

Gamificação e Impressão 3D: Transformando o Ensino de Ligações Iônicas com Modelos Interativos

DOI: <https://doi.org/10.33871/23594381.2024.22.3.9263>

Raphael Fonseca do Nascimento¹, Flávia Tavares da Costa Ramos², Sérgio Mendonça de Almeida³,
Josemário Andrade Nascimento⁴

Resumo: A gamificação é a implementação de princípios de design de jogos nas tarefas comuns, tornando-a mais interessante para os participantes e, conseqüentemente, envolvente para esses usuários. A proposta deste artigo é a introdução de gamificação para o ensino de ligações iônicas por meio de modelos temáticos em 3D. Um dos exemplos utilizados foi a aplicação do jogo "Puzzle Iônico" em uma turma de 1º ano do ensino médio. Uma grande limitação do entendimento de elementos químicos é que a abstração desses apresenta níveis elevados de complexidade e ainda mais complicado relacioná-los com a vida real. A imagem de elementos 3D os torna imediatamente comparativos e, portanto, mais tangível. Assim, a gamificação da educação iônica também propiciará um nível de interesse dos alunos no tema e na qualidade da educação. Este método sugere uma grande promessa para futuros experimentos, especialmente, no campo da educação especial.

Palavras-chave: Ensino de Química, Impressão 3D, Ligação Iônica, Gamificação, Educação Especial.

Gamification and 3D Printing: Transforming the Teaching of Ionic Bonds with Interactive Models

Abstract: Gamification involves the implementation of game design principles in routine tasks, making them more engaging for participants and, consequently, more captivating for users. This article proposes the introduction of gamification in ionic education through the use of 3D thematic models. One example presented is the application of the game "Ionic Puzzle" in a first-year high school class. A major challenge in understanding chemical elements lies in the high level of abstraction and complexity involved, making it even more difficult to relate them to real-life contexts. The visualization of 3D representations of elements makes them immediately relatable and, therefore, more tangible. Thus, gamification in ionic education also fosters students' interest in the subject while enhancing the quality of education.

Keywords: Chemistry Education, 3D Printing, Ionic Bond, Gamification, Special Education

Introdução

¹ Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-7650-0082>

² Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-1199-6686>

³ Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-1336-6525>

⁴ Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, Recife, Pernambuco, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-1336-6525>

A gamificação baseia-se no conceito de pensamento do jogo, que é a utilização do que se sabe sobre *game design* e os processos de execução de jogos para engajar entretenimento; envolve o “jogador” passando por uma série de dificuldades para completar os desafios e atingir seus objetivos. A natureza humana é motivada e inspirada pelo sucesso e pela vitória, e essa conceituação é uma das razões da psicologia da gamificação. A incorporação de novas tecnologias na aprendizagem contribui para a mudança nos comportamentos dos aprendizes e para o fortalecimento do incentivo ao senso de recompensa, tornando o processo de ensino mais prazeroso e eficaz.

A competição, núcleo do processo de gamificação, frequentemente, leva ao reconhecimento público dos melhores desempenhos. Para que essa metodologia produza os melhores resultados, a participação deve ser voluntária, com todos os jogadores conhecendo as regras e os objetivos da tarefa.

Kevin Werbach e Dan Hunter (2015) dividem os componentes da gamificação em três categorias: uma delas é a dinâmica, que cobre as características fundamentais do jogo, definindo seu sistema de funcionamento como: induzir estados emocionais para manter o interesse dos jogadores, contar a história do jogo e a linha do tempo de ação, indicar progressos aos jogadores e definir relações entre jogadores, equipes ou oponentes. As restrições, ou regras do jogo, e as instruções de ação definem os elementos mecânicos, não sendo necessário que todos os fatores estejam presentes em um jogo.

