

JOGOS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

DIGITAL GAMES FOR CHEMISTRY TEACHING

Stephany Petronilho Heidelmann¹ 

Esteban Lopez Moreno² 

Guilherme de Almeida Xavier³ 

Resumo

Nos últimos meses, a pandemia do novo Coronavírus intensificou a demanda por uma educação que inclua ferramentas tecnológicas. Desta forma, este artigo busca contribuir para o ensino de Química fornecendo subsídios para construção de abordagens lúdicas, utilizando-se jogos digitais. Inicialmente é trazida uma discussão sobre os principais aspectos que envolvem o uso de jogos didáticos no ensino e que devem ser considerados na escolha do material a ser utilizado. Nos momentos seguintes deste texto, uma perspectiva qualitativa é adotada para apresentar a análise de ferramentas lúdicas disponíveis *on-line*. Os jogos aqui destacados foram divididos em quatro grupos: jogos de perguntas e respostas, simuladores, jogos tangenciais e plataformas gamificadas. Assim, são apresentadas suas descrições e classificações quanto sua interface, compatibilidade com diversos equipamentos, funções gratuitas, configurabilidade e potencial educativo. O estudo reforça que tais ferramentas, se associadas a um planejamento didático e a mediação docente, possuem capacidade de potencializar o aprendizado de Química de forma lúdica.

Palavras-chave: Jogos digitais. Ensino de Química. Ludicidade. Tecnologias educacionais.

Abstract

In recent months, the Coronavirus pandemic intensified the demand for an education that includes technological tools. Thereby, this paper aims to contribute by providing subsidies for teaching Chemistry through playful approaches, using digital games. Initially a discussion is brought up on the main aspects that involves the use of didactic games in the learning process and what must be considered when choosing an educational game. The following moments of this text, a qualitative perspective is adopted to present the analysis of playful tools available online. The games highlighted here were divided into four groups: question and answer games, simulators, tangential games and gamified platforms. Thus, their descriptions and classifications are presented considering their interface, compatibility with a considerable variety of equipment, free functions, configurability, and educational potential. This study reinforces that these tools, if associated with didactic planning and teaching mediation, have the capacity to enhance the learning of Chemistry in a playful way.

Keywords: Digital games. Chemistry teaching. Playfulness. Educational technology.

¹ Licenciada em Química pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), mestre em Ensino de Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutoranda em Educação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Professora convidada do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Química (PEQui) da UFRJ e colaboradora em projetos de Pesquisa e Extensão no IFRJ – campus Duque de Caxias

² Professor Associado Doutor da Fundação Cecierj; Professor Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE) e do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Química (PEQui) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

³ Mestre e Doutor em Design pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), pesquisador no eixo temático Design para Educação Multimodal do LINC-Design, supervisor do NINJA, membro do Núcleo Docente Estruturante do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio e Professor/Tutor em cursos de Extensão da Fundação Cecierj.

Tecnologias educacionais e jogos

Hoje em dia, nunca houve tanta variedade e riqueza informativa na educação como nos tempos atuais. As possibilidades metodológicas e de recursos virtuais são de tal monta que poucos professores, se tivessem sido devidamente capacitados, poderiam se queixar de estarem impossibilitados de construir uma aula mais dinâmica e menos enfadonha (MORENO; HEIDELMANN, 2017). O problema para muitos se inverteu, a abrangência e as ofertas se multiplicaram de tal forma que as escolhas se tornam inseguras ou, mais frequentemente, equivocadas. Soma-se a isso o desafio na falta de formação docente na utilização de recursos e metodologias que poderiam ser mais efetivas neste momento.

Durante as nossas aulas sobre o uso de tecnologias educacionais para professores, como parte do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEQui-UFRJ), frequentemente os docentes alegam que não foram motivados ou sequer apresentados a qualquer tecnologia digital para o uso em sala de aula. Apesar da tecnologia representar cada vez mais a integração de vários modos de aprender e ensinar, boa parte de nossas licenciaturas, incluindo a de Química, permanece em um mundo distópico, paralelo e distante ao que deveria ser tal formação (ROLANDO *et alli.* 2015).

Se ainda encontramos uso limitado de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Química, os jogos digitais compõem um quadro ainda mais modesto. Durante o ano de 2020, o mercado de jogos digitais apresentava como estimativa um crescimento de 45% em relação ao ano anterior (LARGHI, 2020). Ou seja, um mercado que já era vasto antes mesmo da pandemia - especialmente entre os jovens que ocupam a faixa etária do ensino básico - e se tornou ainda mais impressionante devido aos protocolos de distanciamento físico. Entretanto, o uso de jogos para fins educacionais enfrenta os mesmos desafios das demais tecnologias educativas. Assim, pretendemos neste artigo auxiliar na instrumentalização da prática docente apresentando alguns recursos tecnológicos lúdicos e *on-line* que potencializem o ensino e aprendizado de Química, considerando os parâmetros e critérios de escolha estabelecidos pelos autores na metodologia. Além disso, discute-se os fatores que estabelecem um equilíbrio entre a ludicidade e a função educativa, e como é possível a partir disso propor uma atividade intencional e orientada pelo professor, com foco no desenvolvimento e interação com o aluno.

As estratégias de ensino por meio de jogos educacionais

Conforme defendemos neste artigo, uma das estratégias para melhorar as lacunas na formação de docentes no país, especialmente no Ensino Médio, deve incluir como competência

necessária o uso dos jogos para o ensino, tanto analógicos quanto digitais. Jogos contribuem para uma aprendizagem mais ativa e significativa, uma vez que estão baseados em respostas interativas para problemas nos quais engajamento, persistência e cooperação, se mostram fundamentais para o progresso nas narrativas que apresentam em sala de aula (FORTUGNO; ZIMMERMAN, 2005). Em uma consideração objetiva de uso, temos o termo *Playful learning*, inaugurado por Lauren Resnick (1999) e desenvolvido por Hirsh-Pasek, Golinkoff, e Eyer (2003), dando a entender de maneira ampla que as características interessantes do “jogar” como algo divertido, voluntário, flexível, intrinsecamente motivado e envolvimento ativo, são benquistas ao aprendizado significativo, seja de modo livre (*free play*), seja de modo contido (*guided play*) (HASSINGER-DAS *et alli.*, 2017). Assim, situações fantasiosas e desafiantes podem servir como modelos de cenários tipificados no âmbito escolar, como ensaio, conferência, contextualização e oportunidade de reflexão.

Os jogos digitais contribuem ainda para outro aspecto fundamental no processo educacional, o feedback. Ao que já foi apontado por Gomes e Pereira (2021), as respostas às ações ou experiências vivenciadas pelos alunos, sejam eles por meio de pontos, placares, indicadores de desempenho e progresso, trocas entre pares ou até mesmo pela capacidade do docente realizar um acompanhamento do desempenho, permitem que os aprendizes se situem numa perspectiva colaborativa sobre aquilo que é esperado deles no processo de construção do conhecimento.

Assim, jogos como simulações de tomadas de decisão, especialmente os digitais, apresentam-se como verdadeiros laboratórios, tendo em seus jogadores cientistas em potencial, que testam estratégias e táticas para melhor performar e encontrar o sucesso de suas iniciativas ante os objetivos apresentados (GEE, 2003).

