gráfica simples, de fácil utilização e com conteúdo adequado para o ensino superior. Os docentes que avaliaram esses materiais também os consideraram como uma ferramenta auxiliar no processo de ensino em sala de aula, apresentando vantagens sobre uma aula tradicional, funcionando como um complemento aos livros texto e contribuindo para a aprendizagem dos estudantes.

Das avaliações realizadas, é possível notar que algumas das discussões empreendidas pelos autores dos materiais se limitam ao tipo de dado trazido pela ferramenta avaliativa escolhida (a escala Lykert), sendo que maiores detalhamentos sobre os usos e avaliações mais aprofundadas dos usuários não são trabalhadas nos textos. Por exemplo, na referência às vantagens do uso do software sobre uma aula entendida como tradicional, não há uma discussão do que se assume como tal, nem de como o emprego dos materiais digitais mobilizaria ações distintas desta modalidade de aula criticada. Um exemplo disso se obtém na questão relacionada à aula tradicional que se limita a afirmação: "A utilização do software traz vantagens sobre uma aula tradicional". Esse tipo de avaliação não possibilita fazer uma discussão mais adensada, por exemplo, de que maneira, na visão dos professores, o software contribuiu para a aprendizagem, o que seria importante para justificar e qualificar a utilização dos aplicativos em sala de aula.

Ainda que os instrumentos avaliativos apresentem algumas limitações em função do tipo de método e das informações obtidas por esse método, o retorno positivo geral das avaliações realizadas pelos autores dos softwares, associadas à boa aceitação pelos professores e alunos, mostra ser possível empregar tais materiais na utilização de estratégias que articulem diferentes abordagens e que potencializem a aprendizagem dos conceitos químicos que, muitas vezes, por serem abstratos, geram dificuldades na sua compreensão. Todavia, os materiais produzidos e os textos apresentados não entram em aspectos mais profundos das possibilidades de utilização e não propõem alternativas de usos. Articulando as discussões dos autores com a nossa análise global dos textos, partindo do posicionamento que desenvolvemos aqui, entendemos que as críticas ao modelo tradicional de ensino se pautam em seu aspecto transmissivo e não dialógico (Rodrigues e Moura, 2011), sendo que não basta simplesmente o fato do uso de um material digital em aula para afastá-la dessa

característica – haja visto os usos recorrentes de projetores e slides nos cursos de graduação. Mais do que apenas o emprego de uma ferramenta diferenciada, o próprio modelo de aula e seus elementos didáticos, epistemológicos, pedagógicos e metodológicos necessitam ser mobilizados em conjunto para a modificação dos processos de ensino e de aprendizagem em direção a uma aula mais dialógica, integrada e menos memorística. Assim, o resultado da análise não deslegitima as avaliações e proposições realizadas pelos autores, mas, pelo contrário, advoga em favor de maiores discussões e de novas publicizações dos usos e processos continuados de avaliação dos materiais visando sua qualificação.

#### *Utilização e análise direta dos softwares*

Quanto à segunda dimensão da análise, voltada às avaliações dos critérios de: i) funcionalidade, ii) operacionalidade, iii) coerência do conteúdo e iv) limitações e potencialidades dos softwares para o ensino superior de Química, cada uma delas foi desenvolvida abaixo, sendo que, de modo geral, potencialidades e limitações foram sendo discutidas de modo integrado com os demais critérios.

#### *Funcionalidade*

Neste critério foram avaliados elementos como a presença de hipertextos, animações, simulações, gráficos e questionários. Como já é de conhecimento difundido, os hipertextos (Sorensen-Unruh, 2017) permitem que o usuário busque as informações de acordo com o seu interesse, superando a abordagem linear, sequencial e muitas vezes limitada de um material. Dos aplicativos analisados, A, B, C e E apresentam hipertextos (os softwares e a relação de funcionalidades que cada um apresenta estão especificados na Tabela 1). Eles viabilizam aos estudantes a busca de informações de acordo com seu interesse e necessidade, podendo acessar informações em qualquer momento anterior ou posterior que o ajudem a melhor compreender os conteúdos. Um exemplo dessa organização em hipertexto é possível observar na Figura 1.

