

## ABORDAGENS CTS EM JOGOS DIGITAIS DESENVOLVIDOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Junivaldo Mendonça Lemos<sup>1</sup>, Hawbertt Rocha Costa<sup>2</sup>

### RESUMO

Parte-se da hipótese de que as questões do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), relacionadas aos jogos digitais, podem contribuir com reflexões pedagógicas para a formação cidadã. E, também, diante da facilidade de acesso às tecnologias de desenvolvimento de *games*, a presente pesquisa buscou analisar trabalhos que abordassem o uso de jogos digitais para o ensino de Química em uma perspectiva sociocultural. O objetivo central da pesquisa foi caracterizar o enfoque CTS em jogos digitais desenvolvidos para o ensino de Química, buscando relações que possam equilibrar o *design* de games e o *design* instrucional, contribuindo para novos desenvolvimentos. Este trabalho caracteriza-se como do tipo qualitativo, exploratório e de natureza bibliográfica, estando pautado na Revisão Sistemática da Literatura, em conjunto com a Análise Temática, cujo protocolo buscou responder às questões de pesquisa por meio da análise de fontes primárias selecionadas nas bases de dados *Google Scholar*, *SciELO*, *Web of Science* e *Scopus*, publicadas no período de 2015 a 2020. Nas buscas, foram encontrados 296 estudos primários. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, apenas 21 estudos compuseram o *corpus* de pesquisa. Os resultados apontam lacunas de pesquisa na temática CTS com os jogos digitais para o ensino de Química. No entanto, os jogos digitais se apresentaram como motivadores, aumentando o interesse dos jogadores com relação ao aprendizado de Química, uma vez que os conteúdos abordados, num Enfoque CTS, tornam-se mais significativos e exigem dos estudantes postura crítica e tomada de decisão em situações-problemas do jogo análogas ao mundo real.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química, relações CTS, jogos digitais, *design* de games, *design* instrucional.

---

<sup>1</sup> Mestre em Ensino de Ciência e Matemática pela Universidade Federal do Maranhão. Professor da Secretaria do Estado da Educação e do Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IEMA. E-mail: [junivaldoqi@gmail.com](mailto:junivaldoqi@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutor em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus Bauru. Professor Adjunto IV da Universidade Federal do Maranhão no Centro de Ciências de Bacabal, docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. E-mail: [hawbertt.costa@ufma.br](mailto:hawbertt.costa@ufma.br).

## STS APPROACHES IN DIGITAL GAMES DEVELOPED FOR TEACHING CHEMISTRY: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

### ABSTRACT

Assuming that Science, Technology and Society (STS) issues related to digital games can contribute to pedagogical reflections for citizenship formation, and also given the easy access to game development technologies, this research aimed to analyze studies that addressed the use of digital games for teaching Chemistry from a sociocultural perspective. The central objective of the research was to characterize the STS approach in digital games developed for teaching Chemistry, seeking relationships that can balance game design and instructional design, contributing to new developments. This work is characterized as qualitative, exploratory and bibliographic in nature, based on the Systematic Literature Review, together with Thematic Analysis, whose protocol sought to answer the research questions through the analysis of primary sources selected in the Google Scholar, SciELO, Web of Science, and Scopus databases, published between 2015 and 2020. In the searches, 296 primary studies were found. After applying inclusion and exclusion criteria, only 21 studies made up the research corpus. The results point to research gaps in the STS theme with digital games for teaching Chemistry. However, digital games have been presented as motivators, increasing players' interest in learning Chemistry, since the contents addressed, in an STS approach, become more meaningful and require students to adopt a critical stance and make decisions in problem situations in the game analogous to the real world.

**KEYWORDS:** chemistry teaching, STS relations, digital games, games design, instructional design.

### INTRODUÇÃO

O ensino de Ciência, em diversas situações, ainda ocorre de forma tradicional, imbuído de concepções positivista, neutra e salvacionista da Ciência (BIZZO, 2009). Neste cenário, abordagens inovadoras não devem, a princípio, reproduzir modelos atrasados de ensino e de percepções de Ciência já superados pelas discussões contemporâneas. Logo, a superação das formas tradicionais de ensino não ocorre pela simples introdução de inovações tecnológicas ao currículo escolar, sem a devida incorporação de pesquisas e concepções atuais de ensino do conhecimento científico.

Em favor desses apontamentos, evidencia-se que o estudo das relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tem um papel importante no ensino de Ciência, pois um currículo pautado nessas relações visa contribuir para a formação cidadã dos estudantes, desenvolvendo capacidades, habilidades e valores que mobilizem o posicionamento crítico e reflexivo diante dos problemas e das necessidades da sociedade, em proximidade com o cotidiano dos alunos (SANTOS; MORTIMER, 2002; SCHNETZLER, 2004). Neste sentido, nos meios acadêmicos, diversas estratégias já foram e são pesquisadas visando a implementação das temáticas das relações CTS nas escolas, tais como a produção de recursos didáticos inovadores, projetos com temas geradores, mudança dos currículos de formação inicial, entre outras.

A presente pesquisa, fruto de uma dissertação de mestrado, aponta os jogos digitais<sup>3</sup> como um destes recursos, uma vez que adota um olhar semelhante ao de Munõz e EL-Hani (2012), ao salientarem que a introdução do enfoque CTS precisa contextualizar os conteúdos científicos no cotidiano dos estudantes, estando os jogos digitais entre os meios de interesse da vida diária deles.

Cunha *et al.* (2012) assinalam que trabalhos com uso de jogos com enfoque CTS são pouco frequentes, o que pode ser explicado, provavelmente, pelas limitações dos docentes em elaborar e aplicar jogos com temáticas do enfoque CTS ou pela não compreensão conceitual dessa abordagem. Deste modo, tornam-se relevantes pesquisas nessa área, principalmente versando sobre o desenvolvimento de jogos digitais para um ensino que permita ao aluno uma reflexão crítica e estimule sua participação em problemas reais da sociedade. Deve-se considerar, também, a análise do potencial lúdico dos jogos, em equilíbrio com os conteúdos científicos a serem abordados.

---

<sup>3</sup> O jogo digital [...] uma atividade lúdica composta por uma série de ações e decisões, limitado por regras e pelo universo do game, que resultam em uma condição final. As regras e o universo do game são apresentados por meios eletrônicos e controlados por um programa digital. As regras e o universo do game existem para proporcionar uma estrutura e um contexto para ações de um jogador. As regras também existem para criar situações interessantes com o objetivo de desafiar e se contrapor ao jogador [...] (SCHUYTEMA, 2008, p. 7).

Neste sentido, o objetivo do presente artigo é investigar como o enfoque CTS está sendo implantado no desenvolvimento de jogos digitais para o ensino de Química. Para tanto, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura - RSL (KITCHENHAM, 2004; BIOLCHINI *et al.*, 2007) a partir de estudos primários das bases de dados *Google Scholar*, *SciELO*, *Web of Science*, *Scopus* e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), publicados no período de 2015 a 2020, que respondem à seguinte questão de pesquisa: de que maneira e quais características do enfoque CTS aparecem no desenvolvimento de jogos digitais para o ensino de Química?

## REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de Ciências vem passando por mudanças no currículo desde a década de 1960 (KRASILCHIK, 1992; SANTOS; MORTIMER, 2002; AULER; DELIZOICOV, 2006). Nas décadas posteriores, um movimento que ganhou força foi o da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), abordando problemáticas focadas na desconstrução de algumas concepções em torno das relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, como a confiança na razão científica e a certeza do progresso, o mito do salvacionismo e da neutralidade da Ciência e das funções ideológicas de dominação dos sistemas institucionais. Tais questões influenciaram as transformações no ensino de Ciência, especificamente, na alteração das orientações para a formação do minicientista e a vivência do método científico (SANTOS; MORTIMER, 2002).

A introdução das relações CTS no meio escolar “[...] se preocupa em ampliar o processo de ensino-aprendizagem para além dos muros da escola, se utilizando da compreensão dos conteúdos não com um fim em si mesmo, mas como um meio capaz de promover a formação crítica do indivíduo” (BOUZON *et al.*, 2018, p. 2). Na escola, essas relações contribuem para a alfabetização científica do educando, uma vez que permitem a articulação de conhecimentos mínimos para a compreensão do mundo a sua volta, não como um especialista, mas em um olhar mais amplo, que permita enxergar as consequências a médio e a longo prazo (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Para Luján López *et al.* (1996 apud CORTEZ; DEL PINO, 2017), em estudo realizado em Madrid-Espanha, o enfoque CTS está presente nos currículos de três maneiras: como enxerto CTS, que se daria pela introdução dela nos conteúdos de Ciências, sem alteração do ensino tradicional; pelo ensino das Ciências por meio da CTS, no qual os conteúdos estariam subordinados às necessidades de temas da CTS; ou por um programa exclusivo de CTS, em que os conteúdos científicos teriam papel secundário. Santos e Mortimer (2002, p. 12) também apontam as seguintes maneiras:

- (1) introdução de um problema social;
- (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social;
- (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida;
- (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado e
- (5) discussão da questão social original.