Não se trata de defender jogos como mais importantes ou em substituição a outras formas de aprendizagem. No entanto, é de se considerar que o ato de aprender, quando envolvido por afeto, tem na recepção de quem interage a emotividade que em muito falta na sala de aula (XAVIER; FARBIARZ, 2016).

O principal motivo de o jogo atrair a atenção de seus participantes e, conseqüentemente, como sujeitos aprenderem sobre suas estruturas lógicas e narrativas, tanto embutidas quanto emergentes, se dá pela sua ludicidade. A capacidade de se apresentar lúdico, ou seja, de garantir-se como forma de entretenimento estruturado é decorrência de uma série de características notáveis que qualificam o jogo em sua jogabilidade, termo muitas vezes indevidamente traduzido do inglês *gameplay*, ou *modo de jogar*. Embora o modo de jogar esteja relacionado com a qualidade do jogo - tanto quanto o modo de usar um produto esteja relacionado com sua usabilidade - jogabilidade

está mais voltado para a qualificação de seus aspectos mecânicos, dinâmicos e estéticos do que para sua aplicação (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEL, 2004).

Docentes com interesse no uso de jogos, sejam analógicos ou digitais, devem compreender que há uma diferença perceptiva do público entre jogos educativos e educacionais. Jogos educativos tendem a pecar pelo excesso de didatismo que os fazem irremediavelmente "Brócolis com cobertura de chocolate" (termo jocoso senão cunhado, difundido pela acadêmica Anastasia Salter em comentários durante o *2014 American Psychological Association's Education Leadership Conference*). De outro modo, jogos educacionais se sustentam como atividades divertidas, mas podem trazer oportunidades de construção de conhecimento devido ao seu formato ou a maneira de serem abordados por docentes para uma Aprendizagem Tangencial.

O termo acima traduzido de *Tangential Learning*, foi "proposto" por James Portnow em seu canal sobre jogos digitais *Extra Credits*, para lidar com conteúdos que podem ser aprofundados pela autonomia do aluno em outras mídias. Para um lampejo do impacto que as mídias expressivas, como jogos, filmes e séries fazem no seu público, podemos destacar o Efeito Netflix: depois do sucesso com a série *The Queen's Gambit* (baseado no livro de Walter Tevis de 1983), a procura por aplicativos de xadrez aumentou extraordinariamente. Em novembro de 2020, 100.000 novos membros se registraram no site Chess.com por dia, aproximadamente cinco vezes mais que a média. Graças a série, "Quase 1 bilhão de smartphones agora têm algum tipo de jogo de xadrez baixado, segundo a Federação Internacional de Xadrez (FIDE)" (VITORIO, 2020). Há de se supor que séries igualmente famosas e baseadas em fatos científicos sobre Química como *Breaking Bad*, de 2008-2013, e sobre Matemática como *NUMB3RS*, de 2005-2010, tenham tido impacto similar não apenas entre alunos, como também professores.

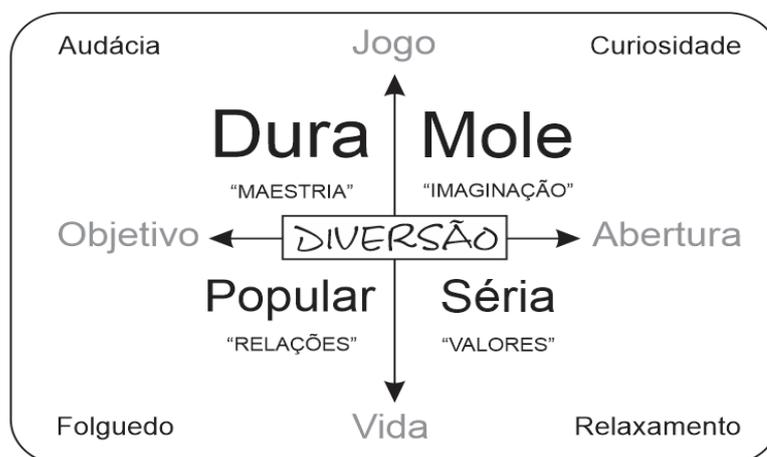
Dessa forma, se o jogo se mostra impositivo ou como convite, toda diferença por parte do docente se faz, para que o estudante o perceba como instrumento rico em estímulos ou apenas uma conversão modal de atividades de ensino-aprendizagem tradicionais "perfumadas" com interatividade. Há necessidade de que o aprendizado seja decorrência de uma dedicação autônoma, interna, a partir de um conceito de ludicidade, ou seja, daquilo que é característico do que é lúdico, capaz de permitir: "[...] a plenitude da experiência" (LUCKESI, 2000, p. 96). Sem essa intensidade, educação não se faz significativa por completo, pois não se pode apreender profundamente o que não é da experiência.

Para o presente artigo, portanto, estabelecemos como critério de ludicidade, interpretações sobre a autonomia interativa em relação ao objeto, ou seja, se apresenta suficiência ou dependência das mediações de um tutor para os assuntos trazidos. Consideramos como Plaza (2003) que "configurabilidade" é uma escala entre a reatividade (como um primeiro nível) e a

interatividade (como liberdade que pode ser aprofundada até que o sistema possa ser convertido ao interesse do seu jogador). Por fim, assumimos como aspectos operacionais a soma e a versatilidade dos seus elementos que satisfazem a expectativa de entretenimento comparativo/performativo, com vistas para uma leitura dos jogos como sistemas experimentais de fins e propósitos, com consequências quantificáveis (SALEN; ZIMMERMAN, 2003).

Além disso, como forma de reunir em um mesmo eixo tais condições lúdicas, iremos propor uma escala de divertimento baseado no “topo orientado ao Jogo” do esquema de Chaves de Divertimento da “Anatomia” de Nicole Lazarro (2004), em *Diversão Dura (Hard Fun)* e *Diversão Mole (Easy Fun)*, ou seja, se mais voltado para objetivação de regras ou para uma abertura exploratória (Figura 1).

Figura 1- Gráfico da Diversão se Dura, Mole, Popular ou Séria



Fonte: os autores, adaptado de Lazarro (2004)

Nicole Lazarro, à frente da XEODesign, publicou 4Keys2Fun em seu blog como diferencial de seus projetos. Para a designer, cada chave desbloqueia um conjunto diferente de experiências de jogo: “Pessoas jogam para modificar as estruturas de suas experiências internas” (LAZARRO, 2004, p. 7 – tradução nossa). O game designer Yukai Chou (2020), sobre a descoberta de Lazarro, resume:

“*Diversão Dura* é sobre Maestria, (...). *Diversão Mole* é um veículo para a imaginação. A *Diversão Séria* fornece significado e valor e sentimos entusiasmo com o sucesso. A *Diversão Popular* é vivenciada com outras pessoas, onde nos divertimos ao realizarmos” (tradução nossa).

O topo do esquema da “Anatomia” de Lazarro alinha-se com os eixos do esquema de “*Flow*” (ou Fluxo, como também presente na literatura em português). Termo proposto

inicialmente em 1975 pelo psicólogo Mihaly Csikszentmihályi como resultado da capacidade humana de “processar”, segundo ele, uma faixa restrita a 110 bits por segundo. *Flow* seria a hiperconcentração, capaz de fazer o usuário dedicar-se em total concentração a sua execução (CSIKSZENTMIHÁLYI, 1990).

