

Ensinando ciências com jogos digitais: conservação da massa - balanceando equações com SudoQuim

Teaching science with digital games: conservation of mass - balancing equations with SudoQuim

Enseñar ciencias con juegos digitales: conservación de la masa-balanceo de ecuaciones con SudoQuim

Paola Otero*, María Paz Gazzola**, Viviana Carolina Llanos***, María Rita Otero****

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma investigação sobre o uso de jogos digitais no ensino de ciências. Especificamente, descreve e analisa a implementação do jogo SudoQuim em aulas de físico-química no nível universitário, para o estudo do balanceamento de equações químicas. O estudo é de natureza exploratória e a aula foi desenvolvida em três etapas: (1) pré-teste, (2) atividades integradas ao jogo e (3) pós-teste.

Os resultados mostram que os alunos utilizaram o recurso sem dificuldades, avaliaram positivamente a experiência e destacaram sua utilidade para a prática de estequiometria de forma envolvente. Do ponto de vista pedagógico, o SudoQuim permitiu a identificação de dificuldades conceituais e abriu possibilidades para futuras decisões didáticas. Conclui-se que os jogos digitais promovem a motivação e a compreensão conceitual, constituindo ferramentas inovadoras para o ensino de ciências.

Palavras-chave: DGBL, estequiometria, jogos sérios, ensino de físico-química.

Abstract

This paper reports the results of an investigation into the use of digital games in science education. Specifically, it describes and analyzes the implementation of the game SudoQuim in physical chemistry classes at the university

* Química – Bioquímica (UNS). Doutoranda em Ensino de Ciências. Núcleo de Investigación Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT) UNICEN, Tandil, Bs. As., Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4496-6454>.

E-mail: potero@fch.unicen.edu.ar.

** Doutora em Ensino de Ciências, com ênfase em matemática. Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), UNICEN, Tandil, Bs. As, Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6115-0817>.

E-mail: mpgazzola@niecyt.unicen.edu.ar.

*** Doutora em Ensino de Ciências, com ênfase em matemática. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), UNICEN, Tandil, Bs. As, Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0433-2654>.

E-mail: vcllanos@exa.unicen.edu.ar.

**** Phd em Ensino de Ciências. Núcleo de Investigación em Enseñanza de las Ciencias y la tecnología (NIECyT). Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (CONICET). Tandil, Bs. As, Argentina. Endereço para correspondência: Pinto 399. Tandil, Bs. As. CEP: B7000GHG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1682-9142>.

E-mail: rotero@niecyt.exa.unicen.edu.ar.

level, for the study of balancing chemical equations. The study is exploratory in nature, and the class was developed in three stages: (1) pre-test, (2) activities integrated with the game, and (3) post-test.

The results show that the students used the resource without difficulty, positively valued the experience, and highlighted its usefulness for practicing stoichiometry in an engaging way. From a pedagogical perspective, SudoQuim allowed for the identification of conceptual difficulties and opened up possibilities for future teaching decisions. It is concluded that digital games promote motivation and conceptual understanding, constituting innovative tools for science education.

Keywords: DGBL, stoichiometry, serious games, physical chemistry teaching.

Resumen

En este trabajo reporta resultados de una investigación relativa al uso de juegos digitales en la enseñanza de la ciencias. Particularmente se describe y analiza la implementación del juego SudoQuim en clases de fisicoquímica en la universidad, para el estudio del balanceo de ecuaciones químicas. El estudio es de carácter exploratorio y el desarrollo de la clase se realizó en tres etapas: (1) pretest, (2) actividades integradas con el juego y (3) postest.

Los resultados muestran que los estudiantes utilizaron el recurso sin dificultades, valoraron positivamente la experiencia y destacaron su utilidad para practicar la estequiometría de manera entretenida. Desde una perspectiva pedagógica, SudoQuim permitió identificar dificultades conceptuales y abrió posibilidades para futuras decisiones didácticas. Se concluye que los juegos digitales favorecen la motivación y la comprensión conceptual, constituyendo herramientas innovadoras para la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: DGBL, estequiometría, juegos serios, enseñanza de la fisicoquímica.

