



Revista
Educar Mais

Utilização de softwares de simulações computacionais para o ensino de estequiometria: uma revisão sistemática

Use of computer simulation software for stoichiometry teaching: a systematic review

Uso de software de simulación computacional para la enseñanza de la estequiometría: una revisión sistemática

Poliana de Sousa Carvalho¹  • Edgar Marçal de Barros Filho²  •
Luciana de Lima³ 

RESUMO

O conteúdo de Estequiometria é fundamental para o entendimento do conhecimento Químico. No entanto, devido sua complexidade e nível de abstração elevado é tido como de difícil compreensão, o que reforça a importância de o professor buscar e trabalhar com ferramentas de ensino que possam auxiliar no processo de aprendizagem dos estudantes, tais como softwares de simulações computacionais. Diante disso, desenvolveu-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de apontar os principais softwares computacionais que são utilizados para ensinar o referido conteúdo. Para tal, criou-se uma string de busca e aplicou em três bases de dados, a saber: Periódicos Capes, IEEE Xplore e ERIC, os trabalhos selecionados foram publicados entre os anos de 2013 e 2021. A revisão permitiu identificar alguns dos softwares utilizados e suas vantagens no ensino de Estequiometria, das quais destaca-se a capacidade de oferecer uma aprendizagem significativa e motivar os estudantes em relação ao conteúdo, além de permitir melhor visualização do que ocorre durante uma reação química, reduzindo assim, seu grau de abstração.

Palavras-chave: Softwares; Ensino de Química; Aprendizagem.

ABSTRACT

The content of Stoichiometry is fundamental for the understanding of chemical knowledge. However, due to its complexity and high level of abstraction, it is considered as difficult to understand, which reinforces the importance of the teacher to seek and work with teaching tools that can help in the process. students' learning process, such as computer simulation software. In view of this, a Systematic Literature Review (SRL) was developed with the objective of pointing out the main computational software that are used to teach the referred content. To this end, a search string was created and applied to three databases, namely: Periodicals Capes, IEEE Xplore and ERIC, the selected works were published between the years 2013 to 2021. The review allowed identifying some of the software used and its advantages in teaching Stoichiometry, of which the ability to offer meaningful learning and motivate students in relation to the content stands out, in addition to allowing better visualization of what occurs during a chemical reaction, thus reducing its degree of abstraction.

Keywords: Software; Chemistry teaching; Learning.

¹ É licenciada em Educação do Campo/Ciências da Natureza, Especialista em Metodologia do Ensino de Química e Mestranda no Programa de Pós-graduação em Tecnologia Educacional pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza/CE – Brasil. E-mail: poliana_sousa05@hotmail.com

² Graduado, Mestre e Doutorado em Ciência da Computação e Coordenador do Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza/CE – Brasil. E-mail: edgar@virtual.ufc.br

³ Licenciada em Matemática, Especialista em Psicopedagogia e em Tecnologia com ênfase em Telemática, Mestre e Doutora em Educação e Professora da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza/CE – Brasil. E-mail: luciana@virtual.ufc.br

RESUMEN

El contenido de la Estequiometría es fundamental para la comprensión de los conocimientos químicos. Sin embargo, por su complejidad y alto nivel de abstracción, se considera de difícil comprensión, lo que refuerza la importancia del docente de buscar y trabajar con herramientas didácticas que puedan ayudar en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, como el software de simulación por computadora. Ante esto, se desarrolló una Revisión Sistemática de Literatura (SLR) con el objetivo de señalar los principales softwares computacionales que se utilizan para la enseñanza de los referidos contenidos. Para ello se creó una cadena de búsqueda y se aplicó a tres bases de datos, a saber: Periódicos Capes, IEEE Xplore y ERIC, los trabajos seleccionados fueron publicados entre los años 2013 al 2021. La revisión permitió identificar algunos de los softwares utilizados y sus ventajas en didáctica de la estequiometría, de la que se destaca la capacidad de ofrecer un aprendizaje significativo y motivar a los estudiantes en relación con el contenido, además de permitir una mejor visualización de lo que ocurre durante una reacción química, reduciendo así su grado de abstracción.

Palabras clave: Enseñanza de la química; Aprendiendo.

1. INTRODUÇÃO

O Ensino de Química é constantemente associado a termos como “abstração” e “complexidade”. O que justifica essa associação é a forma como a disciplina está estruturada e ao recorrente uso de métodos de atividades que exigem a memorização de fórmulas e informações. Isso tem contribuído para a construção de uma disciplina limitada, desestimulante e incapaz de tornar o estudante ativo no seu processo de aprendizagem (SANTOS *et al.*, 2013).

A complexidade relacionada aos conteúdos que compõem o currículo da Química é proporcional ao grau de abstração dos assuntos, como por exemplo o de Estequiometria. Esse conteúdo baseia-se no estudo das transformações químicas, que são representadas geralmente por equações matemáticas, e, em conformidade com algumas Leis da Química vigentes, visa estabelecer relações de proporção, conservação e/ou composição da matéria durante as reações.