Metodologia: vamos às regras!

A presente pesquisa busca construir uma base de conhecimento sistemático acerca de jogos digitais para o ensino de Química, como parte do aprendizado na aplicação de diferentes ferramentas educacionais na disciplina Estratégias e Recursos Instrucionais Inovadores no Ensino de Química. Essa disciplina, com carga horária de 45 horas, foi ministrada pela primeira vez em 2015, pelo PEQui-UFRJ. O público-alvo desse programa são os professores de Química em exercício em sala-de-aula.

A base de jogos aqui pesquisada nutre-se também e amplamente da experiência dos presentes autores na área de jogos educacionais. Os principais participantes da pesquisa são seus próprios autores em seu exercício profissional de ensinar por meio de jogos, tendo eles autonomia para conduzir seus conhecimentos adquiridos no decorrer do processo. Assim, nas palavras de Pedro Demo, “Pesquisa como diálogo é processo cotidiano integrante do ritmo de vida, produto e motivo de interesses sociais em confronto, base da aprendizagem que não se restrinja a mera reprodução; (..)” (2006 p. 42). Enquadra-se, portanto, em um estudo de caso com a abordagem de pesquisa participante e qualitativa (BRANDÃO, 1999; GIL, 2002; YIN, 2010; MARCONI e LAKATOS, 2017), mais precisamente nas áreas da ludificação, ensino e aprendizagem.

Nesta pesquisa, identificamos as principais características apresentadas pelas tecnologias eletrolúdicas de aprendizagem que são potencialmente interessantes para o uso no ensino de Química. Considera-se essa adjetivação como relacionada aos sistemas quando estão baseados na eletrônica para permitir o lúdico, e em processos de objetivos e recompensas que caracterizam o entretenimento (XAVIER, 2017). Considerando a importância de apresentar recursos educacionais lúdicos que sejam compatíveis com a realidade dos professores do Ensino Médio no Brasil, para isso, utilizamos os seguintes parâmetros de escolha:

- 1) Interface interativa e acesso fácil para professores e alunos;
- 2) Compatibilidade com grande variedade de equipamentos disponíveis no contexto educacional;
- 3) Disponibilidade de versões gratuitas e/ou com custo reduzido (custos adicionais podem ser incluídos para acesso às funções avançadas);

- 4) Possibilidade de personalização dos materiais, compartilhamento, transferência e armazenamento;
- 5) Potencial educativo da ferramenta e, em particular, ao ensino de Química.

De acordo com esses parâmetros, foram elaborados ao todo sete critérios de avaliação para as ferramentas eletrolúdicas, são eles:

Tabela 1 – Critérios de avaliação das ferramentas eletrolúdicas

Critérios de avaliação	Descrição da função na ferramenta
Base de Dados (BD)	Armazena e disponibiliza resultados avaliativos.
Customização e personalização de conteúdo (CP)	Permite a personalização dos materiais, com a criação de roteiros prévios ou atividades posteriores.
Jogabilidade (JG)	Qualificação do entretenimento, se simples ou complexo, conforme regras e procedimentos, mecânicas, dinâmicas e estéticas.
Alteração de idioma (AI)	Disponibiliza versões em diversos idiomas, principalmente português e/ou espanhol.
Compartilhamento de materiais (CM)	Permite com facilidade trocas entre usuários e, em alguns casos, não usuários do aplicativo.
Funcionalidades gratuitas (FG)	Permite maioria das funcionalidades básicas sem custo, mesmo tendo recursos avançados vinculados ao pagamento de taxas.
Portabilidade (PB)	Disponível em: diferentes plataformas (Android, macOS/iOS, Windows, Linux).

Fonte: os autores

Assim, adicionalmente a cada aplicativo selecionado, avaliamos alguns de seus principais aspectos e classificamos seus desempenhos numa escala de 1 a 5, representada por ícone de um dado (🎲), sendo 1- ausente; 2- fraco; 3- regular; 4- bom; 5- excelente.

Ao longo do artigo são apresentados os jogos avaliados e nos momentos finais do manuscrito, apresentamos os endereços e links para acesso aos recursos.

Análise dos jogos e comentários: cartas à mesa

A ordem dos jogos aqui definida visa a atender as necessidades dos docentes em obter instrumentos que possam ser utilizados em apoio à conteúdos programáticos de Química, sem, no entanto, serem capazes (e nem terem essa função) de substituir a mediação do professor por completo quanto aos assuntos trazidos em termos de sua dinâmica, mecânica ou estética (HUNIZKE *et alli.*, 2003). Diferentes obras apresentam distintas profundidades tanto de

conteúdo como de interação, mas entendemos que, assim reunidas, são capazes de envolver e empolgar professores e alunos a considerar novas práticas didáticas na sala de aula (na amplitude que o termo admite). Para isso, foi levado em conta no seguinte compêndio um conjunto de critérios que permitem avaliação das alternativas, conforme os diferentes contextos educacionais sociais e tecnológicos. Os jogos foram organizados conforme conceitos e essências nas categorias 1) perguntas e respostas, 2) simuladores, 3) tangenciais e 4) se pertencentes a plataformas gamificadas (ou “gamificáveis”), que atendem ao texto aqui proposto, mas que não são determinantes como classificação mais abrangente.

Jogos de perguntas e respostas

As atividades de perguntas e respostas, também conhecidas como questionários, são instrumentos de coleta de dados, onde a informação é obtida por escrito sem a interferência direta de um entrevistador. Nesse caso, o professor.

Assim, essa configuração permite atingir um número maior de respondentes simultaneamente, de obter respostas mais rápidas e objetivas, diminuem o risco de distorção por influência docente e aumentam a uniformidade da avaliação (MARCONI; LAKATOS, 2017). Atribuindo uma perspectiva lúdica aos questionários é possível também expandir a experiência de aprendizagem do aluno, ampliando sua motivação através da organização do material proposto pelo professor e das possibilidades de interação, configurabilidade e jogabilidade das plataformas disponíveis.

O processo de elaboração desse tipo de atividade deve, portanto, incluir um cuidado com o tipo, ordem e seleção de questões, considerando sua relevância para a obtenção de informações válidas, que devem estar de acordo com o objetivo da atividade. Além disso, é recomendada a realização de um ensaio antecipatório do recurso em termos de fidedignidade ao conteúdo didático, validade dos dados obtidos nas respostas e operatividade quanto a extensão do material e estética, para que seja atraente e envolva o respondente na proposta didática (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Para o ensino de Química, uma ferramenta que se destaca ao promover estratégias lúdicas que envolvam perguntas e respostas é o Mentimeter (MENTIMETER, 2022). Conforme apontado por Mayhew e colaboradores (2020), o aplicativo é um recurso dinâmico que tem apresentado altos níveis de satisfação entre os alunos, permitindo maiores interações durante as aulas e refletindo positivamente no aprendizado. Nele, o professor pode elaborar apresentações interativas incluindo diversos tipos de questões, como múltipla escolha, respostas curtas, inserção

de resposta/pergunta/frase pelos participantes, votação através de curtidas, formação de nuvens de palavras, entre outras.