Introdução

Os recursos didáticos constituem ferramentas fundamentais para o ensino (Adler, 2000). Tradicionalmente, os professores têm recorrido ao quadro e aos livros didáticos como recursos privilegiados e têm substituído, em grande parte, estes últimos por alguns recursos tecnológicos, como apresentações digitais; todos continuam ocupando um lugar relevante nas práticas profissionais. No entanto, os processos contemporâneos de transformação tecnológica e cultural ampliaram o repertório de recursos disponíveis, incorporando os chamados Recursos Educacionais Digitais (RED), que permitem diversificar as estratégias de ensino e promover formas mais interativas de aprendizagem. Entre esses recursos digitais, distinguem-se aqueles baseados em jogos, que têm presença crescente no âmbito educacional internacional, devido à sua capacidade de integrar dinâmicas lúdicas com objetivos pedagógicos, favorecendo a participação ativa dos estudantes, a resolução de problemas e a exploração de conteúdos em contextos simulados (Gee, 2007; Erhel, 2013, Dayany Barros; et al. 2024, Galvão; et al. 2026). Em particular, no ensino de físico-química, os jogos digitais e os jogos sérios (Abt, 1970) constituem recursos fundamentais para favorecer a representação dinâmica e a compreensão de fenômenos microscópicos e abstratos que fazem parte da disciplina, como os modelos moleculares, as interações entre partículas ou as relações estequiométricas. Desse modo,

esses recursos contribuem para favorecer processos de visualização, experimentação e modelagem que são difíceis de abordar apenas por meio de explicações expositivas ou representações estáticas.

Nesse sentido, a abordagem de Digital Game Based Learning (DGBL), formulada por Prensky (2001, 2016) e desenvolvida por Gee (2003, 2007, 2021), destaca o potencial dos jogos para criar experiências de aprendizagem significativas, motivadoras e colaborativas. Nessa perspectiva, os jogos não são concebidos apenas como ferramentas de entretenimento, mas como ambientes interativos que promovem a resolução de problemas, a exploração e a tomada de decisões, favorecendo processos de aprendizagem ativa. No âmbito das ciências naturais, pesquisas recentes (Gutiérrez-González et al., 2023) evidenciam que os jogos concebidos com propósitos educativos permitem que os estudantes se apropriem dos conteúdos de maneira ativa e criativa, reforçando tanto a motivação quanto a interação entre pares. No caso particular da físico-química, essas características são especialmente relevantes, pois possibilitam a construção progressiva de modelos explicativos e o estabelecimento de relações entre diferentes níveis de representação dos fenômenos químicos.

Embora diversos estudos tenham analisado o potencial dos jogos digitais para o ensino de ciências, são escassas as pesquisas que examinam especificamente como esses recursos podem ser integrados ao ensino nos primeiros anos universitários. Este trabalho propõe-se a analisar o planejamento e a implementação de uma sequência didática de orientação construtivista que integra o jogo digital SudoQuim (Silva et al., 2022) ao ensino de estequiometria para estudantes do primeiro ano da universidade. Essa orientação concretiza-se em atividades que promovem a retomada de conhecimentos prévios, a formulação e a revisão de estratégias, a interpretação do feedback fornecido pelo jogo e a discussão dos procedimentos desenvolvidos. Analisa-se a proposta didática elaborada e sua implementação em sala de aula, considerando as possibilidades oferecidas pela integração do jogo aos processos de ensino e aprendizagem de físico-química.

Sobre o uso de jogos no ensino

O jogo e as atividades lúdicas fazem parte do cotidiano das pessoas, desempenham um papel fundamental nos primeiros anos de nossas vidas e continuam na idade adulta, embora de modo diferente.

O Game Based Learning (GBL) refere-se à utilização de jogos no ensino e implica o alcance de determinados objetivos de aprendizagem, ao mesmo tempo que oferece aos estudantes, como usuários, desafios e resolução de problemas sobre alguma temática (Qian; Clark, 2016, Banihashem et al., 2024). Assim, a finalidade desses jogos é educativa, sendo concebidos especificamente para determinados fins didáticos (Krath et al., 2021).