Na parte superior da imagem há ícones que direcionam o usuário diretamente para qualquer um dos conteúdos abordados pelo software, permitindo que este busque informações de acordo com seu interesse. As diferentes telas vêm acompanhadas de um texto explicativo que ajuda na compreensão dos conceitos, porém, se limita aos textos do próprio software. Tais funcionalidades hipertextuais dos cinco softwares dão maior autonomia ao usuário e proporcionam uma participação mais ativa, pois cada sujeito que interage com o material pode traçar os modos, tempos e dinâmica de compreensão dos temas abordados, potencializando o processo de ensino e de aprendizagem. Uma limitação encontrada no uso dos hiperlinks reside no fato de que os softwares analisados, mesmo sendo, em sua maioria, acessados de modo online, não apresentam de modo significativo links que levem o usuário a outras páginas da internet com discussões sobre o tema.

Outras funcionalidades importantes nos softwares são as animações e simulações. As animações, presentes nos aplicativos A, B, C e E, bem como as simulações, presentes nos aplicativos A, D e E, proporcionam

visualizações de fenômenos macroscópicos e proposição deles em níveis submicroscópicos, bem como representações bidimensional e tridimensional.

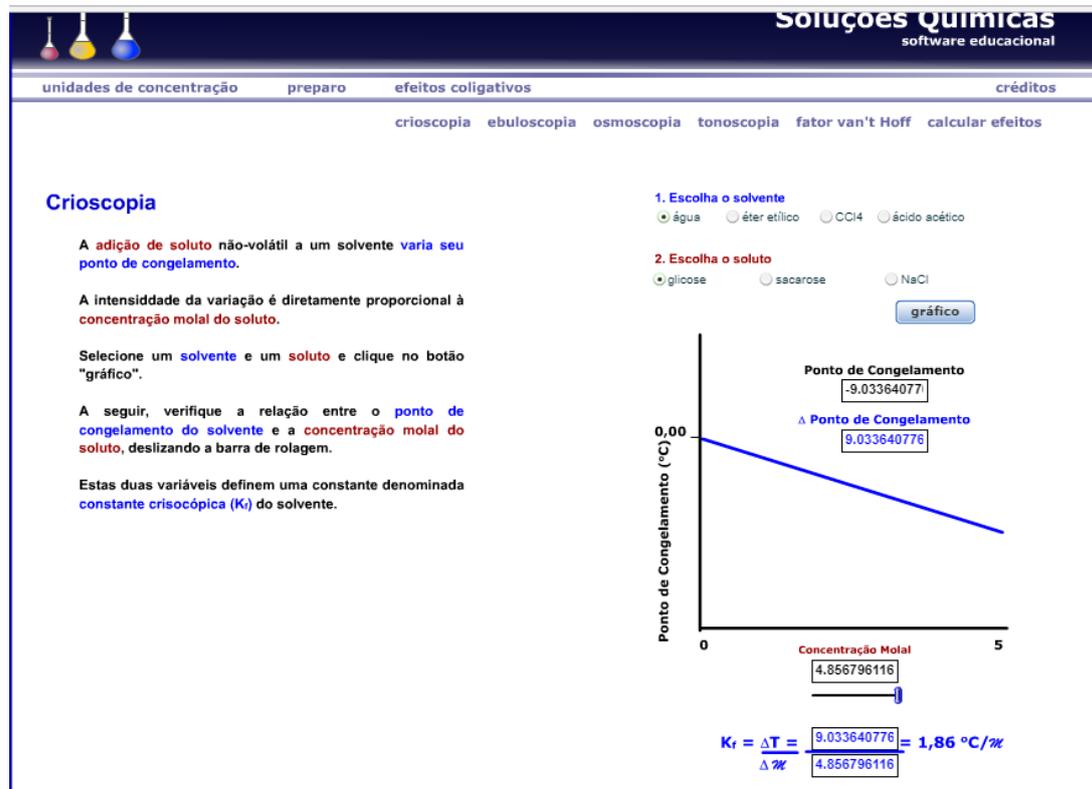


Figura 1.- Tela retirada do software soluções químicas.