O referido conteúdo é um pilar para a compreensão dos demais conteúdos que compõem o currículo da disciplina e apesar de sua importância há que se destacar as dificuldades atreladas ao seu estudo, especialmente pela necessidade de tornar palpável algo que não pode ser visto macroscopicamente, uma vez que as reações químicas ocorrem no nível atômico. Dessa forma, a apresentação do assunto passa a ser abstrata e dificulta significativamente a capacidade de aprendizagem dos estudantes (PIEIDADE *et al.*, 2016).

Aspectos como esses evidenciam a necessidade de desenvolver novos métodos de ensino que sejam capazes de auxiliar na compreensão dos conteúdos relacionados à Química. Nessa perspectiva, destacam-se os simuladores computacionais, que podem ser compreendidos como *softwares* que apresentam (simulam) um modelo de um sistema natural ou artificial. A partir dessas simulações os estudantes são capazes de explorar de forma sistemática situações hipotéticas, levantar e testar hipóteses, formular perguntas e relacionar características do modelo conceitual com os fenômenos naturais, tornando-se agentes ativos de sua própria aprendizagem (RUTTEN; JOOLIGEN; VEEN, 2007).

Nessa perspectiva, Martins *et al.* (2020), enfatizam que a utilização de simulações computacionais na disciplina de Química torna-se relevante devido à capacidade de permitir a visualização de símbolos, trazendo essas representações de forma macroscópica, permitindo assim uma melhor compreensão do conteúdo. Outra característica destacada pelos autores quanto a utilização das simulações é a

capacidade de oferecer aos professores ampla estrutura e suporte para a realização de suas práticas pedagógicas.

Ainda nesse âmbito, é importante ressaltar que as simulações têm como características principais auxiliar na explicação do conteúdo, estimular a concentração dos discentes e prender a atenção dos sujeitos, isso é possível pelo fato destas permitirem a compreensão de conteúdos abstratos através dos níveis simbólicos, macroscópicos e microscópicos (MARTINS *et al.*, 2020; MENDES; SANTANA; JUNIOR, 2015).

Apesar das vantagens da utilização desses recursos, é importante ressaltar que nenhuma tecnologia é robusta o suficiente para substituir o professor e, além disso, o êxito de sua utilização está relacionado diretamente ao grau de conhecimento que o docente tem acerca dessas tecnologias. Isso reforça a necessidade dessas ferramentas serem utilizadas de forma crítica e reflexiva, de maneira que suas vantagens possam ser exploradas, mas também que as problemáticas que envolvem sua utilização sejam tratadas de forma responsável e crítica (PIEIDADE; GUIMARÃES; MACEDO; SANTANA, 2016).

Nesse contexto, é importante destacar o papel das metodologias adotadas quando se faz uso dessas simulações, haja vista que, quando esses *softwares* são associados a utilização de metodologias ativas há a possibilidade de potencializar ainda mais suas vantagens. Isso se deve à capacidade desse tipo de método envolver os estudantes, permitindo-lhes que assumam uma postura ativa no seu processo de aprendizagem (PAIVA *et al.*, 2016).

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo identificar quais *softwares* de simulações computacionais são utilizados para ensinar o conteúdo de Estequiometria, a forma que essas simulações são utilizadas no referido conteúdo e as contribuições para o ensino de Estequiometria. Esse artigo trata-se de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) realizada a partir de pesquisas empíricas relacionando a utilização de *softwares* de simulações computacionais no conteúdo da Estequiometria.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo trata-se de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), compreendida por Kitchenham (2004) como a possibilidade de associar e avaliar as evidências empíricas de um determinado campo de estudo a partir de análises disponíveis sobre os assuntos de interesse e através disso obtendo-se conclusões sobre as questões de pesquisa. O referido autor propõe algumas etapas para o desenvolvimento da RSL, as quais foram adotadas na presente pesquisa:

- I. Planejamento: Etapa que compreendeu a definição das Questões de Pesquisa (QPs) e criação de uma *string* para a busca de trabalhos relevantes sobre a temática em bases de dados;
- II. Condução: Etapa que compreendeu a aplicação da *string* de busca em bases de dados nacionais e internacionais e aplicação de filtros para ajudar na seleção do material, bem como critérios de inclusão e exclusão;
- III. Relato: Etapa que compreendeu a análise dos trabalhos selecionados e discussão acerca dos *softwares* encontrados para o ensino de Estequiometria, suas vantagens e dificuldades

relacionadas a seu uso com base nas QPs elaboradas anteriormente. As QPs e suas respectivas motivações estão dispostas no Quadro 1.

Quadro 1: Questões de pesquisa e motivação

Questões de pesquisa	Motivação
QP1. Quais <i>softwares</i> de simulações computacionais são utilizados para ensinar Estequiometria?	Identificar os <i>softwares</i> que são utilizados para ensinar o conteúdo de Estequiometria.
QP2. Qual é a metodologia de ensino utilizada quando se faz uso de simuladores computacionais no ensino de Estequiometria?	Investigar quais metodologias de ensino são utilizadas quando se faz uso de simuladores computacionais no ensino de Estequiometria.
QP3. Quais são as vantagens da utilização de simulações computacionais no ensino de Estequiometria?	Verificar as vantagens apontadas pelas pesquisas em relação a utilização de simulações no ensino de Estequiometria.
QP4. Quais são os problemas da utilização de simulações computacionais no ensino de Estequiometria?	Apresentar os problemas relacionados à utilização de simulações computacionais no conteúdo Estequiometria.