O recurso possibilita a criação gratuita de até cinco slides com a configuração de perguntas e respostas. Outro ponto interessante é a opção dos alunos receberem os resultados da atividade por um link ou e-mail, sem identificação dos participantes. Já para o docente, é possível exportar os resultados em formato de imagem ou PDF, porém sem identificação dos alunos, exceto nas atividades com perguntas e respostas, onde é possível ver o total de pontos marcados por cada participante, que insere seu nome antes de responder. Esse aplicativo é muito utilizado como recurso educacional, pois além de realizar a apresentação interativa, exibe os resultados gerais em gráficos logo após finalizar cada etapa, dispensando a exportação para outros programas ou o uso de plugins adicionais.

Seguindo um estilo bem parecido com o Mentimeter, o Quizizz (QUIZIZZ, 2022) consegue ser ainda mais completo nas suas opções de configurabilidade e jogabilidade, o que repercute positivamente nas suas estratégias de engajamento e no impacto positivo entre os alunos em termos de estímulo ao interesse e concentração (ZHAO, 2019). O recurso não só permite criar questões com múltipla escolha, caixas de seleção, caixas para completar texto e espaço de escrita, como também habilita a inserção de imagens e fórmulas, disponibilizando uma variedade incrível de símbolos, fundamental para algumas propostas no ensino de Química. O Quizizz também permite criar apresentações de slides com quiz, e diferente do Mentimeter, sem limite de inserções na sua versão gratuita, além de disponibilizar a visualização de um sumário das respostas em tempo real logo após cada pergunta.

Outra distinção é a possibilidade de importar perguntas de um modelo editável no Excel, importar e editar questões de outros quizzes públicos, e, em termos de jogabilidade, inserir *power-ups* (elemento aditivo potencializador, como: eliminação de algumas respostas incorretas; pontos extras, congelamento do tempo etc.). Ao final do jogo, os resultados das atividades ficam salvos no aplicativo, com a identificação de cada participante e podem ser exportados em uma planilha no Excel. Não há limites de quizzes que podem ser criados na versão gratuita.

Com uma interface um pouco diferente dos dois primeiros aplicativos, o Kahoot (KAHOOT, 2022) também permite a criação de questionários, pesquisas ou importar e editar perguntas já elaboradas, recurso que facilita a aplicação por professores, tendo em vista a facilidade de utilizar-se de quizzes confeccionados por outros educadores, vários deles sobre Química e em português. A versão gratuita apresenta opções um pouco mais limitadas, inserindo somente questões de perguntas e respostas e verdadeiro ou falso. O aplicativo é de fácil acesso e manuseio pelos alunos, e tem sido percebida muito positivamente pelos alunos (WANG;

TAHIR, 2020, XAVIER *et alli.*, 2022), possuindo inclusive recursos de acessibilidade e se diferenciando dos demais ao permitir a inserção de vídeos do Youtube, definindo o momento de início e de fim da exibição, imagens, símbolos e fórmulas. Ao final da atividade, os resultados ficam registrados na ferramenta e disponíveis em gráficos. É possível que o docente baixe um arquivo em formato Excel com os resultados gerais e por pergunta, permitindo a identificação do desenvolvimento individual dos alunos.

Somando ao grupo de atividades lúdicas que envolvem perguntas e respostas, o Baamboozle (BAAMBOOZLE, 2022) que, embora somente na versão em inglês e sem disponibilizar os resultados numa base de dados *on-line* ou para baixar, se torna uma opção considerável. A ferramenta permite elaborar gratuitamente dinâmicas de perguntas e respostas que podem ser exibidas no formato de slide, com uma interface de fácil acesso (KRISBIANTORO, 2020), o professor controlando o momento de disponibilização da resposta, ou como competição de até quatro grupos. Nesse formato competitivo, o professor pode optar pelo modelo de jogo “Classic”, que insere nas opções dos participantes *power ups*, atribuindo um caráter ainda mais dinâmico no uso. Para utilizá-lo, é recomendada a projeção da tela do professor para toda a turma, o que o permite acompanhar mais detalhadamente o rendimento dos grupos, ou, de maneira mais livre, a divisão de alunos em grupos com um único aparelho móvel entre eles e com menor controle dos resultados.

Já o Wordwall (WORDWALL, 2022) segue a proposta de criação de atividades lúdicas com questionários e apresenta maiores possibilidades que os todos os aplicativos relacionados anteriormente pela variedade de formatos de atividades que disponibiliza. O aplicativo não só permite a criação de perguntas e respostas de forma clássica com imagens e formatações (como símbolos, subscrito e sobrescrito), como também permite que o professor mude o modelo de atividade escolhido para outros sem perder as inserções feitas. Isso significa que depois de montar a atividade, a plataforma sugere outros modelos possíveis para transpor os dados com um único clique, o que fornece ao docente uma variedade incrível de possibilidades com o mesmo material, se tornando um grande aliado aos planejamentos.

A plataforma dispõe de muitos modelos, como jogo da memória, gire a roleta, organização dos itens em grupos, caça-palavras, palavras cruzadas, “acerte a toupeira” que corresponde à resposta correta, entre outros. Com uma interface de fácil edição ao professor e uso para o aluno, o Wordwall também disponibiliza a versão para impressão de determinadas atividades. Ao finalizar a dinâmica, o docente pode optar por visualizar o desenvolvimento dos alunos na base de dados *on-line* ou baixá-lo no formato Excel. A versão gratuita permite a criação de no máximo cinco atividades. Entretanto, o baixo valor mensal da versão paga somado às

inúmeras possibilidades de criação disponibilizadas, com certeza vale ao menos pensar a respeito. A Tabela 2 resume as avaliações recebidas por cada aplicativo supracitado.

Tabela 2 – Análise dos jogos de perguntas e respostas por categorias

	Mentimeter	Quizizz	Kahoot	Baamboozle	Wordwall
Base de dados	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲	🎲🎲🎲🎲🎲
Customização e personalização de conteúdo	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲
Jogabilidade	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲
Alteração de idioma	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲	🎲🎲🎲🎲🎲
Compartilhamento de materiais	🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲
Funcionalidades gratuitas	🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲
Portabilidade	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲	🎲🎲🎲🎲🎲

Fonte: os autores

Uma alternativa lúdica aos jogos de perguntas e respostas são os chamados *interactive story games* (ou jogos de histórias interativas). Outros nomes típicos para essas obras são: *interactive fiction*, *IF*, *façade*, literatura ergódica, enrola e desenrola e aventura-solo), que é uma forma de jogo na qual a sequência de uma história não é pré-determinada. A metodologia prevê a criação de diferentes cenários fictícios a partir de respostas diferentes, que são postas na forma de perguntas para o aluno (KARLSSON, 2009). A articulação entre o conhecimento teórico e o aprendido se dá nessas interações, gerando novos cenários, desafios de entendimento, ou quando o participante é forçado a retornar a um outro nível até que a apreensão se dê a contento; além de possibilitar o estímulo da curiosidade e do envolvimento do aluno. Assim, podemos considerar *interactive story games* como proposta intervalar entre os jogos de perguntas e respostas e jogos de interpretação ativa e interativa de papéis, como os RPGs (Role Playing Games) e LARPs (Live-Action Role Plays).