O GBL representa uma perspectiva inovadora que oferece aos estudantes uma experiência de aprendizagem atraente e imersiva, pois permite incorporar elementos interativos e criar ambientes simulados para que vivenciem situações realistas (Katual et al, 2023). Existe certo consenso de que o GBL pode aumentar a participação dos estudantes e a motivação para aprender (Krath et al., 2021; Delgado et al., 2023; Camacho-Sánchez et al., 2024; Subroto et al., 2024; Marquez et al., 2025). Entretanto, também há resultados contraditórios quanto ao caráter motivador dos jogos para a aprendizagem (Hanus; Fox, 2015; Krath et al., 2021), pois as insígnias e os pontos podem levar à dependência ou à aprendizagem superficial quando percebidos como controle externo (Prieto-Andreu; et al., 2022; Mendoza-Vega, 2025). Nesse sentido, recomenda-se que os sistemas de recompensa sejam concebidos como reconhecimento do progresso e integrados a experiências significativas de aprendizagem, evitando que os estudantes concentrem sua atenção apenas na obtenção de prêmios (Huamaní Quispe; Vega Vilca, 2023).

Com o avanço das tecnologias digitais, o conceito de GBL evolui e incorpora o componente digital: Digital Game Based Learning (DGBL) (Prensky, 2001). Os videogames são propostos como ferramentas poderosas de aprendizagem que promovem o desenvolvimento cognitivo, a resolução de problemas e a formação da identidade por meio de experiências atraentes, bem planejadas e interativas (Gee, 2003). Além disso, possibilitam o chamado “fracasso elegante”; isso significa que, quando o planejamento e a implementação são realizados corretamente, é possível perder de maneira segura e significativa (Gee, 2005), pois o jogo permite que os estudantes falhem e, nesse fracasso, aumenta a motivação para continuar tentando (McGonigal, 2011).

Por outro lado, os jogos influenciam a motivação para uma determinada tarefa. A motivação intrínseca nos jogos surge do prazer e da satisfação pessoal de jogar, enquanto a extrínseca depende de recompensas externas, como pontos, prêmios ou reconhecimento.

Ambas se combinam para manter o interesse e a participação dos jogadores (Deterding et al, 2011; Nadeem, et al.,2023).

Quando se faz referência ao GBL ou ao DGBL, os jogos estão incluídos, e essa ideia surgiu em 1970, quando Clarck Abt propôs o conceito de Jogos sérios ou Serious Games para se referir a jogos com intencionalidade educativa explícita e cuidadosamente planejada (Abt, 1970). Ou seja, são jogos concebidos com um propósito diferente do mero entretenimento, que podem ser utilizados em diversos contextos de formação (empresarial, saúde etc.) e que não estão necessariamente vinculados a um contexto educacional formal, nem centrados em processos pedagógicos explícitos ou em um currículo (Marcano, 2008, Lobo; del Sur, 2014).

Em particular, o ensino de estequiometria apresenta dificuldades que não se reduzem ao domínio de procedimentos de cálculo. Diferentes pesquisas têm mostrado que os estudantes podem resolver algoritmos estequiométricos sem compreender adequadamente as relações químicas representadas pelas equações balanceadas, além de apresentar dificuldades para interpretar o conceito de mol, as relações entre quantidades de substâncias e o significado dos coeficientes estequiométricos (Huddle; Pillay, 1996; Sanger, 2005). Entre os erros documentados, destacam-se a confusão entre coeficientes e índices, as dificuldades para estabelecer as proporções entre reagentes e produtos e uma compreensão insuficiente da conservação da matéria envolvida no balanceamento de equações químicas (Sanger, 2005). Essas dificuldades evidenciam a necessidade de propostas de ensino que não se limitem à aplicação mecânica de regras ou algoritmos, mas favoreçam a construção de relações entre as representações simbólicas das equações e os processos químicos que elas representam.

Nessa perspectiva, a sequência desenvolvida neste trabalho adota uma orientação construtivista, pois organiza situações nas quais os estudantes devem mobilizar seus conhecimentos prévios, formular e testar estratégias, analisar os resultados de suas ações e revisar seus procedimentos a partir do feedback fornecido pelo jogo e dos momentos de discussão previstos na proposta. A aprendizagem não é concebida, portanto, como a recepção de um procedimento previamente explicado para balancear equações, mas como um processo de elaboração progressiva em que a interação com o problema, com o recurso digital e com outros estudantes permite confrontar e reorganizar as próprias ideias.