Fonte: Autoria própria (2023).

Após a delimitação das QPs e da motivação, definiu-se uma *string* (Quadro 2) de busca que fosse capaz de alcançar um número razoável de trabalhos referentes à temática abordada. Para isso utilizou-se a palavra *software* por ser o objeto de estudo da revisão e a palavra *stoichiometry* que se refere ao conteúdo de Química tema deste estudo. Utilizou-se o booleano AND para juntar os dois termos.

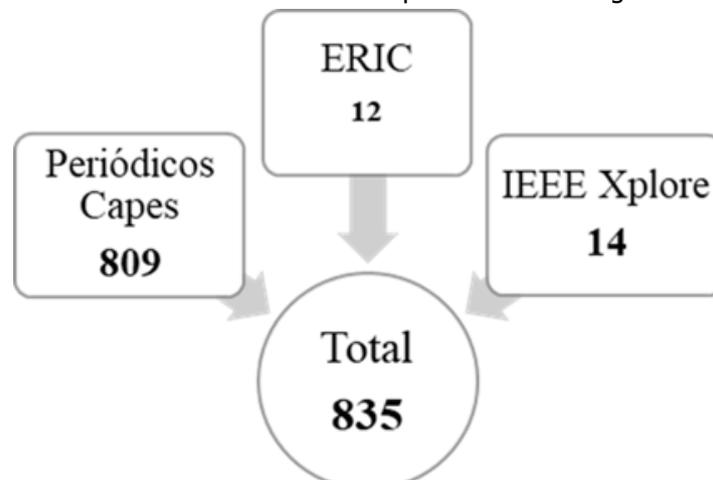
Quadro 2: *String* de busca definida para busca nas bases de dados

Escopo	<i>String</i>
Tecnologia	<i>Software AND</i>
Educação	<i>Stoichiometry</i>

Fonte: Autoria própria (2023).

A *string* de busca definida foi então utilizada para realizar-se uma busca nas seguintes bases de dados: *Educational Resources Information Center* (ERIC); Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE XPLORE) e Periódicos CAPES. Os resultados obtidos em cada base estão expressos na Figura 1.

Figura 1: Bases de dados utilizadas e quantidade de artigos encontrados



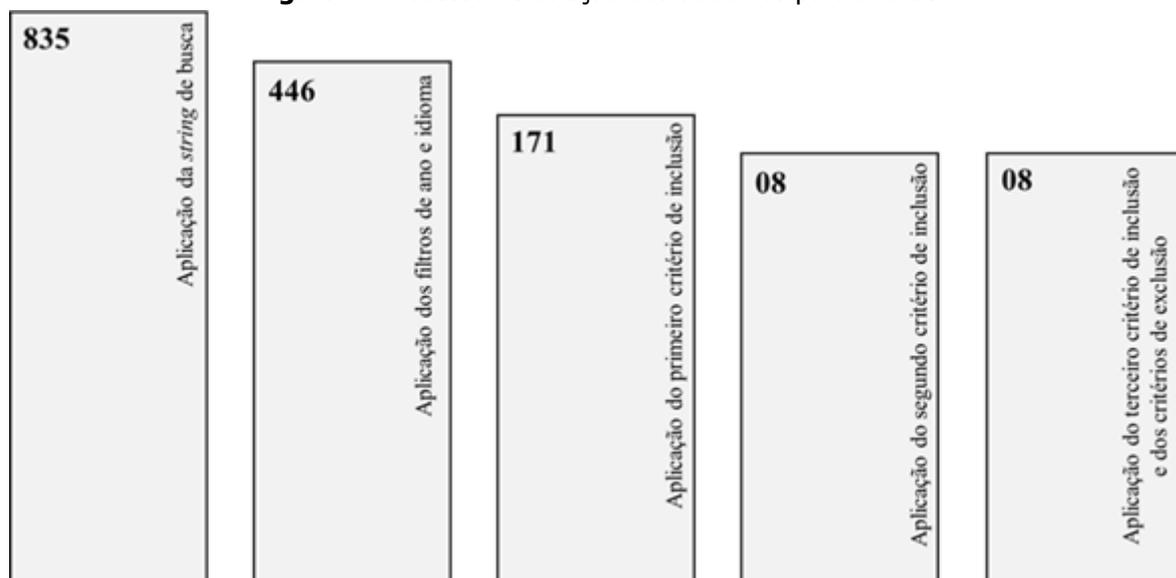
Fonte: Autoria própria (2023).

Ao final da busca inicial, foram definidos alguns critérios de inclusão e exclusão visando selecionar os trabalhos que respondessem às perguntas de pesquisa propostas. Os critérios definidos foram: a) de **inclusão**: 1) artigos contendo as palavras *software* e *stoichiometry* nas palavras-chave e, 2) no resumo; 3) abordar obrigatoriamente o uso de *softwares* computacionais para o ensino de Estequiometria ou Balanceamento de Equações Químicas; e, b) de **exclusão**: 1) trabalhos incompletos; 2) trabalhos que não fossem publicados em periódicos científicos. Além dos critérios utilizados, foram definidos os seguintes filtros: publicação entre 2013 e 2021; trabalhos publicados em língua inglesa, portuguesa ou espanhola.