Na Figura 2a, que aborda o efeito sobre uma luz polarizada por um composto enantiomérico, o software apresenta os níveis simbólico e submicroscópico nas representações da molécula, estruturas bidimensional e tridimensional, permitindo aos estudantes compreender como a molécula é representada e como ela se organiza espacialmente (o que é fundamental para a compreensão de outros conceitos como os mecanismos de reação). Também há uma animação mostrando o efeito sofrido por uma luz polarizada quando atravessa uma solução de um enantiômero, mostrando assim um fenômeno macroscópico, permitindo que o estudante relacione os três níveis representacionais necessários à compreensão do conteúdo químico almejado. Na Figura 2b, o nível simbólico está na representação de uma equação química, enquanto que o submicroscópico está na articulação entre a explicação conceitual e as representações de interação entre o medicamento e o receptor, assim possibilitando que o professor também faça relação com o nível macroscópico.

A possibilidade de representações em diferentes níveis e espaços contribui para a construção mental de uma imagem referente ao conceito trabalhado, o que é difícil, principalmente no nível submicroscópico e sua abordagem de conceitos abstratos fundamentais para a compreensão do fenômeno (Mortimer, Machado e Romanelli, 2000; Johnstone, 1982). Além das animações e simulações, alguns aplicativos ainda contam com imagens

(A e C) e vídeos (C) que colaboram nesse processo de compreensão do fenômeno e dos conceitos a ele associados.

**Polarímetro Virtual**

Introdução Polarímetro Quiz Créditos

fechar

(R)-Adrenalina

$\alpha$   
13.68°

$[\alpha]_D$   
50

Comp. da Cella (dm) 1

Concentração (g/mL) 0.273

A atividade ótica de um composto pode ser definida como a habilidade de desviar o plano da luz polarizada por um determinado ângulo, mensurado pela rotação ótica ( $\alpha$ ). A rotação ótica ( $\alpha$ ) é proporcional à concentração da amostra, C, (em g/ml) e ao comprimento da cela, l, (em dm)

$\alpha = [\alpha]_D \cdot C \cdot l$  logo,  $[\alpha]_D = \frac{13.68^\circ}{0.2737 \cdot 1} = 50$

voltar

Figura 2a.- Telas retiradas dos softwares: polarímetro.

**Forças Intermoleculares**  
software educacional

Fármacos-receptores Avançar ?

fármaco-receptor 1 fármaco-receptor 2

**Fármacos-receptores**

As forças que promovem a ligação dos ligantes (fármacos) aos receptores cobrem o espectro completo das ligações químicas e interações intermoleculares.

Assume-se que as ligações (e/ou interações) entre o ligante e o receptor formam-se espontaneamente quando o ligante alcança a distância apropriada de seu receptor para que ocorra a formação da ligação (e/ou interação).

A ligação de muitos fármacos a seus receptores ocorre através de interações fracas e reversíveis:

Fármaco + Receptor  $\rightleftharpoons$  Fármaco-Receptor

Isto significa que a ligação de um fármaco a seu receptor é dependente da concentração. À medida que a concentração do ligante no líquido extracelular aumenta, o equilíbrio acima move-se para a direita e o fármaco vai se ligar ao receptor.

Selecione uma das interações fármaco-receptor clicando nos botões abaixo. A seguir, selecione o tipo de força intermolecular para visualizá-la no desenho.

**Interações Intermoleculares**

- dipolo-dipolo
- ligação iônica
- íon-dipolo
- ligação de hidrogênio
- dispersão de London

Figura 2b.- Telas retiradas dos softwares: forças intermoleculares.

Nos softwares D e E é possível a construção de gráficos, ou seja, outra forma de representação que contribui na compreensão sistematizada dos fenômenos químicos, pois estes permitem estabelecer relações entre diferentes fatores que afetam um sistema, bem como representá-lo de diferentes modos por meio de gráficos. Essas relações ajudam na compreensão dos conceitos químicos, ainda mais quando se nota que, por exemplo, sendo as propriedades coligativas dependentes da "razão entre o número de moléculas de soluto e de solvente, e não da identidade química do soluto" (Atkins e Jones, 2012), tal conceito se torna potencialmente mais compreensível a partir do momento em que, no software E, por meio da alteração da concentração de determinada solução (Figura 3), é possível analisar em um gráfico a alteração de tais propriedades. Aliar a representação gráfica à compreensão do conceito de propriedades coligativas e seus efeitos macroscópicos no conjunto da proposta do software permite um trabalho que produza compreensões que problematizem e rompam com entendimentos mais próximos a uma realidade ingênua (Mortimer, Machado e Romanelli, 2000), pois vai além daquilo que é possível compreender em um livro texto, atividade experimental ou outros materiais didáticos que, usualmente, trabalham isoladamente cada um desses elementos, integrando-os de modo mais complexo e sincrônico.