Nesta vertente, Sousa *et al.* (2019) abordam a necessidade de introduzir o enfoque CTS no currículo desde os níveis de educação básica até os cursos de formação de professores. Os autores justificam que a CTS permite a formação crítica e reflexiva, garantindo o acesso a conhecimentos e informações de forma interdisciplinar.

Para Pinheiro *et al.* (2007), as relações CTS se expressam como alternativa para as práticas tradicionais de ensino de Ciência na educação básica. No entanto, mesmo diante deste propósito para o enfoque CTS, pesquisas apontam que o ensino ainda ocorre de maneira marcante no modelo tradicional, descontextualizado e propedêutico, trazendo certo desinteresse dos alunos (JAPIASSU, 1999; CUNHA, 2006; SOUZA; GONÇALVES, 2012; SOUSA *et al.*, 2019).

Com relação à Química, Cunha (2006) pontua que o ensino desta disciplina ainda é tradicional, pautado na memorização de fórmulas e no ensino de conceitos sem importância para a formação plena do estudante, abordada como uma Ciência empirista, cumulativa, e não como uma construção social. Assim, não há contribuições para o entendimento da natureza, o desenvolvimento de habilidades de investigação, o envolvimento na produção de conhecimento científico, tecnológico e o entendimento das implicações sociais.

Estudos de Auler (2002), Cunha (2006) e de Azevedo *et al.* (2013) problematizam que o enfoque CTS se desenvolveu bastante, na academia, no campo teórico. E que, possivelmente, ainda não se tenha firmado na realidade da sala de aula da educação básica, na formação inicial e continuada, portanto, nas concepções e práticas de alguns professores e nem nos materiais de suporte ao ensino, tal como os livros didáticos, entre outros. Como estratégias para esta problemática, Santos *et al.* (2017) apontam a necessidade de trabalhos sobre materiais didáticos produzidos com as características CTS.

Como estratégia de ensino para se trabalhar na perspectiva supracitada, surgem diferentes metodologias que oportunizam aos alunos aprender em um contexto mais significativo (BOTTENTUIT JÚNIOR, 2019, 2020). As relações CTS, associadas às metodologias que utilizam recursos tecnológicos próximos do cotidiano dos estudantes, como os jogos digitais, podem desempenhar um papel importante na formação, por meio da problematização e contextualização dos conteúdos.

Essa relação entre a CTS e os jogos digitais nos permite trabalhar a formação cidadã dos estudantes interessados nestas tecnologias digitais, como apontado por Munõz e El-hani (2012). Além disso, concordamos com Alves *et al.* (2007) no sentido de que os games são elementos da cultura que contribuem para o desenvolvimento social, cognitivo e afetivo das pessoas. Ademais, Lima e Moita (2011) pontuam que os jogos digitais são importantes na educação, e que o não domínio deles pode gerar riscos e discriminações, tendo em vista que para inseri-los como recurso didático, além do conhecimento e do domínio, é preciso ter senso crítico, criatividade e planejar considerando a credibilidade e os estudos avaliativos.

Quem joga um jogo não só se limita a jogá-lo, mas, como aponta Gee (2009), aprende a resolver problemas e a compreender fundamentos conceituais implícitos. Munõz e EL-Hani enfatizam que os *games* podem, potencialmente, fazer parte do desenvolvimento dos jogadores, de forma parcial ou plena, e que “essa característica pode ser usada dentro de uma prática de ensino estruturada para algo mais do que aprender a jogar, por exemplo, para aprender conteúdos conceituais, atitudinais e processuais” (MUNÕZ; EL-HANI, 2012, p. 913, tradução nossa).

Frente a tais discussões, a presente pesquisa defende o enfoque CTS como referencial para o desenvolvimento de jogos digitais para o ensino de Química na educação Básica. Neste contexto, concorda-se com Munõz e EL-Hani (2012), de que o foco dado não está apenas nos jogos digitais como ferramentas tecnológicas que permitem o amadurecimento de capacidades motoras e cognitivas, mas “acima de tudo, estamos interessados em jogos digitais como artefatos sociais e culturais envolvidos na constituição do jogador como cidadão nas sociedades atuais” (MUNÕZ; EL-HANI, 2012, p. 911, tradução nossa).

Considerando o jogo como um sistema formado de elementos que se relacionam (SALEN; ZIMMERMAN, 2017), para esta pesquisa adotam-se, como elementos formais que compõem o sistema dos jogos digitais, os quatro elementos do conceito de *design* de *game* de Schell (2011): 1. Mecânica: compostos pelos procedimentos e as regras que descrevem o objetivo do jogo, as maneiras pelas quais os jogadores podem realizá-los e as reações do sistema para as tentativas do jogador; 2. Narrativa (história): conjunto de eventos sequenciados que vão se desdobrando no jogo; 3. Estética: relacionado com as experiências subjetivas e interativa do jogador com relação à aparência do jogo, tais como sons, cheiros, sabores e sensações do seu jogo; 4. Tecnologia: assumem formas variadas, sendo os materiais e as interações que possibilitam a construção do jogo.

É pertinente destacar que esses elementos são essenciais para a tomada de decisões no desenvolvimento do jogo, sendo que todos se influenciam fortemente. Schell (2011) refere que, para ter um bom projeto de um determinado jogo (*design* de *game*), é necessário que o *designer* visualize seu jogo por várias perspectivas possíveis, as quais ele chama de lentes. Essas lentes acontecem na forma de perguntas que se relacionam ao *design* do jogo. Portanto, para os quatro elementos, usa-se a lente 7 da Tétrade Elementar de Schell, a qual afirma que devemos avaliar do que de fato o nosso jogo é feito, considerar os elementos de uma maneira isolada, e depois na totalidade.

No que tange aos aspectos de aprendizagem, Zabala (1998), pautado no Construtivismo e nas finalidades do ensino na educação, enfatiza que devemos

aprender, independentemente de estarem contidos em disciplinas, conteúdos básicos nomeados por ele de conceituais, aquilo que é preciso saber; factuais, o saber que é observável e mais descritivo; procedimentais, aquilo que é preciso saber como fazer; e atitudinais, aquilo que se admite ser. Deste modo, para o ensino da disciplina de Química com o uso de jogos digitais, leva-se em consideração estas categorias com o recurso didático jogo digital pedagógico, não ficando preso à análise de conteúdos disciplinares, mas sempre buscando focar nossa atenção nas abordagens interdisciplinares.

No contexto supracitado, para a presente pesquisa, algumas características para identificar os pressupostos do enfoque CTS nos estudos sobre desenvolvimento de jogos digitais pedagógicos emergiram a partir das leituras, e outras foram pautadas em autores que pesquisam as relações CTS para o ensino de Ciência. Sendo assim, a partir de Fracalanza e Megid-Neto (2006) e de Santos e Mortimer (2002), pôde-se identificar: a construção sócio-histórica da Ciência; a presença da inter-relação C-T-S; a apresentação de questões sociocientíficas; a evitação do paradigma do método científico padronizado, infalível e da Ciência neutra e salvacionista; a valorização de outros saberes, além do científico; o enfoque contextualizado e interdisciplinar; a formação crítica, científica e cidadã; a problematização e resolução de situações-problema; a presença do cotidiano e o ensino na tomada de decisão.

Nesse mesmo sentido, categorias demarcadas por Ziman (1994) e Aikenhead (1994), além de características delimitadas por Santos e Schnetzler (2003), foram condensadas por Cortez e Del Pino (2017, p. 132) em quatro categorias, a fim de indicar a presença do enfoque CTS nos Parâmetros Curriculares Nacionais da Educação Básica, nomeadas da seguinte forma:

(a) a problematização e a contextualização, (b) a interdisciplinaridade e os enfoques histórico, filosófico e sociológico, (c) a inclusão de temas sociais e questões sociocientíficas e (d) a formação cidadã do educando e a valorização da discussão acerca do papel da ciência e da tecnologia.

Deste modo, para a análise dos artigos nesta Revisão Sistemática da Literatura, pautamo-nos em grandes categorias, semelhantes às de Cortez e Del Pino (2017), embasadas, também, nas leituras de Santos e Mortimer (2002) e Fracalanza e Megid-Neto (2006), com o intuito de identificar as características CTS nos estudos primários.