3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta o resultado da quantidade de trabalhos encontrados após a aplicação da *string* de busca nas bases de dados. No levantamento foram encontrados 835 artigos divididos nas três bases de dados. A partir desse total, foi realizada a discriminação através dos filtros e critérios de seleção pré-definidos. Inicialmente, selecionaram-se os trabalhos publicados entre 2013 e 2021, publicados em língua inglesa, portuguesa ou espanhola, reduzindo o total de artigos para 448. Em sequência, aplicou-se o primeiro critério de inclusão, reduzindo o quantitativo para 171 e posteriormente o segundo critério de inclusão, obtendo-se um total de 08 trabalhos que foram lidos na íntegra para aplicação do terceiro critério de inclusão e dos respectivos critérios de exclusão. Ao final, o quantitativo de trabalhos analisados na pesquisa foi de 08 (oito).

Figura 2: Processo de seleção dos trabalhos para análise



Fonte: Autoria própria (2023).

Apesar da busca ter sido realizada nas três bases de dados citadas anteriormente, os 08 artigos selecionados estão distribuídos apenas nas bases "Periódicos Capes" e "ERIC", uma vez que após a aplicação dos filtros, nenhum dos 14 artigos encontrados na *IEEE Xplore* atendeu aos critérios de inclusão. Os artigos estão distribuídos em sete países entre os anos de 2013 e 2021 (Quadro 3). O ano com maior número de artigos encontrados foi o ano 2021, coincidentemente período em que o mundo sofreu com a pandemia de COVID-19 e, conseqüentemente, a utilização das tecnologias ficou mais evidente. Em contrapartida, os trabalhos analisados não mencionam nenhuma relação com a pandemia de COVID-19.

Quadro 3: Título, base de dados, ano de publicação e país de origem dos artigos selecionados

TÍTULO DO ARTIGO	BASE DE DADOS DISPONÍVEL	ANO DE PUBLICAÇÃO	PAÍS DE ORIGEM
Utilization of PhET <i>software</i> in chemistry teaching in a public school of grajaú, maranhão	Periódicos CAPES	2019	Brasil
Using Audience Response Systems during Interactive Lectures To Promote Active Learning and Conceptual Understanding of Stoichiometry	Periódicos CAPES	2014	Colômbia
Balanceo de Ecuaciones Químicas Integrando las Asignaturas de Química General, Algebra Lineal y Computación: Un Enfoque de Aprendizaje Activo	Periódicos CAPES	2014	México
Computational Simulation of Gas-Solid Flow to Reduce Erosion in a Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler	Periódico CAPES	2021	Suécia
Comparative evaluation of atom mapping algorithms for balanced metabolic reactions: application to Recon 3D	Periódicos CAPES	2017	Luxemburgo
Assessing the Development of Chemistry Students' conceptual and Visual Understanding of Dimensional Analysis via Supplemental Use of Web-Based <i>Software</i>	Periódicos CAPES	2013	Estados Unidos
ICT: Didactic Strategy using Online Simulators for the Teaching Learning of the Law of Conservation of Matter and its Relationship to Chemical Reactions in Higher Middle Education	ERIC	2021	México
Online Simulators for the Teaching of the Law of Conservation of Matter and Chemical Reactions in High School	ERIC	2021	México

Fonte: Autoria própria (2023).

A seguir, serão apresentados os resultados encontrados para as QPs propostas no Quadro 1.

3.1 QP1. Quais *softwares* de simulações computacionais são utilizados para ensinar Estequiometria?

Após a análise dos artigos finais selecionados, foi possível identificar os *softwares* de simulações computacionais utilizados para ensinar o conteúdo de Estequiometria, bem como o endereço eletrônico em que estão disponíveis para acesso, a saber:

- Turning Point Audience Response System (*software* utilizado para auxiliar o Ensino de Estequiometria através de um dispositivo infravermelho), disponível em: <https://library.gwu.edu/turningpoint>.
- Computational Particle Fluid Dynamics (CPFD), disponível em: <https://cpfd-software.com/technology/>.
- Reaction Decoder Tool (RDT), disponível em: <https://github.com/asad/ReactionDecoder>.
- *Software* Conversionoes (link não disponível).
- *Software* EBAS-equation balancer. Disponível em: <https://www.chembuddy.com/EBAS-balancing-chemical-equations>.
- Physics Education Technology (PhET), disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

3.2 QP2. Qual é a metodologia de ensino utilizada quando se faz uso de simuladores computacionais no ensino de Estequiometria?

A análise dos artigos apontou algumas metodologias utilizadas quando se trata do uso de *softwares* de Simulação computacional no ensino de Estequiometria. As mais utilizadas foram: Sequências Didáticas (Obaya; Barocio; Rodríguez, 2021; Barocio; Valdivia; Rodriguez, 2021), realização de intervenções acompanhadas de entrevistas (Mamombre; Mathabathe; Gaigher, 2021; Gonzalez *et al.*, 2017), testes de múltiplas escolhas para os estudantes selecionarem as alternativas corretas (COTES; COTUÁ, 2014; ELLIS, 2013) e ministração de aulas com e sem os *softwares* para comparar o desempenho dos estudantes (PASSOS *et al.*, 2019).