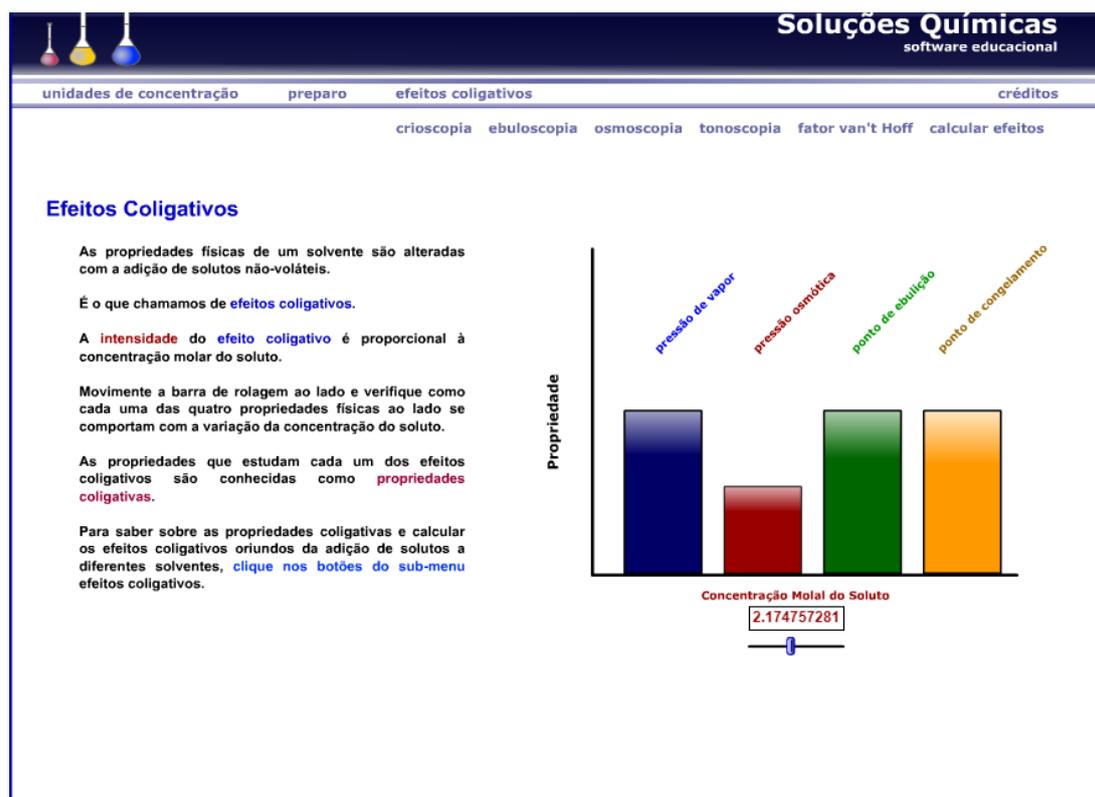


Figura 3.- Tela retirada do software soluções químicas.

Outra funcionalidade apresentada pelos softwares A, B e C é a disponibilização de um questionário, que tem por princípio proporcionar ao usuário um espaço para testar seus conhecimentos e retornar aos conceitos caso necessário. Essa é uma ferramenta interessante, pois, ao final da

atividade, um feedback das respostas é dado, permitindo ao estudante retornar aos conceitos que ainda não compreende bem e retomar os estudos.