Os *interactive story games* compõem uma modalidade de metodologias ativas facilmente exequível em softwares dedicados como Twine (KLIMAS, 2022) ou praticamente qualquer aplicativo de apresentação - Powerpoint, Google Apresentação, Miro etc. - ou formulários de pesquisa *on-line*, como o Formulário Google, Survio, MindMiners etc, além da vantagem de funcionar em qualquer plataforma. Apesar da facilidade de criação, são raros os exemplos desenvolvidos no âmbito do ensino de Química. Uma razoável exceção cabe ao Org Chem

Adventure (ORG CHEM ADVENTURE, 2022), disponível somente com texto em inglês e na plataforma Android.

Simuladores

Os simuladores apresentam-se em diversos níveis de semelhança com a realidade. Entretanto, no caso da Química, como qualquer Ciência experimental, “ver” e “ouvir” uma simulação é necessariamente uma experiência incompleta em relação aos nossos demais sentidos. Por outro lado, não deixa de ter sua própria fascinação, especialmente aos jovens, que são especialmente instigados ao aprendizado autônomo por meio do uso de tais tecnologias digitais (KOLIL *et alli.*, 2020). Os simuladores podem ser utilizados tanto para a diversão como para o treinamento ou para a educação. Esses jogos recriam ambientes físicos de realidades laboratoriais, permitindo uma série de combinações, algumas delas que dificilmente poderiam ser realizadas em condições de segurança e com os investimentos disponíveis.

A melhor opção de simuladores gratuitos que tínhamos no Brasil era o Laboratório Didático Virtual, ou Labvirt. Coordenado pela Universidade de São Paulo – USP. A partir de roteiros desenvolvidos por alunos do ensino médio, ele incluía diversas animações interativas de laboratórios de Química e Física, permitindo uma relação mais lúdica com o aprendizado. Infelizmente, o projeto foi interrompido provavelmente em função da descontinuidade dos recursos para multimídia Adobe Flash (o endereço eletrônico ainda está ativo em: <http://www.labvirt.fe.usp.br>). A finalização do *Flash* também afetou outros bancos de simuladores de Química, como EducaCapes (CAPES, 2022), no antigo banco de objetos de aprendizagem do Ministério da Educação que passou a compor a Plataforma Integrada (MEC, 2022), a Online Resources for Teaching and Learning Chemistry (YARON; RAYSOR, 2022), entre outros. É natural que ao longo do tempo novos laboratórios virtuais venham a ser desenvolvidos usando, por exemplo, as linguagens Java e/ou HTML5, que são consideradas mais leves, seguras e amplamente aceitas nos principais navegadores.

Com o desenvolvimento da tecnologia, surgiram diversos simuladores de reações e processos químicos bastante sofisticados, usufruindo, por exemplo, de tecnologias de imersão digital 3D. Entretanto, eles demandam por um pagamento nada modesto, além de muitos se distanciarem do nível de interesse do professor de Química do Ensino Médio. Por outro lado, há algumas alternativas mais simples e com elevada ludicidade e possibilidades educacionais. Selecionamos a seguir três dos mais lúdicos e acessíveis ao professor.

No ensino da Química, um dos desafios é tornar mais apreensíveis conceitos, modelos e representações-chave. Tratamos anteriormente de alguns aplicativos para a construção de

modelos tridimensionais de substâncias (MORENO; HEIDELMANN, 2017). Entretanto, não havia até então como simular a reação entre elas. Passamos recentemente a contar com uma boa alternativa, o aplicativo Beaker Mix Chemicals (THIX, 2022), que faz da tela de seu celular um béquer virtual, possibilitando realizar mais de 300 experimentos com um banco de dados superior a 150 elementos e substâncias. É ainda permitido adicionar inúmeros reagentes em cada uma das três fases, e aquecer, agitar (balançando o celular), tampar, descartar e “acender” um fósforo, visualizando e ouvindo o que acontece ao longo das operações.

Disponível no sistema IOs e Android, o aplicativo consegue ainda interagir com outro aparelho móvel, que quando conectados funcionam como se fossem dois béqueres, possibilitando a transferência de seus conteúdos de um recipiente para o outro. O Beaker é rico e divertido, entretanto o professor, para potencializar o seu uso educacional, deve propor uma série de experimentos. Alguns exemplos das possibilidades são: reação de ácidos e bases, adição de metais alcalinos em água, reações de combustão, formação de precipitados, entre outras, e ainda disponibilizar por extenso a reação ocorrida e a concentração, em volume ou massa, dos reagentes participantes.

Ainda sobre simuladores, o mais popular e conhecido jogo de entretenimento voltado para práticas educacionais por tangencialidade na atualidade é o Minecraft (MOJANG SYNERGIES, 2022) e distribuído pela marca Microsoft. Na versão básica do Minecraft, conhecido como “vanilla”, os jogadores têm à disposição um conjunto ambiental formado de blocos que representam diferentes tipos de substâncias, como minérios, corantes, metais, água (presente nos três estados físicos). Os blocos podem ser manipulados e se relacionam, permitindo produzir outras substâncias, como por exemplo, carvão vegetal a partir da queima de árvores, que também pode ser extraído abaixo do solo na forma de carvão mineral. Há ainda fornos que servem para transformar minérios em outros e ainda pode-se produzir minérios de obsidiana fazendo com que a lava incandescente interaja com a água líquida. Os blocos também podem funcionar como componentes para a construção de artefatos elaborados, que são disponibilizados em módulos aditivos, com os quais é possível personalizar o ambiente, dando-lhe mais aplicações, inclusive, químicas.

Há ainda uma versão especialmente focada para educação, o Minecraft Education, que possibilita criar um ambiente virtual educativo de acordo com o tema a ser tratado em sala de aula. O aluno também pode registrar os seus passos dentro do ambiente e enviá-lo para o professor avaliar. Nesta versão educacional, há opções específicas para a Química (CHEMISTRY LAB JOURNAL, 2022) na qual pode-se conduzir experimentos que simulam a realidade de laboratório, demandando uma certa dose de imaginação.

Por ser um ambiente no qual muitos jovens já estão familiarizados - possuindo dez anos de existência, com mais de 176 milhões de unidades vendidas apenas em 2019 e vários recordes curiosos pelo Guinness World Records -, a proposta gera fácil atenção e interesse da turma (NEBEL *et alli.*, 2016) e melhoria do aprendizado (WANG; TOWEY, 2013), além de propiciar melhor socialização e engajamento no ambiente real, especialmente benfazeja aos indivíduos que apresentam transtorno do espectro do autismo (RIORDAN, 2016). Há farta documentação sobre o uso desse jogo “caixa de areia” (característicos por permitirem maior liberdade navegacional e interativa) na internet e cabe ressaltar que ele funciona em praticamente qualquer plataforma digital. Apesar de ser um jogo pago, a assinatura do Minecraft e dos “mods” é modesta, acessível à maioria dos professores mesmo sem apoio da escola. Ainda assim, o docente pode avaliar outras soluções semelhantes, porém gratuitas, como o Minetest.