Do exposto, considera-se que provavelmente existam poucos trabalhos que abordem essas relações entre os jogos digitais e os pressupostos do enfoque CTS. Entende-se, também, que relações CTS têm potencial para o ensino das Ciências na Educação, pois possibilitam o processo de alfabetização científica e tecnológica do cidadão, além de se oporem ao ensino tradicional. Portanto, alicerçados nesta potencialidade do enfoque CTS, vislumbramos, nesta pesquisa, que o jogo digital projetado para o ensino deve permitir ao aluno uma reflexão crítica que estimule sua participação em problemas reais da sociedade, não ficando limitado à aprendizagem do conteúdo com um fim em si mesmo. Para verificar tal possibilidade, a RSL se configurou como uma ferramenta de análise em conjunto com os aspectos conceituais advindos dos referenciais teóricos.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa, que se caracteriza pela análise de estudos primários, é do tipo qualitativa, exploratória e de natureza bibliográfica, pautada na Revisão Sistemática da Literatura - RSL (BIOLCHINI *et al.*, 2005) em associação com a Análise Temática - AT (GASTALDI, 2016). O ponto central deste tipo de revisão é o planejamento, devendo ser constituído de uma ou mais questões de pesquisa e dos métodos que serão empregados para conduzir a revisão, incluindo seleção de fontes para buscas e estratégias de busca. A revisão se configura em três etapas: Planejamento da Revisão (criação do protocolo), Condução e Análise dos Resultados.

### **Planejamento e Condução da Revisão**

O planejamento e a revisão do protocolo desta pesquisa foram desenvolvidos na ferramenta StArt (*State of the Art through Systematic Review*), que segue os passos definidos por Kitchenham (2004) e Biolchini *et al.* (2007). Para formar o *corpus* de pesquisa, foram usados artigos e dissertações produzidos em um período de 5 anos (2015 a 2020), localizados nas bases de dados eletrônicas indexadas na Capes: CAFé (*Web of Science, Scopus*), SciELO e *Google Scholar*, por serem multidisciplinares. Já para a busca de dissertações e teses nacionais foi usada a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Objetivando encontrar um maior número de trabalhos, foram utilizadas as palavras-chave “Química”, “Games” e “Desenvolvimento”, que se desdobraram nas seguintes combinações de *strings*: (“Química”) AND (“jogo” OR “jogos” OR “Game” OR “Games” OR “videogame”) AND (desenvolvimento OR desenvolver OR criar OR criação OR produzir OR produção); (Chemistry) AND (“Game” OR “Games” OR “videogame”) AND (development OR develop OR create OR creation OR produce OR production).

As buscas, realizadas entre os meses de agosto de 2020 a fevereiro de 2021, localizaram 296 trabalhos, dos quais foram lidos o título e o resumo para aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, de acordo com o foco do trabalho, como descrito anteriormente. Os Quadros 1 e 2 a seguir ilustram esses critérios e a delimitação quantitativa dos trabalhos após sua aplicação.

Quadro 1 - Critérios de inclusão e exclusão para os trabalhos de desenvolvimento de jogos com CTS.

Inclusão	Exclusão
Descritores no título, resumo ou palavras-chave; Trabalhos que abordem o desenvolvimento de jogos digitais e o ensino de Química; Trabalhos que abordem o desenvolvimento de jogos digitais e o enfoque CTS; Trabalhos publicados e disponíveis integralmente nas bases de dados;	Não constar os descritores ou as derivações no título, resumo ou palavras-chave; Após a leitura do título e do resumo, que sejam trabalhos que enfoquem assuntos em somente uma das áreas: Jogos digitais ou Enfoque CTS ou Ensino de Química, ou que não respondam às questões de pesquisa; Dissertações e Teses em inglês; Revisões sistemáticas ou meta-análise; Artigos não disponíveis integralmente.

Trabalhos publicados em inglês ou em português; Trabalhos recentes, de 2015 a 2020.	
--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O Quadro 2 se caracteriza como a etapa de condução, já que “os estudos são identificados utilizando-se uma estratégia de busca ampla, que seja capaz de identificar todos os estudos primários disponíveis e relacionados com o tema de pesquisa em questão” (FELIZARDO *et al.*, 2017, p. 7). Deste modo, foram identificados 135 trabalhos duplicados, com o auxílio da ferramenta *Start*. Após a leitura do título e do resumo dos 161 trabalhos restantes, e da aplicação dos critérios de exclusão e inclusão, 140 artigos foram excluídos, e 21 (vinte e um) foram incluídos, que tratavam apenas do desenvolvimento de jogos digitais com temáticas CTS, que é o foco da pesquisa.

Quadro 2 - Número inicial de trabalhos e após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Bases de dados	Resultado	Duplicados	Excluídos	Incluídos
<i>Scopus</i>	137	135	140	21
<i>Web of Science</i>	93			
<i>Google Scholar</i>	33			
<i>SciELO</i>	12			
BDTD	20			
Manual	1			
<b>Total</b>	296			

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

### Tratamento e Análise dos dados

O tratamento inicial dos dados foi realizado no programa *Start*, a partir da seleção dos artigos oriundos das bases de dados. Posteriormente, os vinte e um artigos selecionados foram transferidos para a ferramenta *Altas.ti*, na qual foram definidas as categorias *Design de Games* e *Enfoque CTS*, que permitiram a extração/exploração do material por meio do processo de codificação no momento da leitura do texto (GIBBS, 2009), para posterior análise.

Para o *Design de Games* foram consideradas as quatro grandes categorias de Schell (2011) tratadas no referencial teórico deste trabalho: Mecânica, codificada quando se identificava jogabilidade (desafios), regras, tipos de pontos, emblemas, construção dos personagens, interações do jogo, entre outros; Narrativa, codificada quando se identificava história do jogo, história dos personagens e relação com o jogo, conflitos, desafios, entre outros; Estética, codificada, quando apareciam relatos sobre as questões estéticas do jogo (som, imagem, sessões etc.); Tecnologia, codificada, quando identificada a ferramenta utilizada para produzir o jogo, tratando suas limitações e se foram usadas ferramentas complementares.

Para a Enfoque CTS, de acordo com o que foi apresentado no referencial teórico, foram sintetizadas quatro categorias de análise: Problematização e Contextualização, codificadas, quando o texto apresentava questões problematizadoras e contextualizadas do tema em questão; Interdisciplinaridade e os enfoques histórico, filosófico e sociológico, codificadas, quando se verificava interdisciplinaridade do tema tratado e surgiam aspectos histórico, filosóficos, sociológicos e epistemológicos, no sentido de mobilizar a formação de um cidadão crítico e consciente; Inclusão de temas sociais e questões sociocientíficas, codificadas quando surgiam características que abordavam os perigos e efeitos colaterais da aplicação das tecnologias e da Ciência na sociedade e no meio ambiente; Formação cidadã do educando e a valorização da discussão acerca do papel da Ciência e da tecnologia, codificadas, quando os temas tratados estavam centrados na formação dos alunos enquanto cidadãos críticos nas tomadas de decisões, e não somente no aprendizado do conteúdo científico.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### Análise geral das pesquisas

No Quadro 3 abaixo são referenciados os vinte e um estudos primários selecionados para análise. Cumpre ressaltar que esses estudos tratam do desenvolvimento de jogos digitais para o ensino de química. Com esta delimitação, os trabalhos foram codificados com as categorias referentes aos pressupostos de CTS, *design de games* e aspectos gerais, como serão descritos a seguir.

Quadro 3 - Estudos primários selecionados para análise.

nº	País	Referências dos estudos primários	Ano
1	Indonésia	CAHYA, I. N.; ASTUTI, R. D.; HANIF, S. Development of Thematic Educational Game Eduklok Chemistry Based on Indonesian Local Wisdom. <i>In: Proceeding International Conference on Science and Engineering</i> . v. 3, p. 565-567, 30 apr. 2020.	2020
2	Malásia	OSMAN, K.; LAY, A. N. MyKimDG module: an interactive platform towards development of twenty-first century skills and improvement of students' knowledge in chemistry. <i>Interactive Learning Environments</i> , p. 1-14, 9 feb. 2020.	2020
3	Brasil	REIS, T. R. dos; RIBEIRO, R. K. P.; COSTA, H. R. O Equilíbrio entre Design de Games e o Design Instrucional no Desenvolvimento de um Game Pedagógico. <i>Revista Debates em Ensino de Química</i> , v. 6, n. 1, p. 282-306, 2020.	2020
4	Berlim	TIEMANN, R.; ANNAGGAR, A. A framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLEs) using the example of problem-solving in chemistry education. <i>Interactive Learning Environments</i> , p. 1-14, 2 oct. 2020.	2020
5	Berlim	ANNAGGAR, A.; TIEMANN, R. Design and Development of a Video Game to Assess Problem-Solving Competence in Chemistry Education. <i>ChemRxiv</i> , p. 1-25, 26 ago. 2019.	2019
6	Brasil	BARBOSA, M. S. <b>Um modelo colaborativo para o ensino de química baseado em jogo educacional</b> . 2019. 113f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) - Instituto de Ciências Exatas. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM, 2019.	2019
7	Indonésia	HIDAYAH, I. A.; LUTFI, A. the development of chemistry adventure (chemture) game as learning media on chemical bonding matter for high school student. <i>UNESA Journal of Chemical Education</i> , v. 8, n. 3, p. 350-360, 16 set. 2019.	2019
8	Tailândia	SRISAWASDI, N.; PANJABUREE, P. Implementation of game-transformed inquiry-based learning to promote the understanding of and motivation to learn chemistry. <i>Journal of Science Education and Technology</i> , v. 28, n. 2, p. 152-164, 2019.	2019