Embora potente, há que se destacar que os métodos de questionário apresentados nas ferramentas ainda resgatam um posicionamento didático alinhado a um ensino memorístico e transmissivo, haja vista que as respostas são eminentemente trabalhadas no formato de múltipla escolha. Nesse caso, não se abre a possibilidade da criação de um entendimento mais abrangente e mediado pela linguagem no processo de responder às questões. Outro exemplo também pode ser obtido na resolução de problemas, em que um dos aplicativos realiza os cálculos e apresenta os resultados de forma direta, desconsiderando o processo aprendente que é a realização passo a passo dos cálculos para a compreensão do seu significado químico. Necessariamente, tais limitações colocam novamente presente a crítica já citada de Eichler e Del Pino (2006), uma vez que os dispositivos técnicos na produção de um material mais interativo e com respostas não fechadas exige um nível de conhecimento técnico-informático mais complexo.

### *Operacionalidade*

Na análise deste critério foram considerados elementos referentes à interface do software, tais como estética, facilidade de navegação, interatividade, imagens e textos.

Durante a operação dos aplicativos é possível identificar uma interface esteticamente atraente, com textos pequenos, claros e com fonte que permitem fácil leitura (Ávila, Amaral, Müller e Tarouco, 2012; Reategui, Boff e Finco, 2010). Outro quesito analisado foi a facilidade de navegação. O transitar entre os textos, animações, simulações e questionários é fácil, sendo apresentados de forma clara e direta, o que tende a facilitar a operação do material e, provavelmente, a compreensão dos conteúdos. Tal aspecto mostra-se, articulado à avaliação trazida nos textos, ser um ponto positivo nos softwares, pois, assim como uma interface atraente, são elementos fundamentais na aceitação pelos alunos e professores.

Uma limitação dos materiais se faz em razão de sua acessibilidade. Conforme apontam Eichler e Del Pino (2006), por haver sistematicamente a criação de materiais educacionais digitais em Química desenvolvidos por sujeitos que ora não têm formação na área da informática, mas com formação em Química, ora não têm formação na área da Química, mas com formação em informática, tem-se a construção de softwares que podem ser tecnicamente perfeitos, mas que apresentam problemas pedagógicos, ou pedagogicamente adequados, mas eivados de limitações técnicas. Isso se evidencia quando, analisando as funções apresentadas pelos cinco materiais e a área de formação dos propositores, nota-se uma limitação no sentido de não exploração dos aspectos informacionais no desenvolvimento de recursos pedagogicamente mais robustos ou, ainda, que levem em consideração outros elementos, como recursos assistivos, o que implica a limitação do uso e acessibilidade de diferentes usuários aos materiais.

Apesar de tais limitações, um dos aspectos que fazem dos cinco aplicativos ferramentas importantes na busca por transformação pedagógica

é a interatividade que eles possibilitam aos estudantes. Essa interatividade está associada às funcionalidades que o software apresenta, por exemplo, hipertextos, simulações, gráficos interativos e questionários.

### *Conteúdos*

Com relação à abordagem dos conteúdos, todos os materiais enfocam elementos conceituais da Química. De modo geral, das discussões apresentadas nos cinco softwares, quatro se fazem adequadas para turmas iniciais do ensino superior, pois os conteúdos conceituais são abordados numa perspectiva mais abrangente, não trabalhando aprofundadamente explicações dos conceitos. Uma exceção é apresentada no software D, que aborda conceitos relacionados à supressão de luminescência, um conteúdo que exige conhecimentos mais elaborados e por isso geralmente trabalhado em turmas mais avançadas.

Um ponto que se destaca na análise dos conteúdos trazidos nos materiais é sua recorrente disciplinaridade. Em nenhum dos materiais analisados (ou ainda em outros excluídos do recorte da pesquisa) se evidenciam discussões que contemplem conteúdos químicos num sentido que vá além da restrição conceitual e que traga elementos éticos, de segurança, econômicos, filosóficos ou outros mais tão inerentes à Química quanto os conceitos que usualmente se destacam. Uma hipótese muito provável que colocamos diz respeito à constituição da própria área da Química (Lopes, 1998) sua centralidade em conceitos e a não problematização de outros constituintes dela. Nesse sentido, compreendendo a taxa crescente de avanço dos sistemas informacionais, cada vez mais vislumbramos a necessidade de se aproveitarem os espaços praticamente sem limites do meio computacional no desenvolvimento de materiais que contemplem a complexidade das Ciências e, especificamente, da Química. Assumir tais potencialidades indica ser possível o desenvolvimento de propostas não limitadas única e exclusivamente aos processos conceituais, mas que permitam integrar os conceitos, sua representação, aplicação, desenvolvimento ou realização do fenômeno estudado em articulação com outros campos de saber.