O projeto Minetest (MINETEST, 2022) tem como objetivo servir de alternativa gratuita e igualmente comunitária ao Minecraft, mas sem custos de aquisição, independente de entidades comerciais, desenvolvido por uma rede internacional de voluntários. Desse modo, o seu uso merece destaque junto aos professores que, de outra forma, seriam impedidos de usar o Minecraft por restrições financeiras ou pela utilização de equipamentos mais antigos. Educacionalmente, o Minetest apresenta projetos como o Craft the Web (a ser lançado pela CERN - Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), para ensinar sobre a Web e suas ideias; o Framineteste (Framasoft), voltado para práticas de geologia, biologia e reconstrução histórica; e o QiskitBlocks (James Weaver), para ensino de computação quântica.

A seguir são apresentadas as classificações dos simuladores (Tabela 3):

Tabela 3 - Análise dos simuladores por categorias

	Beaker	Minecraft	Minetest
Base de dados			
Customização e personalização de conteúdo			
Jogabilidade			
Alteração de idioma			
Compartilhamento de materiais			
Funcionalidades gratuitas			
Portabilidade			

Fonte: os autores

Outro conhecido e bem afamado portal de simuladores de experimentos de Química e de Ciências é o PhET (Physics Education Technology), já tratado em pesquisa anterior (MORENO; HEIDELMANN; CORREA, 2018). Em uma linha semelhante, há ainda o *Wolfram Demonstrations Project* (WOLFRAM, 2022), que inclui diversas pequenas simulações gratuitas de experimentos de Química, entre outras. O uso não é tão intuitivo quanto o PhET, mas há ótimos exemplos de simulações.

Jogos tangenciais

Entende-se por aprendizado tangencial o oportunizado por algum instrumento que não foi criado ou desenvolvido com objetivo didático, mas que pode ser assumido a partir de sua abordagem temática, o que convida a mediação e autodidatismo. No aprendizado tangencial, assume-se que as pessoas aprendem melhor quando envolvidas em instrumentos de seu interesse, daí a possibilidade de jogos serem interessantes como forma de exposição melhoradas (MOZELIUS *et alli.*, 2017).

Nesse sentido, os jogos apresentados a seguir não são didáticos ou educativos, pois prezam inicialmente pelo entretenimento e não lições, mas tratam de algum modo sobre Química enquanto área do conhecimento, servindo como ponto de entrada e de partida para tópicos mais específicos a partir de suas mecânicas, dinâmicas e estéticas. Dois deles são da criação de Zach Barth, fundador da empresa Zachtronics, famosa por jogos de desafios intelectuais envolvidos por tramas narrativas instigantes.

Em SpaceChem (ZACHTRONICS, 2022), o jogador é colocado no papel de um operador de reator atômico, capaz de “programar” circuitos a fim de propagar e conjugar átomos e moléculas e, assim, realizar produções para atender as demandas de narrativas planetárias, como criar máquinas para combater monstros. Similar ao jogo Opus Magnum, de mesma autoria, e que trata de Alquimia, não há nos desafios de SpaceChem uma forma única de solucionar os problemas, sendo esse aspecto “caixa de areia” muito elogiado, pois desenvolve nos jogadores o senso de liberdade criativa para atender aos resultados conforme o próprio estilo de jogo. Ao final das reações químicas, histogramas apontam gastos nos processos e soluções podem ser otimizadas para adequar-se (ou suplantá-las) as soluções de outros jogadores, construindo uma ideia de Ciência como uma sequência de medições que podem ser melhoradas a partir de processos de medições anteriores.

Já em Molek-Syntez (ZACHTRONICS, 2022b), o jogador é um cientista-hacker-químico-romeno que deve usar “atuadores”, que podem emitir ou recuperar hidrogênio e rotacionar moléculas para que sua máquina sintética possa “produzir”, a partir de moléculas como benzeno,

acetona e ácido hidrocloreídrico, uma variedade de pequenas outras moléculas com efeitos farmacológicos. No sumário do jogo, segundo instruções para professores: “Molek-Syntez é um jogo de programação simbólica sobre a construção de moléculas orgânicas da vida real usando um dispositivo futurístico de síntese molecular chamado, apropriadamente, de Molek-Syntex.” O autor traz também o seguinte aviso: “Todas as moléculas em Molek-Syntez são reais. Talvez, infelizmente, também sejam todas drogas - algumas legais, outras não. Embora não exalte (ou de forma alguma retrate) o uso de drogas, também não moraliza contra elas.”

Em proposta mais heurística, sequência do jogo Little Alchemy de Jakub Koziol, temos Little Alchemy 2 (KOZIOL, 2022), no qual o jogador deve construir uma lista de 720 itens a partir de apenas quatro iniciais (água, fogo, terra e ar). Apesar de não trabalhar Química de modo direto e objetivo, o site/aplicativo trabalha nos jogadores a noção relacional entre elementos, muitas vezes lógica e outras vezes mais semântica. Juntando água e terra, tem-se lama, juntando lama e fogo tem-se tijolo e juntando tijolo com tijolo tem-se um muro. Há uma enciclopédia para ajudar jogadores a perceber melhor a explosão combinatória e, tangencialmente, o professor pode destacar que na Química ou em Ciências da Natureza nada se cria por si, mas sempre a partir da combinação de elementos anteriores, cujas materialidades e quantidades determinam os resultados.

Na tabela 4 são apresentadas as classificações dos jogos tangenciais.

Tabela 4 - Análise dos jogos tangenciais por categorias

	SpaceChem	Molek-Syntez	Little Alchemy
Base de dados			
Customização e personalização de conteúdo			
Jogabilidade			
Alteração de idioma			
Compartilhamento de materiais			
Funcionalidades gratuitas			
Portabilidade			

Fonte: os autores. *gratuito para professores.

Plataformas gamificadas (e “gamificáveis”)

Entende-se por gamificação o uso de recursos e elementos de jogos em atividades outras que não o entretenimento (WERBACH; HUNTER, 2012). Nesse sentido, compreende-se aqui algumas atividades que podem ser assumidas por sua ludicidade. Entretanto, não caracterizam, originalmente, condição objetiva de cumprimento de alguma demanda para obtenção de recompensas simbólicas ou resultados que possam ser qualificáveis e quantificáveis. De modo geral, tais atividades baseiam-se em alguns princípios típicos de outros jogos como dinamismo de agenciamento, pontos, distintivos placares e elementos visuais que informam percurso progressivo e impedimentos de prosseguimento (travas e cadeados), até que algo seja resolvido ou providenciado em seu uso.

A plataforma Live Worksheets (LIVE WORKSHEETS, 2022) se destaca pela possibilidade de criar e utilizar materiais interativos a partir de atividades do professor no formato doc, jpg ou pdf, oferecendo uma variedade impressionante de ferramentas de personalização (FRANCO-BAYAS; GARCÍA-LEÓN, 2019). Embora o site tenha somente a versão em inglês ou espanhol, o idioma está longe de ser um dificultador, já que possui uma interface bem simples e explicada. Basicamente, após incorporar o material na plataforma, o docente precisa inserir caixas de texto sob o espaço que deseja, consultar o código correspondente na aba de ajuda e digitá-lo para configurar o tipo de atividade que pretende. A ferramenta disponibiliza opções de formatação para tornar os materiais interativos com caixas de seleção, múltipla escolha, ligar as respostas corretas, arrastar e soltar, entre outras.