9	Brasil	RIBAS, H. L. <b>Jogo computacional 3D em primeira pessoa: uma possibilidade para o ensino de química.</b> 2018. 127f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2018.	2018
10	Brasil	ROSA, T. F. da. <b>O processo de construção de um game para o reconhecimento dos níveis de alfabetização científica e tecnológica no ensino de Química.</b> 2018. 151f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2018.	2018
11	Brasil	SOARES, H. O. <b>Desenvolvimento, aplicação e avaliação de um serious game como ferramenta auxiliar ao ensino da química.</b> 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Software) - Instituto Politécnico de Setúbal. Escola superior de Tecnologia de Setúbal, 2018.	2018
12	Indonésia	FITRIA, W. D.; LUTFI, A. Development Of Wind's Maze Chemistry Game Based On Android As A Learning Media On Hydrocarbon Matter For Eleventh Grade Senior High School. <i>In: Seminar Nasional Kimia-National Seminar on Chemistry (SNK 2018).</i> Atlantis Press, v. 171, p. 223-228, set. 2018.	2018
13	Austrália	JONES, O. A.; SPICHKOVA, M.; SPENCER, M. J. Chirality-2: Development of a multilevel mobile gaming app to support the teaching of introductory undergraduate-level organic chemistry. <i>J. Chem. Educ.</i> v. 95, n. 7, p. 1216-1220, 10 jul. 2018.	2018
14	Estados Unidos	MELLOR, K. E. <i>et al.</i> The safer chemical design game. Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students. <i>Green Chemistry Letters and Reviews</i> , v. 11, n. 2, p. 103-110, 6 mar. 2018.	2018
15	Indonésia	CAHYANA, U. <i>et al.</i> Developing and application of mobile game based learning (M-GBL) for high school students performance in chemistry. <i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i> , v. 13, n. 10, p. 7037-7047, 18 oct. 2017.	2017
16	Espanha	LAGO, B. L. Al-Kimia: how to create a video game to help high school students enjoy chemistry. <i>In: Serious games and edutainment applications.</i> Springer, Cham, 2017. p. 259-272.	2017
17	Indonésia	WARDANI, S.; LINDAWATI, L.; KUSUMA, S. B. W. The development of inquiry by using android-system-based chemistry board game to improve learning outcome and critical thinking ability. <i>Jurnal Pendidikan IPA Indonesia</i> , v. 6, n. 2, p. 196-205, 17 oct. 2017.	2017
18	Indonésia	WINARTI, A. <i>et al.</i> The Development of Chemtective Game-Based Medium on Chemistry Learning. <i>In: 5th South East Asia Development Research (SEA-DR) International Conference The.</i> v. 100, p. 18-21, may. 2017.	2017
19	Brasil	FERNANDES, M. <b>Aplicação do jogo ludo atomística no ensino de química.</b> 2015. 123f. Dissertação (Mestrado em Química) - Centro de Ciência Exatas e de Tecnologia. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2015.	2015

20	Brasil	GUERREIRO, M. A. S. <b>Os efeitos do Game Design no processo de criação de jogos digitais utilizados no ensino de Química e Ciências</b> - o que devemos considerar. 2015. 297f. Dissertação (mestrado Educação para Ciência) - Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru, SP, 2015.	2015
21	Brasil	SILVA FILHO, S. M. <b>Desenvolvimento de jogos digitais por alunos do ensino médio para o desenvolvimento de conceitos químicos</b> . 2015. 90f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, 2015.	2015

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para uma melhor compreensão, os estudos primários serão apresentados por seus respectivos números, representados no Quadro 3. As pesquisas foram organizadas em ordem decrescente do seu ano de publicação, em que não foram encontrados trabalhos apenas no ano de 2016. Os estudos 6, 9, 10, 11, 19, 20 e 21 são dissertações, e os demais são artigos. Os conteúdos tratados nessas pesquisas são referentes ao ensino médio, e somente o estudo 14 refere-se aos níveis de ensino médio e superior. Quanto à frequência de publicações por país, Brasil, Indonésia e Berlim são os mais expressivos, com oito, seis e dois dos trabalhos publicados, respectivamente, na área. Vale ressaltar que o Brasil apresentou apenas um artigo (REIS *et al.*, 2020), sendo que os outros 7 estudos dissertações. Ademais, há um artigo, fruto de uma dissertação (RIBAS, 2018), mas que não foi considerado para a análise, pois a dissertação estava mais completa.

Por meio do *software* Atlas.ti foi possível verificar quais conteúdos eram mais trabalhados nos jogos. Assim, os termos mais recorrentes nas unidades de contexto, que serviram para a identificação dos conteúdos, foram extraídos. Deste modo, termos como Dalton, Thomson, Rutherford, átomo, atômico, entre outros, foram considerados como conteúdo de Modelos Atômicos. Outras palavras, como propriedades, materiais, elementos, compostos, foram associadas a atividades investigativas que tratavam de conteúdos como Tabela Periódica e Propriedades Periódicas. Os demais conteúdos foram verificados da mesma maneira; assim, observou-se que estes são introdutórios da Química, sendo os mais frequentes os modelos atômicos e a tabela periódica. As

justificativas para trabalhar tais conteúdos, de forma unânime: ocorrem pela maior dificuldade de aprendizagem dos conceitos associados a eles e por serem pré-requisitos para a aprendizagem de outros conceitos.

Além disso, as formas convencionais de ensino são apontadas, em boa parte dos vinte e um estudos, como limitantes da aprendizagem, pois não motivam nem despertam o interesse dos estudantes para os assuntos ensinados. Neste contexto, os resultados da avaliação da inserção das tecnologias de interesse dos estudantes, os jogos digitais, são positivos sobre o ponto de vista da aprendizagem, do aumento de interesse e da motivação para aprender conteúdos de química.

As abordagens de ensino de Química, nestes jogos digitais, podem ser agrupadas segundo algumas semelhanças: resolução de problemas (2, 4, 5, 15 e 18), aprendizagens investigativas (2, 8 e 17), desenvolvimento de habilidades para o século XXI (2, 12 e 17), comportamentos sustentáveis (14), temáticas com sabedoria local (1 e 4), aprendizagem colaborativa (6), *design de game* e instrucionais (11, 16 e 20) e análise e validação dos aspectos motivacionais (5, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19 e 21). Essas formas de trabalhar os conhecimentos da Química nos jogos digitais não são mutuamente independentes, mas se assemelham por necessitarem que conteúdos sejam mobilizados no ato de jogar, frente às ações nos desafios e nas respostas às perguntas-problemas da Química. Além disso, estimulam os estudantes no processo de ensino e aprendizagem de forma mais ativa. Destaque-se que as abordagens de comportamentos sustentáveis e as temáticas de sabedoria local estão na importância dada aos conteúdos, no sentido de preservá-los no meio da comunidade e no meio ambiente em que são tratados.

As abordagens associadas a tais tecnologias digitais, considerando-se suas semelhanças e diferenças, em síntese, configuraram-se em estratégias: para superar as dificuldades de aprendizagem da disciplina de Química, para inovar a metodologia de ensino e para desenvolver habilidades dos estudantes relacionadas às finalidades da educação básica no contexto atual da sociedade, permeada de novas tecnologias digitais contemporâneas aos educandos. E, por mais que estejam preocupados com as

aprendizagens, suas análises, por meio de entrevistas e questionários, focaram mais em verificar as motivações e percepções de validação dos jogos produzidos.

No processo de codificação não se verificaram evidências dos pressupostos da CTS na maioria dos estudos. Apenas três deles, os estudos 3, 9 e 10, foram relevantes para os propósitos da presente pesquisa, já que apresentaram demarcações precisas das quatro categorias CTS definidas na metodologia. Deste modo, serviram de base para as discussões da CTS no desenvolvimento de jogos digitais na seção seguinte.