No ensino de Química, muitos alunos enfrentam dificuldades com conceitos abstratos, como a formação de ligações iônicas. Modalidades didáticas alternativas, como a gamificação, podem auxiliar na obtenção de linguagem e facilitar as trilhas de ensino e aprendizagem. Este estudo propõe a elaboração de um jogo utilizando peças criadas por meio de impressora 3D para aplicação no ensino de ligações iônicas, denominando-o "puzzle iônico" (SINGHAL, 2019; SPENCER, 1998; MCCLURE, 2009), visando melhorar o aprendizado, a partir de um formato de quebra-cabeça.

Compartilhar arquivos de design de modelos imprimíveis em 3D para blocos de construção básicos que representam fórmulas químicas de diferentes elementos é uma prática comum na internet (SILVA, 2022). Esses modelos, com design de chave e cadeado, peças de quebra-cabeça, braille e notação impressa, tornam o aprendizado mais interativo e eficaz, especialmente para pessoas com deficiência visual que utilizam o sentido do tato para perceber entidades físicas. Cada peça é projetada com base nos elétrons de ligação disponíveis, conectando-se a elementos complementares, de forma única, para garantir a correta disposição e representação. Assim, os recursos da impressão 3D nas áreas STEM (*Science, Technology e*

Engineering e Mathematics) na educação especial contam com um potencial significativo, porque tal tecnologia melhora a compreensão de alunos com deficiências cognitivas, motoras e visuais. De Carvalho *et al* (2022) destacaram a efetividade do uso dela em relação ao comportamento de alunos com deficiência visual. Mapas táteis impressos em 3D são usados para auxiliar na orientação, mobilidade (KAVAK, 2012), planejamento de itinerários e treinamento para pessoas com TDAH (DE CARVALHO, 2022), espectro autista (CAMARGO, 2019) e deficiência visual (SINGHAL, 2019). Professores e alunos podem utilizar a impressão 3D para prototipar e construir modelos educacionais acessíveis, como tabelas periódicas impressas ou baseadas em Legos® (SINGHAL, 2022).

No entanto, a redação de fórmulas químicas é uma habilidade a ser aprendida sobre proteção química. Porém, é ainda mais atraente para os alunos que sofrem de hipersensibilidade à ritalina e/ou apresentam diagnóstico de autismo. Nesse caso, como a tarefa deve ser uma apresentação de algumas estruturas regulares em um plano, os mencionados podem observar sua abordagem que não pode ser concluída. Dessa maneira, soluções lineares e bem-sucedidas ajudam os estudantes a aprenderem e resolverem problemas e, a partir disso, criar certo estágio da abordagem dos conteúdos específicos. Este trabalho apresenta um modelo impresso em 3D para integrar alunos diagnosticados com TDAH e/ou Autismo nas atividades de ensino de Química, fortalecendo a interação, a partir de atividades lúdicas. As cartas impressas com cores diferenciadas e encaixes específicos, utilizadas no jogo "Duelo Iônico", prendem a atenção dos usuários, evitando distrações (CARVALHO, 2022).

Gamificação no Ensino de Química: Inovação e Engajamento

O ensino por meio da metodologia “gamificação” traduz-se na inserção de um conjunto de elementos provenientes de games no contexto do ambiente escolar, com o objetivo de tornar os alunos mais empolgados e estimulados. Não se pode dizer que não seja um assunto cotidiano, visto que essa temática tem sido avaliada e difundida, nos últimos anos, em diversas áreas de conhecimento, inclusive na Química. De acordo com Dichev e Dicheva (2017), a gamificação da educação é a prática em sala de aula. A aplicação da gamificação transforma a velha experiência educacional centrada no professor em abordagens colaborativas e centradas no aluno. Diante disso, a seguir apresentam propostas para aplicação.

- Benefícios da Gamificação no Ensino

A gamificação proporciona diversos benefícios, como a melhoria dos resultados acadêmicos, o aumento da retenção de conhecimento e a promoção de habilidades essenciais, como a resolução de problemas e o pensamento estratégico. De acordo com um estudo longitudinal de Lampropoulos e Sidiropoulos (2024), a aprendizagem gamificada resulta em melhores desempenhos acadêmicos, em comparação com métodos tradicionais e on-line, tanto em termos de taxas de sucesso quanto de excelência.