A análise dos cinco materiais também indica a necessária preocupação com os conteúdos que eles apresentam e que, por descuido, podem encaminhar entendimentos errôneos dos processos, procedimentos ou conceitos trabalhados. Por exemplo, no software E, nas etapas de preparo de solução, não são consideradas as solubilidades das espécies, ou seja, consideram-se todos os solutos solúveis em qualquer um dos solventes disponíveis e em qualquer temperatura. Não obstante se considerem algumas “licenças” permitidas pelo aspecto didático da explicação, consideramos ser fundamental a busca pela maior aproximação possível com o conhecimento de referência (Giordan, 2008; Giordan e Góis, 2004) e o afastamento a erros conceituais.

Por fim, não só a preocupação com os aspectos dos conteúdos e sua correção tem de ser considerada, mas também a ação docente no uso das ferramentas. Por exemplo, no software D as moléculas são representadas por circunferências. Nesse caso, é fundamental que a ação docente medie os entendimentos por meio da problematização do uso de representações na produção do conhecimento científico, haja vista o perigo da criação de

entendimentos realistas ingênuos (Bachelard, 1996) que são facilitados com os recursos imagéticos e interativos das ferramentas. Ignorar tais elementos pode levar ao desenvolvimento de limitações conceituais no momento em que tais conhecimentos forem tencionados por outras teorias ou modelos explicativos. Necessariamente, é fundamental compreender que tal cenário e limitações não comprometem o uso dos softwares, pois, conforme Arruda (2007), isso destaca a importância da mediação docente no desenvolvimento das atividades e da proposta de seu uso em sala de aula, de modo que as limitações não impedem que eles sejam utilizados, nem reduz sua importância.

### **Conclusões**

A análise dos artigos que discutem avaliação dos softwares educacionais, bem como dos próprios softwares, permitem reafirmar a importância do desenvolvimento, aplicação e qualificação de ferramentas digitais nos processos de ensino e de aprendizagem por possibilitarem novas metodologias e possibilidade de abordagens no ensino de Química.

Os softwares analisados neste trabalho apresentam funcionalidades que possibilitam certa autonomia do aluno, como no software E que permite a escolha dos reagentes e as condições que as reações devem ocorrer, assim como os hipertextos desconstruem a linearidade no estudo, e que os tornam interativos e de fácil utilização, possibilitando tanto estudos extraclasse quanto em sala pelo professor, servindo como um complemento aos outros materiais didáticos. Recursos como as animações, simulações, gráficos, imagens e vídeos presentes nos softwares auxiliam na mobilização de conceitos, fenômenos e linguagem representacional da Química num sentido de mais fácil compreensão e relação com outros conteúdos.

Nesse sentido, a articulação entre as funcionalidades possibilitadas pela ferramenta digital (como articulação conjunta de imagens, vídeos, animações, presença de hipertextos, etc.), uma boa operacionalidade, que relaciona estética, simplicidade de navegação e alta interatividade, com a escolha criteriosa dos conteúdos presentes e sua coerência com a proposta de ensino compactuam de modo intenso para a promoção da aprendizagem e para a qualificação do ensino. Isso se ratifica em nossa análise, a qual permite reforçarmos o argumento de que os softwares educacionais, quando explorados de forma coerente todos os seus recursos e objetivos, apresentam condições e potencialidades de mobilizar mais intensamente conhecimentos que articulam os três níveis de compreensão do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico), considerados fundamentais para a compreensão da Química.

Ainda que importantes aos processos de ensino e aprendizagem, a produção e o emprego desses materiais digitais não implica diretamente na mobilização de uma situação de aula mais dialógica e menos transmissiva – principalmente na tradição memorística do ensino superior em Química brasileiro. Nesse sentido, a análise geral do trabalho indica a necessidade de problematização das metodologias e perspectivas didáticas que, por meio do emprego desses e de outros materiais digitais têm a potencialidade de produzir maiores entendimentos dos conteúdos abordados em aula.