O *design* de *game*, por sua vez, configurou-se em diversos arranjos de seus elementos característicos. No entanto, tais elementos, na maioria dos estudos, não apresentaram indicativos de que fosse possível estabelecer uma relação com as categorias de Schell (2011) e que estas pudessem ser visualizadas como um sistema que trabalha em conjunto, pois a preocupação principal era verificar a motivação dos alunos, e pouco foi dito sobre a importância dos elementos no momento do desenvolvimento do jogo.

Nesta vertente, os trabalhos que apresentavam certa relação com as categorias de Schell (2011), além de outras semelhantes, foram classificados e identificados como: mecânica (5, 11 e 21), dinâmica (11), estética (5, 8 e 11), jogabilidade (5 e 8), narrativa (5, 7, 4, 17 e 21) e teoria do flow (11). Nos demais trabalhos, a relação não ficava clara e, por este motivo, não permitiu a codificação, sendo enquadrados como não classificados. No que tange ao tipo de tecnologia utilizada, observou-se que os jogos são desenvolvidos em *Unity 3D* (4, 5, 9, 11), *game Make* (7, 21), *Construct 2* (3, 6), *RPG maker* (8, 10, 16), *Adobe Flash CS* (17) *HTML 5* (19), não identificados (1, 2, 12, 13, 14, 15, 18, 20). De maneira geral, as plataformas para as quais os jogos foram desenvolvidos são: *tablet*, celulares (mais acessíveis) e computadores. Os tipos de jogo mais frequentes foram os de tabuleiros digitais e de perguntas e respostas. A estética deu ênfase aos jogos 3D, que, segundo os autores dos estudos analisados, são os preferidos dos estudantes. Sendo assim, as escolhas por cenários antigos e selvas (ambientes naturais) e para construção tiveram o suporte de modelos prontos, pré-programados e disponíveis gratuitamente na internet.

Nem todos os estudos demonstram os processos de desenvolvimento dos jogos, apresentando apenas características dos jogos. No entanto, em alguns estudos podem ser extraídas etapas do processo de criação, conforme segue abaixo.

No estudo 2, as fases do modelo de desenvolvimento do MyKimDG são: perguntar, descobrir, produzir, comunicar, revisar. Nos estudos 4 e 5, são análise, Design, desenvolvimento, garantia de qualidade e avaliação e implementação. O estudo 7 partiu da revisão da literatura, da pesquisa de campo, da preparação de produtos iniciais de jogos (revisão do jogo, melhoria do jogo, validação do jogo), do estágio de desenvolvimento e do teste do jogo. O estudo 15 aproxima-se do estudo 7, com revisão da literatura, entrevistas e questionários para desenvolver um jogo de resolução de problemas, com perguntas e respostas para o desenvolvimento de processos científicos básicos. O estudo 12, para criar um jogo de labirinto, de perguntas e respostas, seguiu as etapas: estudo preliminar (*storyboards*), desenvolvimento, validade e teste de jogo. No estudo 21 tem-se as seguintes etapas: criação do *Design Bible*, Produção de imagens áudio, desenvolvimento de artefatos computacionais, integração dos aspectos artísticos em relação aos aspectos computacionais.

Os estudos 11, 16 e 20 foram os mais expressivos no aprofundamento dos conceitos e elementos de *design de game* na construção do jogo pedagógico. No estudo 11, o *design de game* se divide em implementação (inicia com protótipo), teste piloto (de elementos e de fluxo) e avaliação/aplicação. Sendo destaque a aplicação da técnica de *brainstorming*, em que “as primeiras ideias que surgirem em mente são anotadas, posteriormente discutidas e trabalhadas, caso escolhidas, já que é necessário um processo de refinamento das ideias [...]” (SOARES, 2018, p. 21). O estudo 16 idealiza um modelo próprio de *design de game* e desenvolve um jogo digital pedagógico de aventura gráfica e ação, em 5 níveis, no estilo RPG. Os níveis retratam a Pré-história, a Idade Antiga, a Idade média, a Revolução Industrial e a Idade Contemporânea na abordagem de fatos químicos importantes ao longo da História. Já para o estudo 20, o *design de game* de um jogo pedagógico bem elaborado se caracteriza por ser multidisciplinar, devendo envolver vários atores, como *game designer* e professores. Considera que os conhecimentos de *design de game*, associados aos princípios de

aprendizagem de Gee (2009), são fundamentais para o desenvolvimento de jogos com fins educacionais, mas não se tem uma delimitação clara dos *designs* de *game* e pedagógicos.

O *design* considera elementos como personagens, objetos, música, cenário e imagens para aumentar as aprendizagens de conceitos químicos, como identificado em muitos destes estudos, devido aos aspectos visuais e interativos dos jogos digitais, que permitem representar modelos, aspectos micro e macroscópicos da química. Importa ressaltar que os estudos 3, 9 e 10 quase não foram abordados na presente seção, pois serão apresentados, em sua totalidade, na seção seguinte (*design* de *games* e pedagógico), por serem específicos desta pesquisa.

### **A análise dos aspectos da CTS nos jogos digitais**

Dos 21 estudos primários, apenas os estudos 3 (REIS *et al.*, 2020) e 9 (RIBAS, 2018), de forma explícita, e o estudo 10 (ROSA, 2018), de forma implícita, apresentam os pressupostos do enfoque CTS associado ao desenvolvimento de jogos digitais. Como já discutido, estes trabalham os conteúdos de forma mais crítica e reflexiva, além de incluírem as interdependências entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

No estudo 9 (RIBAS, 2018), o jogo denominado *Chemistry Raiders* se fundamenta na perspectiva de que as relações CTS possibilitam reflexões críticas e a tomada de decisão dos alunos. Segundo o autor:

[...] O jogo permite a reflexão sobre dilemas morais e éticos à medida que o jogador é confrontado com situações críticas que demandam reflexão e posicionamento, como poluição das águas e do ar, mostradas claramente no jogo. [...] A abordagem CTS, quando associada à ludicidade representada pelo jogo *Chemistry Raiders*, proporciona a imersão realística dos alunos nas questões que envolvem reflexões críticas sobre os fenômenos químicos e suas implicações sociais (RIBAS, 2018, p. 19-24).

O estudo 3 (REIS *et al.*, 2020, p. 283) aponta que “[...]as problemáticas com a Enfoque CTS podem ser inseridas no próprio enredo, bem como favorecer diálogos

mais ricos entre professor e aluno”. Neste estudo, o destaque é o Jogo chamado Planeta Química: uma aventura no cotidiano, que foi desenvolvido em uma abordagem da CTSA. Para o desenvolvimento do jogo, foram realizadas pesquisas para que o ambiente ficasse mais próximo da realidade dos estudantes, sem perder a ludicidade característica dos jogos digitais. Neste sentido:

[...] pensar no cenário tornou-se um grande desafio, o que nos colocou diante de vários obstáculos que foram vencidos aos poucos, tais como:

- Os problemas cotidianos de ordem ambiental, social e política, que poderiam ser relacionados com os conceitos de Química de ácidos, bases, sais e óxidos e como deveriam ser apresentados graficamente [...]. (REIS *et al.*, 2020, p. 294).

Este estudo se fundamenta na tecnologia, via jogos digitais, e na abordagem CTSA para a produção de significados dos conteúdos escolares, tendo como base o contexto sociocultural nesse processo de significação. Para isso, foram explorados os referenciais teóricos de James Werstch, o qual coloca, com base neste referencial, que:

[...] Nessa concepção, trazemos as convicções do autor para discutir sobre o significado dos conceitos, pois ao se criar um ambiente dentro do jogo e conveniente às diversas ações dos estudantes que podem ser tomadas na narrativa presente, contribui-se para um caminho de significação desses conceitos. **Além disso, torna-se mais interessante, quando se pensa em torno de uma problemática na abordagem CTS, em que o professor é o orientador do processo e insere outras ferramentas culturais direcionadas ao enredo e narrativa do jogo, aumentando o rol apreciativo de significação dos conceitos pelos alunos** (REIS *et al.*, 2020, p. 288, grifo nosso).

No estudo 10 (ROSA, 2018), com a premissa de que, assim como a Ciência produz Tecnologia e a Tecnologia, por sua vez, produz Ciência, e aproveitando as potencialidades das tecnologias dos jogos digitais, o pesquisador desenvolveu um jogo digital para ser uma ferramenta de avaliação do nível de alfabetização científica e tecnológica (ACT) dos estudantes. O jogo apresenta quatro níveis: Nominal, Funcional, Conceitual e processual e Multidimensional (BYBEE, 1997). O nível 4 de ACT (Multidimensional) é dividido em duas fases: a epistemológica e a sociocultural. Na dimensão Epistemológica, as extensões dos conceitos das disciplinas científicas e os procedimentos investigatórios devem incluir conhecimentos filosóficos, históricos

e sociais. Na dimensão sociocultural, deve-se fazer relações entre as disciplinas científicas e a CTS, de forma a ter compreensão para a tomada de decisão em assuntos sociais e culturais. Deste modo, o nível 4 é o mais avançado da ACT, exigindo características multidimensionais individuais de cada pessoa para se comportar diante de uma situação problema. Rosa (2018, p. 43 apud SHWARTZ *et al.*, 2006) coloca que este 4º nível de ACT inclui dimensões filosóficas, históricas e sociais da Ciência e da tecnologia.