- Aplicação na Química

No ensino de Química, a gamificação tem se mostrado particularmente eficaz na superação das dificuldades associadas ao aprendizado de conceitos abstratos, como as ligações iônicas. Atividades gamificadas, como quizzes interativos, laboratórios virtuais e puzzles químicos, ajudam os alunos a visualizarem e compreenderem esses conceitos complexos de maneira prática e divertida (HUEI TSE HOU, 2022).

- Estudos de Caso e Evidências Empíricas

Durante a pandemia do COVID-19, Fontana (2020) experimentou gamificação por meio de um torneio educacional, chamado *Molecule Madness*, que foi projetado para ensinar habilidades de Química Orgânica. Como o autor afirma, a gamificação não apenas melhorou as habilidades dos alunos, mas também teve um efeito positivo na busca pelo aprendizado. Em um artigo de revisão de publicações recentes sobre gamificação na Educação, Dreimane (2019) coletou dados que sublinharam que a atividade de jogo ajuda a desenvolver habilidades críticas, e, com isso, aumenta a motivação do aluno e seu interesse em aprendizado. Hallifax *et al.* (2019) relatam bibliografia sobre gamificação adaptativa para estilo educacional, os autores revelaram que as abordagens e os desenvolvimentos inovadores mostraram que a gamificação é melhor em diferentes contextos de aprendizado.

- Gamificação e Educação Especial

Educacionalmente, a gamificação também mostrou ser promissora na área educacional especial. O uso de tecnologia de ponta, como impressão 3D, juntamente com a abordagem gamificada, pode melhorar muito o engajamento e o desempenho de alunos com deficiências cognitivas, motoras e visuais. Por exemplo, Camargo *et al.* (2019) afirmam que mapas táteis impressos em 3D se tornaram essenciais para ajudar na orientação e mobilidade para os alunos deficientes visuais.

- Desafios e Oportunidades

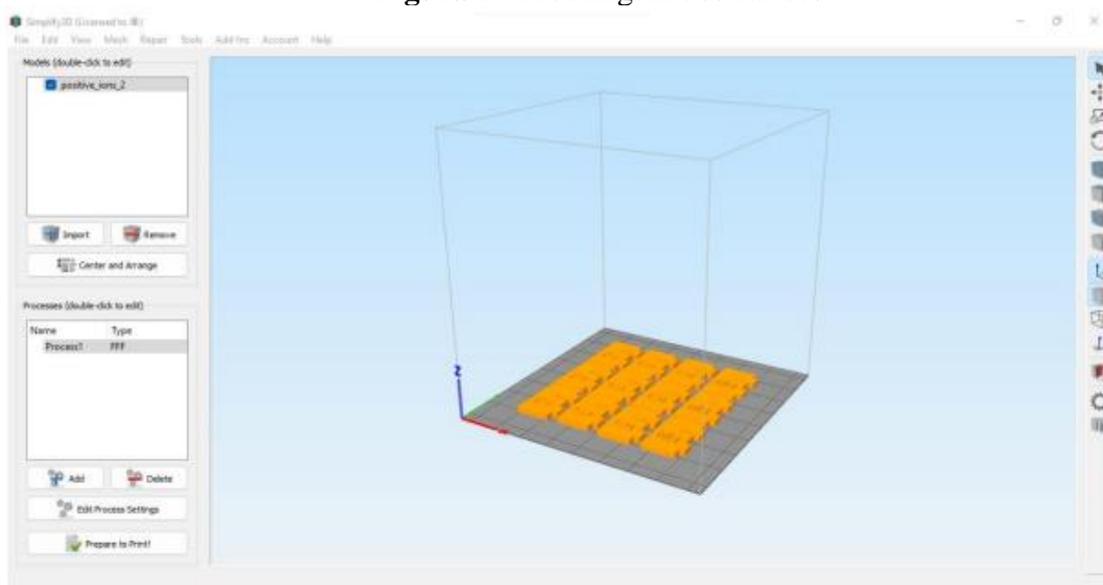
Embora existam vantagens, as limitações da gamificação na educação continuam. Entre elas, estão a falta de conteúdo e a necessidade de remodelar as táticas de instrução. No entanto, as perspectivas de integrar tecnologias avançadas, como IA (Inteligência Artificial), oferecem oportunidades de melhorar ainda mais a personalização e a qualidade da gamificação de processos de aprendizagem. Assim, a perspectiva de gamificação do ensino de Química é altamente promissora para o progresso agregado das técnicas de instrução, tornando-as mais atraentes, igualitárias e eficazes. Além da melhoria do desempenho acadêmico, a gamificação também serve como um motivador. Sobretudo, facilitando a memorização de informações essenciais complicadas.