De forma geral, ainda se notam limitações técnicas e pedagógicas nos materiais analisados, fato que não os deslegitima ou minimiza sua importância e emprego em processos de ensino e de aprendizagem. Pelo contrário, tais elementos encaminham a necessidade de maior investimento no desenvolvimento de novos aplicativos, que abordem diferentes temas e em diferentes profundidades, além da divulgação não apenas de processos avaliativos dos materiais, mas também de propostas para sua utilização. Por essa perspectiva, acreditamos que isso poderá implicar numa maior utilização de tais materiais por professores e alunos nos espaços educacionais e, principalmente, no ensino superior de Química.

### **Referências bibliográficas**

Arruda, R. D. (2007). Reflexões sobre o uso das TIC por professores de programas de Pós-graduação em Educação Ambiental do Brasil e da de Pós-graduação em Educação Ambiental do Brasil e da de Pós-graduação em Educação Ambiental do Brasil e da Espanha. *Revista Latinoamericana de Tecnologia Educativa*, 6(1), 79-96.

Atkins, P., e Jones, L. (2012). *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman.

Ávila, B. G., Amaral, E. M., Müller, T. J., e Tarouco, L. M. (2012). Validação de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem baseada em uma visão Taxonômica. *Novas Tecnologias na Educação*, 10(3), 1-11.

Bachelard, G. (1991). *A filosofia do não*. Lisboa: Editoral Presença.

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto.

Barbosa, F. G., Mafezoli, J., Lima, M. A., Alexandre, F. S., Almeida, D. M., Leite Junior, A. J., e Silva Junior, J. N. (2015). Interactions: design, implementation and evaluation of a computational tool for teaching intermolecular forces in higher education. *Química Nova*, 38(10), 1351-1356.

Barro, M. R., Veras, L., e Queiroz, S. L. (2016). Blogs no ensino de química: análise de comentários publicados em disciplina de comunicação científica. *Química Nova*, 39(2), 238-244.

Barros, A. S. (2015). Expansão da Educação superior no Brasil: limites e possibilidades. *Educação e Sociedade*, 36(131), 361-390.

Dias Junior, L. C., e Marques Novo, J. B. (2014). Software para simulação de mecanismo de supressão da luminescência: modelo cinético de Stern-Volmer. *Química Nova*, 37(2), 361-366.

Eichler, M., e Del Pino, J. C. (2000). Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica. *Química Nova*, 23(6), 835-840.

Eichler, M., e Del Pino, J. C. (2006). *Ambientes Virtuais de Aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em Educação Ambiental*. Port Alegre: Editora da UFRGS.

Fialho, N. N., e Matos, E. L. (2010). A arte de envolver o aluno na aprendizagem de ciências utilizando softwares educacionais. *Educar em Revista*, 2, 121-136.

Francisco, C. C. (2011). Formação docente: o uso de conteúdos midiáticos e das tic no processo de ensino e de aprendizagem no ensino superior. *Acta Scientiarum*, 33(1) 49-55.

Giordan, M. (2008). *Computadores e Linguagens nas aulas de ciências*. Ijuí: Unijuí.

Giordan, M., e Góis, J. (2004). Telemática Educacional e Ensino de Química: Considerações em Torno do Desenvolvimento de um Construtor de Objetos Moleculares. *Revista Latinoamericana de Tecnologia Educativa*, 3(2), 41-59.

Johnstone, A. (1982). Macro and microchemistry. *The School Science Review*, 64(227), 377-379.

Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15.

Lenoir, T. (2004). *Instituindo a Ciência: A produção cultural das disciplinas científicas*. São Leopoldo: Unisinos .

Lopes, A. C. (1998). A disciplina química: currículo, epistemologia e história. *Episteme*, 3(5), 119-142.

Machado, A. S. (2016). Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 38(2), 104-111.

Martino, L. M. (2015). *Teorias das mídias digitais: linguagens, ambientes e redes* (2ª Ed.). Petrópolis: Vozes.

Meirinhos, M. (2015). Os desafios educativos da geração Net. *Revista de Estudios e Investigación em Psicología y Educación*, v. extr. 13, 125-129.