Um diferencial do aplicativo é a ferramenta de leitura de texto, que garante certa acessibilidade aos usuários. Ao final da atividade, o aluno pode enviar os resultados ao e-mail do professor ou realizar o retorno pela plataforma, se logado. Quando os estudantes realizam a atividade a partir de um login e senha, o docente tem acesso não só aos resultados automaticamente após a conclusão da atividade, como também pode corrigir, editar e liberar os resultados *on-line*. Ao criar a atividade é possível compartilhar o código dela com outros docentes que queiram utilizá-la. Assim, a ferramenta cumpre com o prometido no seu título, trazendo “vida” às folhas de atividades.

O Khan Academy (KHAN ACADEMY, 2022) é uma plataforma educacional sem fins lucrativos, criada por acaso em 2006 - em função do sucesso como professor a distância de seus sobrinhos - pelo americano e bengalês Salman Khan. Ao compor em 2012 a matéria de capa de uma das revistas de maior circulação nacional, começou a se tornar amplamente conhecido entre os professores brasileiros (TADDAY, 2012). Desde então, diversas reportagens seguiram, além

de livros publicados e entrevistas públicas, fato que não teve paralelo entre qualquer um dos ambientes de aprendizado citados neste trabalho.

Tanto prestígio deveria resultar em extenso conhecimento e uso da Khan Academy entre os professores e alunos. Contudo, jamais constatamos isso. Mesmo entre os professores cursistas do PEQui-UFRJ, a percepção geral é praticamente a mesma do público leigo: o Khan Academy é uma coleção *on-line* gratuita de videoaulas, incluindo as de Química, armazenadas no YouTube e disponibilizadas em sua plataforma. Não obstante, essa plataforma é muito além do que isso.

A arquitetura didática do Khan Academy foi evoluindo bastante e hoje a plataforma dispõe de diversos exercícios temáticos, com dicas interativas, trocas em redes sociais e análises em tempo real das lacunas de aprendizado. As trilhas de aprendizagem podem ser administradas pelo professor, tendo em mãos várias opções complementares para suprir as lacunas de alunos ou de turmas. Incorporou também elementos de jogos, como a contagem de pontos, medalhas e customização do perfil em função do sucesso nos desafios propostos, e tudo compartilhável nas redes sociais (MORRISON; DISALVO, 2014). Ao “gamificar” a plataforma, o Khan Academy tornou-se um ambiente mais motivacional para os alunos e eficaz para o ensino.

Apresentamos na Tabela 5 as avaliações realizadas a respeito das plataformas gamificadas e “gamificáveis”.

Tabela 5 - Análise das plataformas gamificadas (e gamificáveis) por categorias

	Liveworksheets	Khan Academy
Base de dados		
Customização e personalização de conteúdo		
Jogabilidade		
Alteração de idioma		
Compartilhamento de materiais		
Funcionalidades gratuitas		
Portabilidade		

Fonte: os autores

Considerações finais: E o vencedor é..

Os recursos apresentados e discutidos nesse artigo partem do entendimento que muitas e diversas são as possibilidades e desenhos instrucionais utilizando-se da atraente ludicidade dos jogos digitais quando aliada ao processo de ensino e, assim, colocando o aluno como sujeito ativo no processo de construção do conhecimento. Entretanto, é fundamental que o docente compreenda que o emprego de jogos - sejam educacionais ou de entretenimento - para o ensino de Química demanda tanto um engajamento na adequação da ferramenta educacional de acordo com seus objetivos para a aprendizagem dos alunos, quanto para reconhecer que o processo motivacional é construído a partir da atenção aos valores de competência, autonomia e relacionalidade (DECI; RYAN, 2004). Sem isso, o ensino dos tópicos será percebido pelos alunos como uma nova imposição de um novo modelo, e não como inovação de recursos existentes baseados em um processo interativo e, assim, mais significativo em sua vivência

Embora modesta a seleção aqui apresentada, se comparada aos muitos títulos disponíveis *on-line*, constatamos em nossa vivência em sala de aula que os exemplos e categorias escolhidas foram exitosas, todas receberam amplo reconhecimento pelos professores cursistas do PEQui-UFRJ e em nossa própria experiência em sala-de-aula, tendo se destacado aquelas que apresentam características de maior configurabilidade (de atividade) e jogabilidade (de qualidade). Por serem gratuitos, facilmente personalizáveis e possuírem aspectos que dão conta de demandas docentes para elaboração de uma aula de Química numa perspectiva criativa e dinâmica, reforçou-se em todas nossas vivências que a tecnologia pode ser um grande aliada na construção de práticas comprometidas com as demandas de um ensino que se aproxime da cultura digital e que não utilizem a tecnologia como meros enfeites do processo de ensino. E o grande vencedor somos todos: professores, alunos e sociedade.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

BAAMBOOZLE. **The easy way to make your own teaching games**. Disponível em: <<https://www.baamboozle.com/>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

BRANDÃO, C. R. (Org.). **Pesquisa participante**. 18^a ed. São Paulo: Brasiliense, 1999.

CAPES. **EducaCapes**. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/>>. Acesso em: 28 mai. 2022.

CHEMISTRY LAB JOURNAL. Disponível em: <https://education.minecraft.net/wp-content/uploads/ChemistryLab_Journal.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2022.

CHOU, Y. Gameful Design in 4Keys2Fun, **Yukaichou**, 2020. Disponível em: <<https://yukaichou.com/behavioral-design/4-keys-2-fun-part-1-4/>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

CSIKSZENTMIHÁLYI, M. **Flow: The Psychology of Optimal Experience**. New York: Harper & Row, 1990.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Handbook of Self-determination Research**. New York: University Rochester Press, 2004.

DEMO, P. **Pesquisa: princípio científico e educativo**. 12ª ed. São Paulo: Cortez, 2006.

FORTUGNO, N.; ZIMMERMAN, E. Soapbox: Learning to Play to Learn - Lessons in Educational Game Design. **Gamasutra**, 2005.

FRANCO-BAYAS, M. A.; GARCÍA-LEÓN, E. P. Influencia del uso de una plataforma gratuita en el aprendizaje del inglés en Babahoyo. **Dominio de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p.209-222, 2019.

GEE, J. P. **What video games have to teach us about learning and literacy**. New York: Palgrave/Macmillan, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, C.; PEREIRA, A. Feedback e Gamificação em Educação Online. **EaD Em Foco**, v. 11, n. 1, e1227. 2021. DOI: <<https://doi.org/10.18264/eadf.v11i1.1227>>.

HASSINGER-DAS, B.; TOUB, T.S; ZOSH, J. M; MICHNICK, J; GOLINKOFF, R. M.; HIRSH-PASEK, K. More than just fun: a place for games in playful learning / Más que diversión: el lugar de los juegos reglados en el aprendizaje lúdico. **Journal for the Study of Education and Development**, 40:2, p.191-218, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1080/02103702.2017.1292684>>

HIRSH-PASEK, K., GOLINKOFF, R. M., & EYER, D. **Einstein never used flashcards: how our children really learn – And why they need to play more and memorize less**. Emmaus, PA: Rodale Books, 2003.

HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. **AAAI Workshop-Technical Report**, 2004.

KAHOOT. **Make learning awesome!** Disponível em: <<https://kahoot.com/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

KARLSSON, B. F.; GUERRA, F. W.; FURTADO, A. L. **On the Craft of Interactive Stories**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

KHAN ACADEMY. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

KLIMAS, C. **Twine**. Disponível em: <<https://twinery.org/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.