Metodologia

A pesquisa desenvolvida foi de natureza qualitativa e exploratória. A aplicação do jogo "Puzzle Iônico" foi realizada numa turma de 63 estudantes do 1º ano do ensino médio, de uma escola particular, localizada na cidade de Recife-Pernambuco. A proposta teve a finalidade de familiarizar alunos com símbolos químicos e notações utilizadas em química, incluindo cargas positivas e negativas (cátions e ânions), sobrescritos e subscritos, identificação de estados de oxidação e equações químicas balanceadas. Essa abordagem interativa buscou melhorar a retenção de conceitos, ajudando os estudantes a construir seus próprios modelos mentais para aprenderem e resolverem equações químicas.

- Software e Ferramentas Utilizadas

Figura 1 - Modelagem dos cartões



Fonte: Autores

O software Simplify3D®, versão 4.1.0, foi utilizado para gerenciar arquivos no formato .stl em sistemas operacionais Windows, MacOS ou Linux. Esse software está disponível gratuitamente e foi utilizado para obter os projetos dos cartões, a partir do site Thingiverse. Os arquivos .stl foram convertidos para o formato .gcode, compatível com uma ampla variedade de impressoras 3D.

- Impressão dos Modelos

Para a impressão dos modelos, foi utilizada uma impressora GTMAX3D, modelo core GT5, com filamento de polímero acrilonitrila butadieno estireno (ABS). Os modelos de interesse foram impressos simultaneamente em um único trabalho, carregando múltiplos modelos na mesma placa de construção, seguindo o mesmo procedimento. Para otimizar o peso do material e o tempo necessário para impressão, foram utilizados diferentes porcentagens de preenchimento.

Os modelos impressos representam elementos com números atômicos de 1 a 57 e de 72 a 89, em dois tamanhos: $42 \times 20 \text{ mm}^2$, para elementos com símbolo de letra simples (C, H, N, O) e $42 \times 30 \text{ mm}^2$, para elementos com símbolo de letra dupla (Cl, Fe). As peças podem ser usadas como cartões autônomos para ensinar símbolos químicos em formas abreviadas e expandidas.

- Regras do Jogo "Duelo Iônico"

O "Duelo Iônico" é um jogo educativo desenvolvido para ajudar os alunos a aprenderem o nome dos elementos e dos compostos formados, como também, e a identificarem a carga dos principais cátions e ânions. As regras do jogo foram as seguintes:

1. Preparação e Início:

- O jogo é realizado em dupla. Um sorteio inicial decide qual jogador começará.
- O jogador 1 (J1) retira uma peça do saco ou caixa sem que o jogador 2 (J2) perceba.

2. Execução:

- J1 decide se mostrará a face com o símbolo e a carga do íon ou a face com o nome do íon para J2.
- Se J1 mostrar a face com o símbolo e a carga, J2 deve escrever o nome do elemento e seu estado de oxidação.
- Se J1 mostrar a face com o nome do íon, J2 deve escrever o símbolo do elemento com o respectivo estado de oxidação.