Os aspectos do nível 4 do jogo do estudo 10 são evidências implícitas dos pressupostos das relações CTS, estando em consonância com as categorias definidas na metodologia para demarcar a presença do enfoque CTS no desenvolvimento dos jogos digitais. Como codificado no estudo 10:

Para a última fase do game, o que se espera é a constatação de ações e cenários relacionados aos termos multidimensionais da ACT, distribuídos em aspectos epistemológicos e socioculturais. **Quando verifico esses dois aspectos compreendo que os socioculturais estão incutidos nos epistemológicos, mas aqui neste nível foi entendido que as habilidades relacionadas à relevância histórica e filosófica do conhecimento científico e tecnológico pertenciam à episteme e, por outro lado, aquelas do cotidiano como sendo socioculturais** (ROSA, 2018, p. 127, grifo nosso).

Como já discorrido nos outros trabalhos analisados, de forma geral, as justificativas para inserção dos jogos digitais se configuram em três perspectivas: minimizar as dificuldades de aprendizagem da disciplina de química, superação das metodologias tradicionais de ensino e aproveitamento das potencialidades das tecnologias digitais de interesse dos estudantes para o meio escolar e para formação de habilidades do século XXI. Já para os estudos 3 (REIS *et al.*, 2020), 9 (RIBAS, 2018) e 10 (ROSA, 2018), além destas premissas, a abordagem das relações CTS tem como ponto central as finalidades e a forma como os conteúdos são abordados.

Neste sentido, de acordo com Rosa (2018), no contexto atual da sociedade, caracterizado pelos avanços tecnológicos e científicos, o exercício da cidadania é o ponto de partida da necessidade de se determinar níveis de saber científico e tecnológico. Pensando nisso, os conteúdos aprendidos devem ser úteis ao estudante

na tomada de decisão em situações-problemas da sociedade, de uma forma diferente dos de especialista. Tal proposição parte da premissa de que a sociedade atual exige uma formação plena do estudante, que vai além dos conteúdos de fórmulas e conceitos, incluindo na aprendizagem conhecimentos científicos, tecnológicos e socioculturais explorados de forma crítica. Assim, no jogo foram criadas situações semelhantes ao cotidiano, que exigem escolhas relacionadas aos conhecimentos básicos de química adquiridos e, portanto, indicadoras do nível de alfabetização científica e tecnológica.

O estudo de Ribas (2018) apresenta a análise de um recurso inovador para o processo de ensino-aprendizagem de química, o jogo *Chemistry Raiders*, desenvolvido em três fases: ambiente natural, cidade e indústria. A concepção do jogo se propôs a ser motivadora, estando ele mais próximo da realidade do aluno nos fenômenos macroscópicos representados nos diversos elementos e fases do jogo, contemplando a ludicidade e a aprendizagem significativa com o enfoque CTS. O jogo foi pensado como um espaço de discussão acerca do papel do indivíduo na sociedade, associando os conteúdos de físico-química como elementos a serem trabalhados. Este foi desenvolvido na *engine Unity3D*, sendo um jogo em primeira pessoa, que mantém bons recursos gráficos, visual agradável, com cenários realísticos, que fossem atrativos para os jogadores, e um enredo no qual, “a partir de questões problemas, o aluno vivencia situações e toma decisões como se estivesse no mundo real” (RIBAS, 2018, p. 24).

Já no jogo *Planeta Química: uma aventura no cotidiano*, o estudo de Reis *et al.* (2020) se preocupa com a análise dos elementos de design de jogos e com o amadurecimento da compreensão do referencial teórico de aprendizagem e dos conteúdos de química em uma abordagem CTSA. Sua concepção teve o propósito de ser diferente da maioria dos jogos pedagógicos para o ensino de Química que, geralmente, “[...] focam no conteúdo, não possuem história e a mecânica é apenas direcionada à resolução e memorização de fórmulas, símbolos e alguns conceitos” (REIS *et al.*, 2020, p. 293). Na dimensão de *design de game*, a história do jogo apresenta a personagem principal, Irene, em homenagem a Irene Curie, que permite aos jogadores criar laços e identidade com suas ações. Além disso, os desafios motivam os

jogadores e apresentam vilões, com características antagônicas às de Irene, ou seja, intimidadores e com cores escuras e características associadas aos problemas ambientais. Na dimensão pedagógica, o enfoque CTS pode dar significado aos conteúdos de química considerados para o jogo, significado adquirido quando se compreende a química como um produto sociocultural. Deste modo, a CTS está presente nas problemáticas inseridas no contexto do cotidiano e pode ser explorada pelo professor em momentos oportunos.

Fundamentado no referencial teórico, o *design de game* se refere às tomadas de decisões para se criar um bom jogo (SCHELL, 2011) e envolve diversas dimensões, como as artísticas, tecnológicas, sociais e científicas. O *Design* do jogo pedagógico necessita de concepções de ensino de Ciência e das relações com a Tecnologia e a Sociedade. Estando os professores de posse dessas concepções, poderão contribuir no processo de desenvolvimento destes jogos digitais.

No que se refere aos pressupostos da CTS, estes permeiam todo o processo de desenvolvimento dos jogos nos estudos de Reis *et al.* (2020), Ribas (2018) e Rosa (2018). Sendo assim, será apresentado o contexto de desenvolvimento de cada um destes trabalhos, de modo a compreender a relação do jogo com o enfoque CTS.

No jogo *Chemistry Raiders* (RIBAS, 2018) o contexto de criação foi o Programa de Pós-Graduação em formação Científica, Educacional e Tecnológica da UTFPR-CT, e a motivação de relacionar o jogo digital/lúdico com Enfoque CTS ocorreu pela afinidade do grupo de pesquisa da orientadora com a linha em CTS. O Jogo foi elaborado em oito meses e teve a colaboração de um programador, aluno do curso de licenciatura em Física e bolsista da orientadora.

Já o jogo planeta Química: uma aventura no cotidiano (REIS *et al.*, 2020) foi construído em 2014, e continuado em 2016, a partir de dois trabalhos de conclusão de curso de licenciatura em Ciências Naturais - Física. Este foi desenvolvido no programa Construct2@ da Scirra Ltda, por uma equipe de estudantes e pelo coordenador do grupo de pesquisa do Laboratório de Pesquisa em Ensino Digital para Ciência (PEDIC). Com o intuito de ajudar na produção, foi realizada pesquisa para conhecer o

interesse dos estudantes e professores na inserção de jogos digitais para o ensino de Química de escolas locais de Bacabal-MA, portanto, foi pensado para o contexto da sala de aula, inserindo no enredo questões CTS vivenciadas pelos estudantes.

Para Rosa (2018), segundo o autor/pesquisador, a motivação de sua pesquisa vem do seu entendimento da relação de interdependência entre a Ciência e a Tecnologia. Ele a apresenta da seguinte maneira:

Ao reconhecer a interdependência existente entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade e os efeitos que cada uma dessas imprime sobre a outra, passei a buscar diferentes possibilidades de acesso ao conhecimento. De modo mais explicativo, ao entender que o fluxo de informações não se dá, exclusivamente, da Ciência para a produção tecnológica, pude considerar que a tecnologia também funcionaria como promotora da Ciência. É a partir desse princípio que este trabalho de pesquisa se constituiu, em torno da seguinte problemática: Quais as contribuições que a construção de um game pode trazer para o reconhecimento dos níveis de ACT de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio na disciplina de Química? (ROSA, 2018, p. 15).

Podemos inferir, com esses três estudos, que a simples ideia de relacionar as abordagens CTS com os jogos pedagógicos caracteriza que esse enfoque contribui para o desenvolvimento de jogos digitais como recursos pedagógicos inovadores. Neste sentido, as concepções prévias de quem desenvolve os jogos influenciam nas características deles. No estudo de Ribas (2018), a afinidade do grupo de pesquisa com as relações CTS influenciou na escolha desta temática para o jogo a ser desenvolvido. Já no estudo de Rosa (2018), a CTS surge como um dos componentes do nível da ACT, tanto no aspecto sociocultural quanto no epistemológico da Ciência, considerando que a Tecnologia também pode influenciar a Ciência. E, por fim, para Reis *et al.* (2020), o enfoque CTS surge no grupo através de suas pesquisas nesta temática, juntamente com as relações socioculturais de produção de conceitos e significados com base em problemas do cotidiano e na mediação por instrumentos socioculturais, o jogo digital.