Ministério da Educação do Brasil (2017a). Programa Nacional de Tecnologia Educacional. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/proinfo/proinfo>

Ministério da Educação do Brasil (2017b). Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação de Professores da Educação Básica. Recuperado de [http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01\\_02.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01_02.pdf)

Ministério da Educação do Brasil (2017c). Conferência Nacional de Educação. Recuperado de [http://conae2014.mec.gov.br/images/pdf/doc\\_referencia\\_conae2014.pdf](http://conae2014.mec.gov.br/images/pdf/doc_referencia_conae2014.pdf)

Ministério da Educação do Brasil (2017d). Rede Interativa Virtual de Educação. Recuperado de <http://rived.mec.gov.br/>

Mortimer, E. F., Machado, A. H., e Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular no ensino de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, 23(2) 273-283.

Oliveira, A. S., Pimentel, F. S., Mercado, L. P., e Campos, T. (2013). Mundos virtuais e educação: desafios e possibilidades. *Revista Eletrônica de Educação*, 7(20) 227-240.

Park, M., Liu, X., Smith, E., e Waight, N. (2017). The effect of computer models as formative assessment on student understanding of the nature of models. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 572-580.

Pastoriza, B. S., Araujo, M. B., Amaral, S. T., Salgado, T. D., e Del Pino, J. C. (2007). Um objeto de aprendizagem para o ensino de Química Geral. *Novas Tecnologias na Educação*, 5(2), 1-10.

Reategui, E., Boff, E., e Finco, M. D. (2010). Proposta de Diretrizes para Avaliação de Objetos de Aprendizagem Considerando Aspectos Pedagógicos e Técnicos. *Novas Tecnologias na Educação*, 8(3), 1-10.

Rodrigues, L. P., e Moura, L. S. (2011). O tradicional e o moderno quanto à didática no Ensino superior. *Revista Científica do ITPAC*, 4(3), 1-9.

Rolando, L. G., Vasconcellos, R. F., Moreno, E. L., Salvador, D. F., e Luz, M. R. (2015). Integração entre Internet e Prática Docente de Química. *Revista Virtual de Química*, 7(3), 864-879.

Silva Junior, J. N., e Barbosa, F. G. (2012). Polarímetro virtual: desenvolvimento, utilização e avaliação de um software educacional. *Química Nova*, 35(9), 1884-1886.

Silva Junior, J. N., Barbosa, F. G., Leite Junior, A. J. e Eduardo, V. M. (2014). Ressonância: desenvolvimento, utilização e avaliação de um software educacional. *Química Nova*, 37(2), 373-376.

Silva Junior, J. N., Lopes, L. G., Lima, M. A., Carvalho, I. M., Uchoa, D. E., e Leite Jr., A. J. (2014). Soluções Químicas: Desenvolvimento, Utilização e Avaliação de um Software Educacional. *Revista Virtual de Química*, 6(4), 955-967.

Sorensen-Unruh, J. (2017). ConfChem Conference on Select 2016 BCCE Presentations: Radical Awakenings - A New Teaching Paradigm Using Social Media. *Journal of Chemical Education*, 94(12) 2002-2004.

Souza, N. S., Cabral, P. F. O., e Queiroz, S. L. Ambiente Virtual de Aprendizagem para a Aplicação de Atividade Didáticas Pautadas na Resolução de Estudos de Caso. *Química Nova na Escola*, 40(3), 153-159.

Souza, T. G., e Ferreira, R. Q. (2016). Considerações Gerais sobre o Uso do Ambiente Virtual de aprendizagem no ensino de Química Analítica. *Revista Virtual de Química*, 8(3), 992-1003.

Takahashi, T. (2000). *Sociedade da Informação no Brasil: livro verde*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia.

Torres, L. E. e Rodriguez, J. C. (2004). Concepciones de los profesores y estudiantes sobre prácticas de laboratorio de proyecto de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 15, 1-10.

University of Colorado (2017). *PhET Interactive Simulations*. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/chemistry>

University of Missouri-Rolla (2017). Tutorial materials and Resources By Professor Gary L. Bertrand. Recuperado de <http://web.mst.edu/~gbert/links.html>