3. Pontuação:

- J2 ganha um ponto ao acertar a resposta.
- Os jogadores se alternam na retirada das peças e repetem o processo.
- O primeiro jogador a alcançar 10 pontos é o vencedor, com uma margem de 2 pontos, se o placar estiver empatado em 9x9.

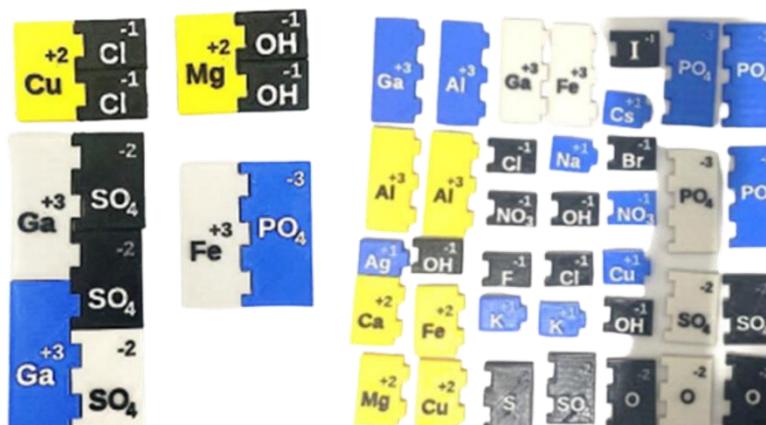
Elementos Inovadores

Estabelecer uma abordagem lúdica para a ligação iônica, que possibilite aos estudantes visualizar em seus dispositivos ‘modelos moleculares 3D’, auxiliando-os no aprendizado de conceitos por tornar a estrutura molecular mais tangível. Isso pode significar que, com base no erro ou no acerto do aluno, as perguntas possam se tornar mais difíceis ou fáceis, como adicionar progressão aos aplicativos por meio de “níveis”, “conquistas” e “recompensas” para encorajar os usuários a continuarem aprendendo; uso do conjunto de elementos e dinâmicas nesse aplicativo de jogo que acompanha o aluno para registrar seu progresso; utilização de simuladores químicos, como o ChemCollective. Dessa maneira, os estudantes poderão completar experimentos químicos para complementar outros conhecimentos obtidos por meio do jogo.

Resultados e Discussão

Compreender adequadamente a valência dos elétrons disponíveis para ligação e as cargas associadas a um elemento ou íon é essencial para desenvolver uma compreensão aprofundada sobre as ligações químicas entre dois ou mais elementos/íons. Dessa forma, recursos que mediam o processo de ensino e aprendizagem para os alunos sobre cargas negativas e positivas e a construção de íons básicos, utilizando seu conhecimento da posição dos elementos na tabela periódica, é um passo fundamental.

Figura 2 - Cartões impressos pela impressora 3D



Fonte: Autores

Os cartões apresentados na Figura 2, impressos em 3D, facilitam o processo de aprendizagem produzindo representações básicas de íons negativos e positivos.

Os cartões dos elementos químicos foram organizados de forma linear para escrever qualquer fórmula química. Os cartões impressos dos íons foram carregados positivamente (Cs^+ , K^+ , Na^+ , $\text{Cu}^{+}/2^+$, Ga^{3+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , $\text{Fe}^{2+}/3^+$ e Ag^+) juntamente com íons carregados negativamente (SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , OH^- , NO_3^- , OH^- e NO^-). Após a fase de confecção dos objetos pedagógicos, os modelos impressos foram distribuídos aos alunos.

O propósito da atividade foi avaliar a eficácia dos modelos impressos na realização de conceitos químicos; como também, a alocação das interações realizadas pelo grupo estudantil nas duas atividades: apresentando o recurso, ensinando a montá-lo, jogando com eles, conforme as regras já apresentadas. Os questionários foram entregues pelo professor de Química da escola. O questionário foi respondido pelos estudantes, consolidando os dados.