KOLIL, V.K.; MUTHUPALANI, S; ACHUTAN, K. Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v.17, n.30, p.1-22, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>>.

KOZIOL, J. **Little Alchemy 2**. Disponível em: <<https://littlealchemy2.com/>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

KRISBIANTORO, B. The effectiveness of gamification to enhance students' mastery on tenses viewed from students' creativity. **Journal of Advanced Multidisciplinary Research**, v.1, n.2, p.73-97, 2020. DOI: <<http://dx.doi.org/10.30659/JAMR.1.2.73-97>>.

LARGHI, N. Com pandemia e jogos de celular, receita de games deve crescer 45% em 2020. **Valor Investe**, 2020. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/objetivo/gastar-bem/noticia/2020/07/21/com-pandemia-e-jogos-de-celular-receita-de-games-deve-crescer-45percent-em-2020.ghtml>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

LAZARRO, N. Why We Play Games: Four Keys to More Emotion Without Story. **Game Dev Conf**. 2004. Disponível em: <http://xeodesign.com/xeodesign_whyweplaygames.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2021.

LIVE WORKSHEETS. Disponível em: <<https://www.liveworksheets.com/>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

LUCKESI, C. C. **Ludopedagogia: ensaios 01: educação e ludicidade**. Salvador: Gepel, 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MAYHEW, E.; DAVIES, M.; MILLMORE, A.; THOMPSON, L.; BIZAMA, A. P. The impact of audience response platform Mentimeter on the student and staff learning experience. **Research in Learning Technology**, n.28, p. 1-16, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2397>>.

MEC. **Plataforma Integrada de RED do MEC**. Disponível em: <<https://plataformaintegrada.mec.gov.br>>. Acesso em: 28 mai. 2022.

MENTIMETER. Disponível em: <<https://www.mentimeter.com/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

MINETEST. **Minetest for Education** Disponível em: <<http://www.minetest.net/education>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

MOJANG SYNERGIES. **Minecraft**. Disponível em: <<https://www.minecraft.net>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

MORENO, L. M.; HEIDELMANN, S. P. Recursos Instrucionais Inovadores para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n.39, v.1, p.12-18, 2017. DOI: <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160055>>.

MORENO, L. M.; HEIDELMANN, S. P.; CORREIA, A. P. C. Using Technology to Support Chemistry Teaching and Learning in the Context of Brazilian Distance Education. **World Journal of Chemical Education**, n.6, v.5, p.223-229, 2018. DOI:

<<http://dx.doi.org/10.12691/wjce-6-5-4>>.

MORRISON, B. B; DISALVO, B. J. (2014). Khan academy gamifies computer science. **SIGCSE '14: Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education**, p. 39–44, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1145/2538862.2538946>>.

MOZELIUS, P.; FAGERSTRÖM, A.; SÖDERQUIS, M. Motivating Factors and Tangential Learning for Knowledge Acquisition in Educational Games. **The Electronic Journal of e-Learning**, v.15, n.4, p.343-354, 2017. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1154724.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2021.

NEBEL, S.; SCHNEIDER, S.; REY, G. D. Mining learning and crafting scientific experiments: a literature review on the use of minecraft in education and research. **Journal of Educational Technology & Society**. v.19, p. 355–366, 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/301232882>>. Acesso em: 23 jan. 2021.

ORG CHEM ADVENTURE. Disponível em: <<https://bit.ly/3mruECe>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

PLAZA, J. Arte e interatividade: autor-obra-recepção. **ARS (São Paulo)**, v.1, n.2, p. 09-29, 2003. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S1678-53202003000200002>>.

QUIZIZZ. Disponível em: <<https://quizizz.com/>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

RESNICK, L. B. Making america smarter. In. Education Week Century Series, vol 18(40), pp.38-40., 1999.ROLANDO, L. G. R.; VASCONCELLOS, R. F. R. R.; MORENO, E. L.; SALVADOR, D. F.; LUZ, M. R. M. P. da Integração entre Internet e Prática Docente de Química. **Revista Virtual de Química**, v.7, n.3, p.864-879, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150044>>.

RIORDAN, B.C; SCARF, D. Crafting minds and communities with Minecraft. **F1000 Research**, p.1-7, 2016.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play**. Cambridge: MIT Press, 2003.

TADDAY, G. Salman Khan conta suas descobertas sobre o aprendizado. **Revista Veja**, 2012. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/educacao/salman-khan-conta-suas-descobertas-sobre-o-aprendizado/>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

THIX. **Beaker** - Mix Chemicals. Disponível em: <<https://www.chemedx.org/pick/beaker-mix-chemicals>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

VITORIO, T. Efeito Netflix: "O Gambito da Rainha" aumenta interesse por xadrez online. **Exame**, 2020. Disponível em: <<https://exame.com/tecnologia/efeito-netflix-o-gambito-da-rainha-aumenta-interesse-por-xadrez-online/>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

WANG, A.F.; TAHIR, R. The effect of using Kahoot! for learning – A literature review. **Computers & Education**. n.149, 1-22, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818>>.

WANG, T; TOWEY, D. (2013). A Mobile Virtual Environment game approach for improving student learning performance in integrated science classes in Hong Kong International Schools.

Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), p. 386-388, 2013.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business**. Pennsylvania: Wharton Digital Press, 2012.

WOLFRAM. **Wolfram Demonstrations Project**. Disponível em: <<https://bit.ly/31W7gn2>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

WORDWALL. Disponível em: <<https://wordwall.net/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

XAVIER, C. P. DA C.; ROSKAMP, L.; DE FARIAS, R. M.; MATTOS, N. H.; MADALENA, I. R.; KÜCHLER, E. C.; DE CAMPOS, M. C. B. P.; BARATTO-FILHO, F.; SUNYE, I. R.; PERIN, C. P. Avaliação da Percepção dos Alunos e Professores do Curso de Odontologia de uma Universidade Privada sobre o Ensino Remoto em Tempos de Covid-19. **EaD em Foco**, v.12, n. 1, e1751, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.18264/eadf.v12i1.1751>>

XAVIER, G. **A Condição Eletrolúdica: cultura visual nos jogos eletrônicos** (2ª Edição: Atualizada e Revista). Neolabore: Niterói, 2017.

XAVIER, G; FARBIARZ, J. **Jogos Eletrônicos na Educação Formal: fantasia e controle para expectativas e perspectivas**. In: Design para uma educação inclusiva. São Paulo: Blucher, p.101 - 116, 2016.

YARON, D.; RAYSOR, S. **Online Resources for Teaching and Learning Chemistry**. Disponível em: <http://chemcollective.org/scenario_based>. Acesso em: 27 mai. 2022.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZACHTRONICS. **Molek-Syntez**. Disponível em: <<http://www.zachtronics.com/molek-syntez/>>. Acesso em: 17 fev. 2022b.

ZACHTRONICS. **Spacechem**. Disponível em: <<http://www.zachtronics.com/spacechem/>>. Acesso em: 17 fev. 2022a.

ZHAO, F. Using Quizizz to Integrate Fun Multiplayer Activity in the Accounting Classroom. **International Journal of Higher Education**, n.8, v.1, p.37-43, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.5430/ijhe.v8n1p37>>.