3.3 QP3 - Quais são as vantagens da utilização de simulações computacionais no Ensino de Estequiometria?

Os artigos selecionados apontam muitas vantagens quanto a utilização de *softwares* de simulações computacionais para o ensino de Estequiometria. Uma das mais mencionadas nos trabalhos foi o fato da ferramenta ser essencial para o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que facilita a compreensão de informações abstratas e complexas (Obaya; Barocio; Rodríguez, 2021; Barocio; Valdivia; Rodriguez, 2021). Outras vantagens da utilização do *software* estão relacionadas a sua capacidade de tornar a aprendizagem significativa pelo fato do estudante assumir o controle de seu processo de aprendizagem (Cotes; Cotuá, 2014). Os trabalhos analisados enfatizam que o uso dessas simulações possui efeitos positivos em relação aos estudantes, pois torna-os mais autoconfiantes, desenvolve um maior raciocínio e capacidade de compreensão e motiva os sujeitos para participação nas atividades que envolvem os conteúdos.

3.4 QP4 - Quais são os problemas da utilização de simulações computacionais no ensino de Estequiometria?

A maioria dos artigos analisados na presente RSL não tratam as problemáticas que envolvem a utilização dos *softwares* de forma crítica. Muito brevemente mencionam algumas dificuldades quanto a utilização dessas ferramentas, relacionadas principalmente a compreensão quanto ao manuseio. Diante da problemática exposta, os trabalhos apontam soluções como vídeos explicativos, tutoriais e explicação por parte dos sujeitos envolvidos de como funcionam esses *softwares* (ELLIS, 2013).

4. DISCUSSÃO

A QP1 buscou compreender quais *softwares* de simulações computacionais são mais utilizados no ensino do conteúdo Estequiometria em Química. Dentre os seis encontrados, o PhET foi o que mais se destacou, totalizando 42,6% (n= 3) de menção, nos artigos analisados, o que pode ser atribuído à sua capacidade de apresentar características que facilitam sua utilização como por exemplo ser gratuito, ter fácil acesso, poder ser adaptado tanto para *smartphone*, quanto para computadores. Além disso, o PhET pode auxiliar em instituições escolares que não possuem laboratórios de Química facilitando a compreensão dos conteúdos abstratos e complexo, caso da Estequiometria (OBAYA; BAROCIO; RODRÍGUEZ, 2021).

Sobre a utilização do PhET os trabalhos apontam que a ferramenta proporciona visualização e interação entre o ambiente e os sujeitos, fugindo da proposta de ensino tradicional e facilitando a construção da aprendizagem de forma autônoma e autodidata (OBAYA; BAROCIO; RODRÍGUEZ, 2021). Os artigos analisados elencam diversas contribuições da utilização dessas ferramentas para o ensino de Estequiometria, sendo uma delas a adequação do conteúdo à ferramenta (COTES; COTUÁ, 2014). Mamombre, Mathabathe e Gaighe (2021), apontam que os *softwares* melhoram as percepções dos estudantes em relação ao conteúdo. Além disso, estimulam a participação e motivam os estudantes o que contribui significativamente para a compreensão de conteúdos relacionados a Química.

Os outros *softwares* encontrados nos trabalhos selecionados, obtiveram um percentual de aparição igual a 14,2% (n=1) cada. A menor citação desses *softwares* em relação ao PhET, pode estar relacionada a alguns fatores, como por exemplo o fato de alguns serem utilizados como ferramentas auxiliares de outras tecnologias para o ensino da Estequiometria. A exemplo do fato mencionado, destaca-se o *software* Turning Point Audience Response System que foi utilizado para auxiliar um dispositivo infravermelho no referido conteúdo.

Após essa junção, os autores Cotes e Cotuá (2014), relatam que o *software* Turning Point Audience Response System contribuiu para a identificação das massas de reagente e produtos em uma equação química e ajudou a compreender a relação da massa em uma Equação Química. No entanto, os autores não mencionam outras vantagens da utilização do *software* no decorrer da pesquisa e não especificam em quais momentos aconteceu a utilização do *software* ou do dispositivo infravermelho.

O *software* Conversionoes também aparece com um percentual de 14,2% (n=1) e, diferentemente dos demais, não se encontra disponível para a utilização de outras pessoas ou instituições, o trabalho menciona apenas o desenvolvimento da ferramenta para professores e estudantes do Ensino Médio, em uma região metropolitana de Chattanooga. Após o desenvolvimento do *software* ele foi usado e criticado por professores e estudantes do Ensino Médio, da região metropolitana de Chattanooga na disciplina de Química Geral. O *software* foi testado por dois professores com 20 anos de experiência no ensino de Química, cada. Após essa etapa, aconteceu a utilização da ferramenta por parte dos estudantes e com a aplicação de pré-teste e pós-testes, constatou-se que acontece a melhoria dimensional em alguns conteúdos, como por exemplo a Estequiometria (ELLIS, 2013).

Dentre os *softwares* identificados, aparece o Reaction Decoder Tool (RDT), com percentual equivalente a 14,2% (n=1). Apesar do foco do trabalho ser abordar aplicativos móveis para o ensino do conteúdo de Estequiometria, é feita uma breve abordagem sobre a capacidade do *software* RDT em mapear Reações Químicas, o que permite identificar os átomos presentes nessas Reações

(GONZALEZ *et al.*, 2017). Segundo os autores supracitados, a associação de mapeamento de átomos e a Estequiometria permite aplicações novas, que se sobressaem ao estudo da Estequiometria como uma reação sozinha.