Os resultados apresentados indicaram que 92,3% dos alunos estavam satisfeitos com a facilidade de uso dos modelos e sua representação dos conceitos de Química, enquanto 7,7% encontraram dificuldade em conectar as unidades e acharam o processo demorado. Nota-se, também, que 58% dos alunos sugeriram a necessidade de fornecer instruções prévias sobre como usar os modelos e conectar as peças do quebra-cabeça. Já 80% dos alunos consideraram a aplicação do jogo adequada para dinamizar a fixação dos conceitos e a aquisição da aprendizagem, além de aumentar a interação com o instrutor e o modelo em tempo real. Embora os modelos possam ser introduzidos a partir do 1º ano do ensino médio, como uma maneira divertida de ensinar símbolos de elementos, o aprendizado real com esses modelos começa a partir do nono ano do ensino fundamental.

A etapa de verificação da retenção de conhecimento, após 10 dias a partir de uma avaliação na qual os alunos organizam os modelos, representando moléculas e fórmulas químicas, foi possível observar não apenas a consolidação dos conceitos aprendidos, mas também a capacidade de os estudantes aplicarem os conhecimentos adquiridos de maneira prática e autônoma.

Considerações finais

A criação de modelos tridimensionais de unidades básicas na forma de peças de quebra-cabeça para representar elementos, íons e compostos representa uma inovação significativa no ensino de Química. Esses modelos são altamente econômicos, leves e fáceis de imprimir, não requerendo estrutura de suporte para impressão, o que facilita sua produção e o uso em sala de aula (LAMPROPOULOS E SIDIROPOULOS, 2024; FONTANA, 2020). Ao projetar esses modelos, com uma configuração de chave/fechadura, é possível unir as peças de várias formas, permitindo a formação de qualquer fórmula química iônica (SINGHAL E BALAJI, 2019).

A impressão direta dos arquivos, sem necessidade de modificações nos rótulos, auxiliou os estudantes, proporcionando um acesso imediato aos materiais didáticos. Além disso, o fornecimento de desenhos 2D com detalhes dimensionais permitiu a personalização dos modelos, conforme as necessidades específicas dos usuários finais (HUEI TSE HOU, 2022).

Quando os alunos têm a oportunidade de usar modelos 3D, eles podem facilmente ver e manipular as representações físicas dos átomos, das moléculas e dos íons. Tais características se manifestam em várias aplicações flexíveis, que simplificam a compreensão da Química, como atividade prática. Logo, essa interatividade, dadas as altas quantidades de abstração do assunto de Química, pode ser traduzida para o ensino ao mesmo tempo. Tal abordagem no ensino de estrutura atômica e as interações químicas é, de fato, uma maneira prática e acessível para abstração dos conceitos.

Finalmente, a interação lúdica, por meio de jogos e atividades que promovem excelência contínua, também, é crucial para manter as motivações e a participação dos alunos. Além de dar a eles a chance de jogar, o modelo “Duelo de Íons”, citado por Dreimane (2019), também, os influencia na eficácia de reter o conhecimento e desenvolver, adequadamente, suas habilidades de pensamento crítico. Ensinar Química com jogos, certamente, permite que os alunos aproveitem sua aula de uma maneira mais descontraída e atraente. Em suma, o uso de modelos tridimensionais com ludicidade fornece uma estratégia educacional moderna e competente para ensinar alguns dos tópicos de aprendizagem mais complexos. A ampla disponibilidade de tais técnicas não apenas torna a educação mais acessível e inclusiva, mas também melhora eficazmente a interação em sala de aula. Além do mais, a abordagem interativa do ensino de Química, com base na exploração da interatividade, também, transforma a aprendizagem da disciplina para os alunos, tornando a retenção dos conceitos mais eficiente e atraente.