Nesse contexto, e como parte de um projeto de colaboração entre pesquisadores do NIECyT-UNICEN e do V-Lab-UFPE, responsáveis pelo desenvolvimento de mais de 50 recursos

educacionais digitais para o ensino e a aprendizagem de matemática e ciências, selecionou-se o RED SudoQuim para abordar o estudo da estequiometria, particularmente o balanceamento de equações químicas. Esse conteúdo constitui um conhecimento prévio necessário para a realização de cálculos estequiométricos e para a compreensão de princípios e processos relevantes para a química e a físico-química, entre eles a conservação da matéria. A proposta busca, assim, articular as possibilidades interativas do jogo digital com uma sequência de atividades voltada a favorecer a construção e a revisão das relações envolvidas no balanceamento de equações químicas.

Metodologia

O estudo desenvolve-se no âmbito de uma pesquisa exploratória, fundamentada em uma abordagem qualitativa e descritiva (Hernández Sampieri et al., 2014), cujo objetivo é examinar a incorporação de recursos educacionais digitais ao ensino de ciências na universidade. Especificamente, apresentam-se aqui os resultados do desenvolvimento e da implementação, em sala de aula, de uma sequência de orientação construtivista que incorpora um jogo digital para ensinar físico-química. O interesse do estudo concentra-se em descrever o funcionamento da sequência, as respostas dos estudantes durante seu desenvolvimento e as variações observadas em suas produções antes e depois da intervenção.

A sequência busca promover a participação ativa, a utilização de conhecimentos prévios, a revisão de estratégias e a discussão coletiva. O jogo foi integrado a tarefas escritas, resolução de problemas, intervenções docentes e momentos de institucionalização, sendo, portanto, analisado como parte da sequência em seu conjunto, e não como uma intervenção isolada.

Utilizou-se o jogo SudoQuim (Silva et al., 2022 a, 2022 b), cujo objetivo é realizar o balanceamento de equações químicas. Planejou-se uma sequência de aula composta por três tarefas que incluíam o jogo e problemas que permitem retomar os conteúdos de estequiometria e avançar nesse tema integrado a soluções.

A implementação ocorreu na disciplina Química I do curso de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental (LDyGA), da Facultad de Ciencias Humanas (FCH) da Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), com um total de 21

estudantes. A participação dos estudantes foi voluntária e garantiu-se o anonimato dos dados coletados, respeitando os princípios éticos da pesquisa educacional. Além disso, participaram da implementação dois integrantes da equipe de pesquisa, que realizaram observação participante e não participante. Um dos integrantes também é professor da disciplina.

O estudo foi realizado durante uma sessão de aula com três horas de duração. As aulas de Química I são teórico-práticas. O tema abordado durante a implementação foi Estequiometria com soluções, ministrado após as unidades temáticas de Estequiometria e de Soluções.

Por outro lado, elaborou-se um instrumento do tipo questionário, utilizado como pré-teste e pós-teste para investigar os conhecimentos dos estudantes antes e depois do estudo. Esse tipo de delineamento é adequado para identificar variações nos conhecimentos dos estudantes e tem sido amplamente utilizado em pesquisas educacionais voltadas à análise dos processos de ensino e aprendizagem. A aula foi organizada em três etapas: 1.- aplicação do pré-teste, 2.- desenvolvimento das tarefas e 3.- aplicação do pós-teste.

Os questionários foram elaborados em formato digital e os estudantes os responderam individualmente e on-line. Todas as respostas foram registradas em uma planilha gerada automaticamente pelo próprio formulário. Além disso, registraram-se todos os protocolos escritos produzidos pelos estudantes durante a aula ao resolverem as tarefas propostas, e os professores fizeram anotações de campo durante e após o encontro.