Outro *software* também identificado na análise dos artigos selecionados é o Computational Particle Fluid Dynamics (CPFD), com o mesmo percentual dos *softwares* anteriores, 14,2% (n = 1). A ferramenta em questão não se trata especificamente de um *software* para Balancear Equações Químicas, mas sim para simular o fluxo de gás-sólido. No entanto, apesar de não acontecer o Balanceamento de Equações Químicas, utiliza-se a Estequiometria para acompanhar a redução dos parâmetros operacionais do gás-sólido (WISYALDIN *et al.*, 2020).

Por fim, identifica-se o *software* EBAS-equation balancer com um total de 14,2% (n =1) de menção nos artigos analisados. O EBAS permite um balanceamento rápido de Equações Químicas, o *software* é capaz de estimar o peso das moléculas e realizar vários cálculos, dentre eles o de estequiometria. No entanto, apesar de ser uma ótima ferramenta, o EBAS não é disponibilizado de forma gratuita para utilização ilimitada. O recurso oferece uma experiência de 30 dias de uso gratuito e logo após esse prazo, uma taxa para utilização, será cobrada (REGALADO-MÉNDEZ, 2014).

A partir da explanação dos *softwares* identificados nos trabalhos analisados, percebe-se que todos eles são capazes de contribuir de alguma maneira para o ensino da Estequiometria e podem ser utilizados de diversas formas. No entanto, é válido ressaltar que as características do *software* de simulações interativas PhET, fazem dele uma ferramenta mais acessível em relação aos outros *softwares* mencionados.

A QP2 buscou compreender o tipo de metodologia utilizada quando se trata do Ensino de Estequiometria com auxílio de *Softwares* de simulações computacionais. Pôde-se perceber que as Sequências Didáticas (SD) são as mais utilizadas, totalizando 37,5% (n =3) do percentual de utilização. Elas são compreendidas por Zabala (1998, p.18) como "um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes". Pressupõe-se que a utilização desse tipo de metodologia, justifica-se pela sua capacidade de atuação em vários espaços de construção do conhecimento.

Nessa perspectiva, Leite *et al.* (2020) apontam que elas estimulam o trabalho em equipe, são capazes de melhorar a capacidade de observação e contribuem para a aprendizagem de conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais. Ademais, além de proporcionar melhorias no Ensino de Ciências da Natureza, as SD quando associadas às Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) são consideradas metodologias que possibilitam melhorias na recuperação de conteúdos considerados complexos e abstratos e ajudam na superação de dificuldades de aprendizagem. Finalmente possibilitam a inserção de recursos durante as aulas, tais como vídeos de animação, simulações, criação de sites, google sala de aula e ambientes virtuais de aprendizagem (LEMOS; KAIBER, 2019; BORGES, 2019).

Como resposta para a QP2 surgiu também a realização de entrevistas, intervenções e aplicação de questionário de múltipla escolha para acompanhar o desempenho dos estudantes com um percentual de 25% (n= 2). A realização de intervenções é relevante pelo fato de possibilitarem aos sujeitos uma reflexão de suas práticas no desenvolvimento das atividades permitindo assim, uma melhoria na qualidade de seu desempenho (ANDRADE; JUNIOR; BUFFON, 2018).

A ministração de aulas fazendo um paralelo entre a utilização e a não utilização de *softwares* foi uma das metodologias utilizadas durante a aplicação dessas ferramentas, totalizando 25% de menção nos artigos analisados (n=2). As aulas expositivas sem a utilização do *software* tendem a ser monótonas para os estudantes, fazendo com que o conteúdo seja menos compreendido. Assim, a utilização de recursos tecnológicos como os simuladores pode despertar o interesse dos estudantes pelo assunto estudado, fazendo com estes compreendam melhor o conteúdo (PASSOS *et al.*, 2019).

A utilização de entrevistas aparece com um percentual de 12,5% (n=1), sendo a metodologia menos utilizada no ensino através de *softwares*. Apesar do baixo uso, esse método é relevante por permitir comunicação e interação humana no processo, possibilitando assim, que não sejam coletadas apenas informações, mas que reflexões acerca do processo de aprendizagem sejam feitas. Nessa perspectiva a utilização de tal metodologia destaca-se no ensino, pois consegue além de coleta de dados, reflexões acerca do processo de aprendizagem (RESTE, 2015).

Ellis (2013) compreende a entrevista como uma oportunidade de entender a explicação dos estudantes sobre suas percepções conceituais e estruturais acerca do conteúdo estudado, além disso, a entrevista é capaz de criar um ambiente, no qual os estudantes conseguem compartilhar seus pensamentos durante a resolução de problemas, analisam dados e realizam outras atividades. A partir da observação durante uma entrevista, é possível que o professor ou pesquisador compreenda melhor o estudante. Sobre a utilização das metodologias de ensino, os autores concluíram que os métodos utilizados mostraram resultados positivos quanto a utilização do *software* no ensino de Estequiometria (OBAYA; BAROCIO; RODRÍGUEZ, 2021).