Na compreensão desse contexto, podemos acrescentar que os jogos são comparáveis a outros artefatos tecnológicos, obedecem a uma lógica de produção científica e tecnológica, representada pela aplicação de conhecimentos técnicos e por conhecimento da Ciência. E, portanto, a análise dos jogos digitais por um viés das

relações CTS mostra como as escolhas sociais, em conjunto com limitações técnicas, contribuem para o desenvolvimento de jogos (HINTON, 2011).

Nos 21 estudos analisados, os desenvolvedores dos jogos foram os próprios pesquisadores (professores), terceiros com habilidades de desenvolvimento (programadores), equipes de desenvolvedores e, em dois casos, os próprios alunos investigados, em que o foco era o processo de desenvolvimento. No caso do jogo de Reis *et al.* (2020), foi uma equipe de pesquisa em ensino; no jogo de Ribas (2018), foi o pesquisador mais o programador; e no de Rosa (2018), foi o próprio pesquisador.

Para análise do *design de game* de Reis *et al.* (2020), Ribas (2018) e Rosa (2018), as categorias de design de game de Shell (2011) foram codificadas (Quadro 4).

Quadro 4 - Os quatro elementos do design de Schell categorizados.

Categorias de Design de game	Estudo 3 (REIS <i>et al.</i> , 2020)	Estudo 9 (RIBAS, 2018)	Estudo 10 (ROSA, 2018)
Mecânica	Estilo plataforma, as regras, metas, objetivos, desafios, <i>feedback</i> , HUD, pontos, moléculas de vidas, fases, triângulo da esquisitice, interação com o jogador, entre outros.	Estilo de jogo em primeira pessoa, menu de pontos, minimapa, perguntas e respostas, fases, premiações, <i>Easter Egg</i> (ovo de Páscoa).	Estilo de RPG, armadilhas, armaduras, XP de experiências (pontos), diamantes, 4 fases, situações-problema, ações, fases, recursos auditivos e sonoros de alerta, entre outros.
Estética	Jogo em 2D, interface interativa, gráficos coloridos, objetos em movimento, cores e aparência dos vilões, cores e aparência dos heróis, som, entre outros.	Jogo em 3D, cenários, som e imagem realista, pássaros, som ambiente, interações, poluição, identificação do lixo, ruas, objetos do cotidiano etc.	Cenários medievais, vilarejo, poderes, caminhos diversos e independentes, evolução do jogador, rede de esgoto, cotidiano, cenários inesperados.
História	Enredo da jornada do herói, história da personagem Irene, desafios, vilões, o mentor professor, o enfoque CTS no jogo, etc.	Narrativa, mundo a ser explorado e poluído, ambiente natural, cidade, indústria, mundo de Chemgea (ilha).	Saqueamento do vilarejo, personagem principal (avatar), personagens secundários, personagens guias, problemas ambientais.

Tecnologia	Construct2@ da Scirra Ltda	Engine Unity 3D	RPG Maker
------------	----------------------------	-----------------	-----------

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Nos jogos digitais pedagógicos, o *design* de *game* tem como prioridade o entretenimento engajador/envolvente. Já o *design* instrucional, por sua vez, prioriza a aprendizagem dos conteúdos. Neste sentido, frente às codificações do Quadro 4 acima, são descritas as dinâmicas de *designs* nos três jogos.

No jogo Planeta química: uma aventura no cotidiano, o *design* instrucional foi pensado de forma que as regras do jogo e os conceitos científicos estivessem em concordância. Já para o *design* de *game*, as regras estão relacionadas aos locais por onde o jogador pode andar, às interações entre os personagens amigos e inimigos, aos objetos de recompensa e aos que retiram a vida do jogador. A relevância da contribuição de grandes cientistas para a Química é trabalhada através de teorias de cientistas, e a personagem principal, Irene, homenageia Irene Curie e representa as mulheres na Ciência. Os desafios estão em torno da ação de manipular produtos do dia a dia e relacionados aos conceitos científicos a serem aprendidos em uma abordagem CTSA, como a neutralização do ácido sulfúrico e a resolução de problema da chuva ácida. Essas ações permitem aos jogadores fazerem reflexões frente a estas questões. Os desafios trabalham as habilidades de se desviar de obstáculos relacionados a problemas ambientais como lixo, animais peçonhentos na cidade, que podem prejudicar a vida do jogador, diminuindo as moléculas de vida. Na segunda fase, os desafios ensinam ao jogador a passar por uma ponte e por escolas destruídas. Assim, o jogo apresenta *feedback* em resposta às interações do jogador no ambiente do jogo, apresentando sistema de pontuação, placar, HUD sempre contextualizados com as fases do jogo.

O jogo *Chemistry Raiders* é em 3D, em primeira pessoa, ambientado na ilha fictícia ChemGea. A narrativa do jogo e os elementos gráficos deste ambiente, como montanha, lago, peixe, animais, enfim, sons e imagens realistas, tornam o processo de aprendizagem permeado de fantasia e sensação de descobertas, um aprendizado prazeroso aos jogadores. Neste ambiente, o jogador acessa as diversas fases do jogo

livremente, podendo voltar, se achar necessário, e reforçar algum tema pouco compreendido. O jogo está pautado nas questões ambientais, uma vez que qualquer problema ambiental terá seus efeitos espalhados por toda a ilha, devido à sua pequena dimensão. No jogo, são trabalhadas perguntas de Química com alternativas que valem ponto e, quando erradas, é fornecida a alternativa correta, dando a oportunidade de acerto em outra tentativa. Os assuntos trabalhados são de Físico-Química, permitindo a representação macroscópica dos fenômenos em elementos de jogo e uma reflexão crítica dos fenômenos químicos no ambiente representado no jogo. Os conteúdos estão distribuídos por todo o jogo, envolvendo a Química e a abordagem CTS em uma perspectiva interdisciplinar. O jogo permite diversas interações. Diante do ambiente poluído, o jogador pode descartar o lixo em cestos adequados, podendo ganhar pontos com essa ação. Com as pontuações adequadas se tem acesso a outras fases, além do ambiente natural, como a cidade, o farol (que trabalha a biografia de cientistas importantes na química) e o ambiente de indústria.

O *game* construído por Rosa (2018) para determinar o nível de ACT dos jogadores é do tipo RPG, que permite ao jogador o uso da interpretação de diversos papéis sem seguir um roteiro fixo, não tendo um tempo de duração determinado. As escolhas do jogador são facultativas para a realização das tarefas, podendo seguir por diversos caminhos e obter pontuações de acordo com suas experiências e suas preferências para as diferentes situações-problemas. Deste modo, o jogo se torna específico para cada jogador, uma vez que está condicionado às experiências e às habilidades do jogador. Suas ações o direcionam para determinado item de avaliação e progressão no jogo, que são registradas no jogo fornecendo dados para avaliação. O jogo acontece em um vilarejo que tem seu estoque saqueado, e o jogador, personagem principal, tem que capturar os saqueadores. Para isso, deverá usar conhecimentos de química. A cada solução o jogador vai ganhando pontos (código XP) para avançar no jogo, e ganha diamantes para mudar de fase. Os acertos, diante das situações-problemas estão relacionados com a coerência entre as ações e os níveis de ACT. Um ponto relevante é que o jogo, como instrumento de avaliação, não deixa sinais aos

jogadores de que eles estão sendo avaliados, fato que contrasta com os meios convencionais de avaliação.

Percebe-se, nesses estudos que preconizam o enfoque CTS, que diversos conteúdos são trabalhados, como os factuais, presentes nas biografias de cientistas, datas e parâmetros químicos; os conteúdos conceituais, dos mais simples aos mais complexos, presentes nos aspectos epistemológicos e socioculturais da Ciência e da tecnologia; exploram, também, conteúdos procedimentais presentes nas manipulações dos elementos dos jogos, vidrarias, produtos naturais, industrializados, equações químicas e outros desafios envolvendo habilidades motoras. Os conteúdos atitudinais estão presentes nas reflexões dos impactos das relações CTS para a tomada de decisão nas situações-problemas análogas ao cotidiano.

Estes três trabalhos foram fundamentados em experiências de pesquisadores com a temática da CTS, em autores e em materiais de referência em CTS, como o livro *Química cidadã* (SANTOS *et al.*, 2013), autores para os indicadores de alfabetização científica e tecnológica (BYBEE, 1997; FOUREZ, 2005), o questionário COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*) e pesquisas de reconhecimento dos contextos locais dos estudos para uma abordagem mais contextualizada dos conteúdos a serem inseridos nos jogos desenvolvidos.