Referências

- Camargo, M. C.; Barros, R. M. Designing Gamified Interventions for Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. **Joint International Conference on Entertainment Computing and Serious Games**, Springer, Cham, 341-352, 2019. (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-34644-7_28)
- Chans, G. M.; Portuguez, C. **Gamification as a strategy to increase motivation and engagement in higher education chemistry students**. *Computers*, 10(10), 132, 2021. (<https://doi.org/10.3390/computers10100132>)
- Cheng, Y.-M. **How Different Categories of Gamified Stimuli Affect Massive Open Online Courses Continuance Intention and Learning Performance?** *Social Science Computer Review*, 2022. (<https://doi.org/10.1177/08944393221111928>)
- De Carvalho, A. S. M. **A importância dos jogos para a terapia de crianças com TDAH**. *Research, Society and Development*, 11(4), 2022. (<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27705>)
- Dichev, C., & Dicheva, D. **Gamification in education: where are we in 2015?** *Proceedings of the 2nd international conference on learning and teaching in computing and engineering*, 2017.
- Dreimane, S. **Gamification for education: Review of current publications**. *Didactics of smart pedagogy*, 453–464, 2019.
- Fontana, M.T. **Gamification of ChemDraw during the COVID-19 Pandemic: Investigating How a Serious, Educational-Game Tournament (Molecule Madness) Impacts Student Wellness and Organic Chemistry Skills while Distance Learning**. *Journal of chemical education* 97, 3358–3368, 2020. (<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00722>)
- Hallifax, S., Serna, A., Marty, J.-C., Lavoué, É. **Adaptive gamification in education: A literature review of current trends and developments**. *European conference on technology enhanced learning*, Springer, pp. 294–307, 2019. (http://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_22)
- Huei Tse Hou. **Game-Based Learning and Gamification for Education**. *MDPI Education Sciences*, 2022. (<https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-7515-5>)
- Kavak, N. **ChemOkey: A game to reinforce nomenclature**. *Journal of chemical education*, 89(8), 1047-1049, 2012. (<https://doi.org/10.1021/ed3000556>)
- Lampropoulos, G., & Sidiropoulos, A. **Impact of Gamification on Students' Learning Outcomes and Academic Performance: A Longitudinal Study Comparing Online, Traditional, and Gamified Learning**. *Education Sciences*, 14(4), 367, 2024. (<https://doi.org/10.3390/educsci14040367>)
- McClure, C. P. **An Ionic Compound Logic Puzzle**. *Journal of chemical education*, 86(10), 1210, 2009. (<https://doi.org/10.1021/ed086p1210>)
- Russell, J. V. **Using games to teach chemistry: an annotated bibliography**. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 481, 1999.

Silva, V. S.; Nunes E. P.; Moura L. A.; Sá, C. L. S. G.; Augusto-Filha. V. L. S. Albuquerque A. R. **Organic Connections: A Chemical Jigsaw Puzzle for Learning Structural Formulas.** Journal of Chemical Education, 2022. (<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00249>)

Singhal, I., Balaji, B. S. **Creating atom representations using open-source, stackable 3D printed interlocking pieces with tactile features to support chemical equation writing for sighted and visually impaired students.** Journal of Chemical Education, 97(1), 118-124, 2019. (<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00255>)

Singhal, I.; Balaji, B. S. **Open-Source, Tactile 3D Printed Interlockable Tiles Incorporating Valency, Bonding, and Hybridization for Molecular Representation for Sighted and Visually Impaired Students.** Journal of Chemical Education, 99(4), 1708-1714, 2022. (<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01278>)

Spencer, H. E.; Kusdra, L. **A chemical puzzle.** Journal of chemical education, 75(4), 487, 1998. (<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed075p487>)

Werbach, K.; Hunter, D. **The gamification toolkit: dynamics, mechanics, and components for the win.** University of Pennsylvania Press, 2015.

Submissão: 20/09/2024. **Aprovação:** 27/11/2024. **Publicação:** 18/12/2024.