A QP3 buscou identificar as vantagens da utilização de *softwares* de simulações computacionais no conteúdo Estequiometria. Dentre as mencionadas, estão a capacidade de facilitar a compreensão de informações difíceis, proporcionando assim aprendizagem significativa aos sujeitos envolvidos e apontam resultados satisfatórios no desenvolvimento de atividades acadêmicas, o percentual de aparição dessas vantagens totalizou 16,6% (n=3) (OBAYA; BAROCIO; RODRÍGUEZ, 2021). Os autores enfatizam ainda que a utilização dos simuladores complementa a forma de ensino e aprendizagem utilizada em sala de aula através da melhoria na compreensão de conceitos complexos, com 33,2% (n=2).

Outro ponto positivo relacionado a utilização dos *softwares* para o Ensino de Estequiometria é a capacidade de ajudar a compreender a partir da visualização o que acontece em uma reação química, com um valor equivalente a 16,6% (n=1). A partir da observação visual o sujeito consegue identificar os símbolos, o estado dos elementos envolvidos no processo. A partir de tal compreensão do conteúdo, realizar o balanceamento de uma reação química, através de equações matemáticas torna-se mais compreensível e menos abstrato (OBAYA; BAROCIO; RODRÍGUEZ, 2021; BAROCIO; VALDIVIA; RODRIGUEZ, 2021).

Nessa perspectiva Ellis (2013), aponta que a utilização de tecnologias tal qual *softwares* de simulações, quando associadas ao processo de aprendizagem, proporcionam uma série de pontos relevantes a exemplo da aprendizagem significativa, desenvolvimento de pensamento crítico, melhoria nas habilidades de resolução de problemas, além disso é possível desenvolver novas ferramentas de aprendizagem inovadoras que podem aprimorar as habilidades científicas dos sujeitos, o percentual dessa vantagem é igual a 16,6% (n=1).

Para Cotes e Cotuá (2014), as vantagens dos *softwares* de simulação computacional estão relacionadas principalmente a capacidade de envolver os estudantes em seu processo de aprendizagem, essas ferramentas são capazes de transformar o ambiente da sala de aula em espaços empolgantes e com capacidade de motivar os estudantes, 16,6% (n=1). Acrescentam ainda, que os estudantes passaram a confiar no processo de aprendizagem pelo fato de terem a oportunidade de corrigirem seus erros, equívocos e esclarecer as dúvidas, o que significativamente melhorou seu processo de aprendizagem.

Sobre as vantagens de utilização de *softwares* de simulações computacionais, Mamombre, Mathabathe e Gaighe (2021), concordam com todos os pontos positivos relacionados até aqui, uma vez que enfatizam que a utilização de simuladores despertou o interesse, a participação e a aprendizagem significativa, além de melhorar consideravelmente a compreensão e o desempenho dos estudantes no conteúdo de Estequiometria.

A QP4 tentou identificar as problemáticas relacionadas a utilização dessas ferramentas no ensino de Estequiometria. No entanto, as pesquisas aqui analisadas não abordam as problemáticas relacionadas a essas ferramentas de forma crítica. Percebeu-se que o foco dos trabalhos está relacionado principalmente em como essas ferramentas podem contribuir no processo de aprendizagem e como estão sendo utilizadas. Uma das poucas problemáticas mencionadas nos trabalhos analisados, está relacionada a dificuldade em entender o funcionamento dos *softwares* (ELLIS, 2013). Para solucionar essa problemática são apontadas soluções como tutoriais e vídeos explicativos.

Apesar dos artigos selecionados não apontarem problemáticas relacionadas a utilização dessas ferramentas é importante ressaltar que existem algumas restrições quanto ao uso de *softwares*. Algumas delas estão relacionadas ao fato de alguns professores terem dificuldades quanto ao uso das tecnologias, de alguns espaços escolares não contarem com acesso à internet ou laboratórios de informática com equipamentos que auxiliariam esse processo (MARTINS, *et al.*, 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto na RSL, é possível concluir que alguns *softwares* de simulações computacionais estão sendo utilizados no conteúdo de Estequiometria. A análise dos artigos permitiu compreender como essas ferramentas são utilizadas no processo de ensino e aprendizagem e as vantagens que apresentam quando utilizadas no conteúdo, sendo uma das principais a capacidade de ajudar o estudante a compreender a partir da visualização o que acontece em uma reação química reduzindo assim, o nível de abstração do conteúdo. Através da RSL, foi possível identificar também que as problemáticas relacionadas a utilização dessas tecnologias ainda não são tratadas de forma crítica, o que permite concluir que existe a necessidade de discutir eventuais problemas que envolvem a utilização de *softwares* de simulações computacionais no ensino de Estequiometria e, conseqüentemente no Ensino de Química como um todo.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcelo Esteves; BUFFON, Luiz Otavio; JUNIOR, Alfeu Scarpato. O uso de um *software* de simulações para a aprendizagem de circuitos elétricos simples: uma abordagem a partir do ensino por investigação. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 2, p. 59 -72, 2018.

BAROCIO, Yvonne Rodriguez; VALDIVIA, Adolfo Eduardo Obaya; VARGAS-RODRIGUEZ, Yolanda M. ICT: Didactic Strategy using Online Simulators for the Teaching Learning of the Law of Conservation of Matter and its Relationship to Chemical Reactions in Higher Middle Education. **International Journal of Educational Technology and Learning**, v. 10, n. 2, p. 56-67, 2021.