Os aspectos visuais dos jogos digitais têm papel fundamental na aprendizagem de modelos conceituais abstratos da Química, fenômenos microscópicos e macroscópicos, conforme pôde ser observado nas simulações dos diversos ambientes dos três jogos analisados, com destaque para os gráficos realistas do jogo *Chemistry Raiders*, que tiveram o propósito de se aproximar das características do *design* gráfico dos jogos comerciais. Cabe salientar as limitações técnicas dos desenvolvedores, como a linguagem de programação, as habilidades artísticas dos elementos gráficos e sonoros para o desenvolvimento de bons jogos digitais pedagógicos.

Assim, a construção desses jogos possui momentos singulares, dependentes de vários fatores técnicos, artísticos, contextos e condições favoráveis, bem como equipes multifuncionais para que ideias abstratas surjam e se tornem concretas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na metodologia da revisão sistemática da literatura, tivemos evidências da demanda de trabalhos que relacionam o desenvolvimento de jogos digitais pedagógicos para o ensino de Química com o enfoque CTS. Por outro lado, percebe-se que a maioria dos estudos com os jogos desenvolvidos está preocupada com conteúdos introdutórios da Química, considerados de difícil aprendizagem pelos alunos, como modelos atômicos e tabela periódica. Estão preocupados, também, em analisar a eficácia da motivação e o interesse dos alunos pelos estudos.

Já nos poucos trabalhos de referência para esta pesquisa, nota-se que os desenvolvedores/pesquisadores, que possuem uma percepção do enfoque CTS, projetaram nos *designs* de *game* e instrucionais elementos que proporcionam a reflexão crítica dos conteúdos de química presentes nos jogos.

As etapas envolvidas na construção de jogo digital pedagógico para o ensino de Química se iniciaram com a revisão da literatura, seguida da pesquisa com os potenciais usuários, professores e alunos, e a criação de um protótipo. Por fim, sua aplicação e avaliação de eficácia. Assim, desejamos que trabalhos futuros possam servir-se destas inferências para tornar concreto um jogo com as características preconizadas nas relações CTS, uma vez que tais relações devem promover capacidades mais complexas no estudante e desenvolver competências para compreender e solucionar problemas reais da sociedade, isto é, devem ensinar ao estudante um certo nível de alfabetização científica e tecnológica, como explorado no estudo de Ribas (2018), Rosa (2018) e Reis *et al.* (2020). E, para isso, não basta apenas que o aluno seja mais ativo e esteja motivado no processo de ensino e aprendizagem, mas que esta participação seja significativa/relevante.

Um aspecto com potencial para ser explorado futuramente na temática discutida, e que pode contribuir com a pesquisa em ensino de Ciência, seria explorar essa perspectiva da revisão sistemática com disciplinas como a Biologia e a Física, uma

vez que estas comungam no ensino de Ciência e nas pesquisas com metodologias inovadoras e jogos digitais pedagógicos.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão pelo apoio com o processo UNIVERSAL-06789/22

#### REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. What is STS science teaching? *In*: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994.

ALVES, L. *et al.* Jogos eletrônicos e screenagens: possibilidades de desenvolvimento e aprendizagem. *In*: SILVA, E. M.; MOITA, F. M. G. S. C.; SOUSA, R. P. **Jogos eletrônicos construindo novas trilhas**. Campina Grande: EDUEP, 2007. p. 237

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. *In*: **Seminário Ibérico CTS no ensino das ciências: las relaciones CTS en la Educación Científica**, v. 4, p. 1-7, 2006.

AZEVEDO, R. O. M. *et al.* O enfoque CTS na formação de professores de Ciências e a Enfoque de questões sociocientíficas. *In*: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, p. 1-8, 2013.

BIOLCHINI, J. *et al.* Systematic review in software engineering. **System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES**, v. 679, n. 05, p. 45, 2005.

BIOLCHINI, J. *et al.* Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, v. 21, n. 2, p. 133-151, 2007.

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Biruta, 2009.

BOTTENTUIT JÚNIOR, J. B. Gamificação na Educação: revisão sistemática de estudos empíricos disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. **Temática**, João Pessoa, v. 16, n. 3, p. 285-301, 2020.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B. Sala de Aula invertida: recomendações e tecnologias digitais para sua implementação na educação. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 2, p. 11-21, 2019.

BOUZON, J. D.; BRANDÃO, J. B.; SANTOS, T. C. dos; CRHISPINO, Á. O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 214-225, 2018.

BYBEE, R. W. **Achieving Scientific Literacy: From purposes to practices**. Portsmouth: Heinmann Publishing, 1997.

CORTEZ, J.; DEL PINO, J. C. O Enfoque CTS e as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-Implicações para uma Nova Educação Básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 10, n. 3, p. 125-144, 2017.

CUNHA, M. B. da. O movimento Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) e o ensino de ciências: condicionantes estruturais. **Varia Scientia**, v. 6, n. 12, p. 121-134, 2006.

CUNHA, M. B. da. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, maio 2012.

CUNHA, M. B. da; FIORESI, C. de A; LAYTER, M. B., SILVA, V. M. da. Jogos no Ensino de Química: uma análise dos trabalhos apresentados no ENEQ. *In: Encontro Nacional de Ensino de Química*, Salvador, BA, 2012.

FELIZARDO, K. R.; NAKAGAWA, E. Y.; FABBRI, S. C. P. F.; FERRARI, F. C. **Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software: Teoria e Prática**. São Paulo: Elsevier, 2017. (Edição do Kindle).

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Colihue, 2005.

FRACALANZA, H; MEGID, J. N. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. *In: FRACALANZA, H; MEGID, J. N. (Orgs.). O Livro Didático de Ciências no Brasil*. Campinas: Komedi, 2006. p.153-170

GASTALDI, R. A. **RS/AT: uma Enfoque para aplicação de Análise Temática em revisão sistemática**. 2016. 127f. Dissertação (Mestrado em ciência da computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

GEE, J. P. Bons vídeos games e boa aprendizagem. **Perspectiva**, v. 27, n. 1, p. 167-178, 2009.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HINTON, S. Cinema of the Gun: Science and Technology Studies and the First Person Shooter. *In: Global Media Convergence and Cultural Transformation: Emerging Social Patterns and Characteristics*. IGI Global, p. 296-310, 2011.

JAPIASSU, H. **Um desafio à educação: repensar a pedagogia científica**. São Paulo: Letras e Letras, 1999.

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

KRASILCHIK, M. "Caminhos do Ensino de Ciências no Brasil". **Em Aberto**. Brasília, v. 11, n. 55, p. 3-8, 1992.

LIMA, É. R. P. O.; MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de Química: jogos digitais como interface metodológica. *In: SOUSA, R. P.; MOITA, F. M. G. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (Orgs.). Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB, 2011. p. 131-154.

LUJÁN LÓPEZ, J. L. *et al.* **Ciência, Tecnologia y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: TECNOS, 1996.

MUNÓZ, Y. J.; EL-HANI, C. N. The student with a thousand faces: from the ethics in video games to becoming a citizen. **Cultural Studies of Science Education**, v. 7, n. 4, p. 909-943, 2012.

OLIVEIRA, T. C. *et al.* A análise de conteúdo como ferramenta para averiguar a aprendizagem de conceitos sociocientíficos trabalhados numa Educação CTS. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 4113-4118, 2017.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 71-84, 2007.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Regras do jogo: principais conceitos**. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

SANTOS, R. C. S.; VALE, W. K. M.; SILVA, S. A. Tendências das pesquisas em CTS na formação de professores de ciências. *In: Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências*, Florianópolis, SC, 2017.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; DIB, S. M. F.; MATSUNAGA, R. T.; SANTOS, S. M. O.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; FARIAS, S. B. **Química Cidadã**. São Paulo: Editora AJS, 2013.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos do Enfoque C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **A formação do cidadão e o ensino de CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade**. *In: Educação em química: compromisso com a cidadania*. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

SCHELL, J. **A arte de game design: o livro original**. Tradução de Edson Furmankiewicz. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de Química e a importância da Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**, v. 20, n. 20, 2004.

SCHUYTEMA, P. **Design de Games: um Enfoque prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SHWARTZ, Y.; BEN-ZVI, R.; HOFSTEIN, A. The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, p. 203-225, 2006. ISSN n. 4.

SOUSA, B. L. S.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, J. R. S.; CANTANHEDE, S. C. S.; CANTANHEDE, L. B. Cenário das publicações CTS/CTSA no ensino de química: revisão bibliográfica de publicações no portal de periódicos da CAPES/CAFE. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 27267-27283, 2019.

SOUZA, F. L.; GONÇALVES, T. V. O. Bases epistemológicas subjacentes ao enfoque CTS no ensino de química. **Acta tecnológica**, v. 6, n. 2, p. 30-36, 2012.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZIMAN, J. The Rationale of STS Education is in the Approach. *In: Solomon. STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, p. 21-31, 1994.