BORGES, José Augusto. **Inserção de sequências didáticas em ambientes virtuais de aprendizagem e sua aplicação pelos professores de Biologia**. 2019. 141f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Brasília, 2019.

BRASIL, Ministério da Educação – Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília:1998.

BRASIL, Lei nº 9.394. LDB - **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, de 20 de dezembro de 1996. D.O.U. 1996.

COTES, Sandra; COTUÁ, José. Using audience response systems during interactive lectures to promote active learning and conceptual understanding of stoichiometry. **Journal of chemical education**, v. 91, n. 5, p. 673-677, 2014.

ELLIS, Jennifer T. Assessing the development of chemistry students' conceptual and visual understanding of dimensional analysis via supplemental use of web-based *software*. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 5, p. 554-560, 2013.

GONZALEZ, German A. Preciat; NORONHA, Alberto; THIELE, Ines; HARALDSDÓTTIR, Hulda S.; FLEMING, Ronan M. T. Comparative evaluation of atom mapping algorithms for balanced metabolic reactions: application to Recon 3D. **Journal of cheminformatics**, v. 9, p. 1-15, 2017.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, s/n, p. 1-26, 2004.

LEITE, Luciana Rodrigues; RODRIGUES, Acássio Paiva; LIMA, Maria Socorro Lucena; MOURA, Francisco Nunes de Souza; FIRMINO, Nairley Cardos Sá; NASCIMENTO, Francisco Jeovane; CASTRO, Eliziane Rocha; ARAGÃO, Fabiana Martins. O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 11, n.2, p. 177-188, 2020.

LEMONS, Andrielly; KAIBER, Carmen. Construindo uma sequência didática sobre equação de 1º grau com uso das tecnologias da informação e comunicação. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**, v. 26, p. 2019-2027, 2013.

MAMOMBE, Charles; MATHABATHE, Kgadi C.; GAIGHER, Estelle. Teachers' and learners' perceptions of stoichiometry using pogil: a case study in south africa. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 17, n. 9, p. em2003, 2021.

MARTINS, Sabrina Oliveira; SERRÃO, Caio Renan Goes; SILVA, Maria Dulcimar de Brito; REIS, André Silva. O uso de simuladores virtuais na Educação Básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química. **Revista Ciências & Ideias**, v. 11, n. 1, p. 216-233, 2020.

MENDES, Abinadabis; SANTANA, Genilson; JÚNIOR, Erasmo Pessoa. O uso do *software* PhET como ferramenta para o ensino de Balanceamento de Reação Química. **Revista Areté**, v.8,n.16, p. 52-60, 2015.

MOTOKANE, Marcelo Tadeu. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 115-138, 2015.

OBAYA, Adolfo V.; BAROCIO, Yvonne Rodríguez; RODRIGUEZ, Yolanda Marina Vargas. Online Simulators for the Teaching of the Law of Conservation of Matter and Chemical Reactions in High School. **Science Education International**, v. 32, n. 3, p. 209-219, 2021.

PAIVA, Marlla Rúbya Ferreira; PARENTE, José Reginaldo Feijão; BRANDÃO Israel Rocha; QUEIROZ, Ana Helena Bomfim. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n. 2, 2016.

PASSOS, Ionara Nayana Gomes; SOUSA, José Luis dos santos; SOUSA, Sandro Ferreira; LEAL, Romário Cardoso. Utilização do *software* PhET no ensino de Química em uma escola pública de Grajaú, Maranhão. **Revista observatório**, v.5, n.3, p. 335-365, 2019.

PIEIDADE, Claudenor; GUIMARÃES, José Waldemar Negrão; MACEDO, Valdir B.; SANTANA, Genilson Pereira. Abordagem de reações químicas: uso do simulador PhET. **Scientia Amazonia**, v. 5, n. 2, p. 72-76, 2016.

REGALADO-MÉNDEZ, Alejandro; DELDAGO-VIDAL, Fátima K; MARTINEZ-LÓPEZ, Roberto E; PERALTA-REYES, Ever. Balanceo de Ecuaciones Químicas integrando las asignaturas de Química general, Algebra Lineal y computación: un enfoque de aprendizaje activo. **Formación Universitaria**, v. 7, n. 2, p.29-40, 2014.

RESTE, Carmen Domingues. O potencial da entrevista em contexto educativo: uma experiência investigativa. **Educação em Revista**, v.31, n.4, p.223 - 248, 2015.

RUTTEN, Nico; VAN JOOLINGEN, Wouter R.; VAN DER VEEN, Jan T. Os efeitos de aprendizagem de simulações de computador no ensino de ciências. **Informática & educação**, v. 58, n. 1, p. 136-153, 2012.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de estudantes do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, 2013.

WISYALDIN, MK.; AKSHINTA, PY.; BARKATI, A.; HISJAM, M. Computational Simulation of Gas-Solid Flow to Reduce Erosion in a Circulating Fluidized Bed (CFB) Boiler. In: **Série de Conferências IOP: Ciência e Engenharia de Materiais**. Editora IOP, 2021. p. 012134.

ZABALA, Antoni. **Prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

Submissão: 20/02/2023

Aceito: 29/04/2023