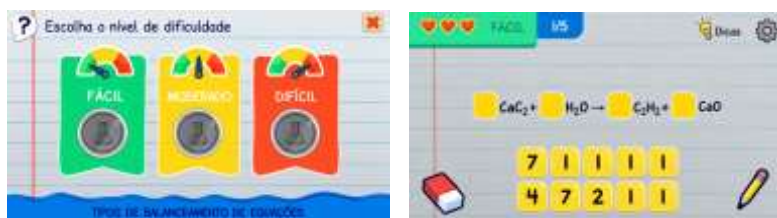
A sequência é avaliada em função dos resultados do pré-teste e do pós-teste, descritos e analisados considerando a frequência das respostas e seu conteúdo conceitual. Também foi realizada uma análise qualitativa voltada à identificação de padrões recorrentes nas respostas dos estudantes, bem como de possíveis avanços na compreensão dos conteúdos abordados.

SudoQuim

SudoQuim é um RED em formato de jogo, concebido para que o usuário realize o balanceamento de equações químicas pelo método de tentativa. É de livre acesso, pode ser baixado e jogado em qualquer dispositivo (celular, tablet, computador). Apresenta três níveis de dificuldade: fácil, moderado e difícil (Figura 1, à esquerda). Para cada nível, existem 15 equações para balancear, que aparecem aleatoriamente.

O jogo fornece uma série de números em um painel na parte inferior da tela, para que sejam escolhidos e colocados como coeficientes antes de cada composto ou elemento químico a ser balanceado (Figura 1, à direita).

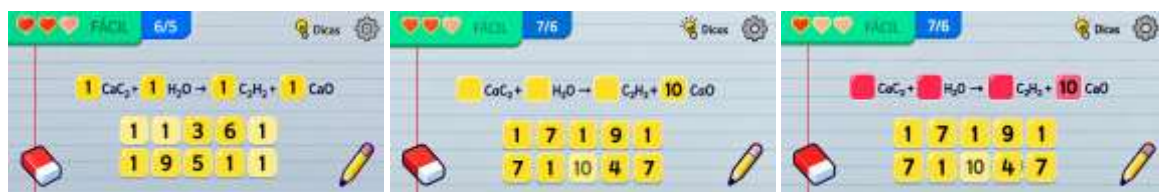
Figura 1–Níveis de dificuldade do SudoQuim (à esquerda). Painel de coeficientes disponíveis para seleção (à direita).



Fonte: Jogo digital (2021).

Quando o jogador considera que conseguiu balancear a reação proposta, envia o resultado utilizando um lápis que funciona como a tecla “enter” e recebe um feedback. Se o resultado estiver correto, o jogo mostrará automaticamente a próxima equação a ser balanceada; se estiver incorreto, os coeficientes incorretos aparecerão com fundo vermelho e os corretos, com fundo verde. O usuário também dispõe de três chances de erro ou “vidas”, representadas por corações vermelhos, que serão consumidas à medida que errar o balanceamento (Figura 2).

Figura 2–Balanceamento correto de uma equação (à esquerda). Balanceamento incorreto (ao centro). Feedback do erro em vermelho (à direita).



Fonte: Jogo digital (2021).

O jogo também concede medalhas de bronze, prata, ouro e platina, que premiam o desempenho do jogador ao responder com determinadas chances de erro. Além disso, o recurso oferece uma seção de dicas para balancear as equações, composta pela tabela periódica e por uma série de passos com a ordem adequada para realizar o balanceamento (Figura 3).

Figura 3–Dicas: passos para o balanceamento e tabela periódica.



Fonte: Jogo digital (2021).

Sequência de aula: tarefas propostas

A tarefa 1 consiste em baixar e jogar o jogo, com o objetivo de que os estudantes realizem o balanceamento de equações simples ao mesmo tempo que se familiarizam com o uso do recurso e registram as estratégias utilizadas para superar o nível.

Tarefa 1

Baixar o jogo Sudoquim e jogar os primeiros cinco desafios do nível fácil.



Registrar, em cada desafio, as equações químicas propostas, as equações balanceadas e todos os cálculos e procedimentos realizados para passar de nível. Anotar, em cada caso, as vidas utilizadas para vencer o desafio.

A tarefa 2 tem como objetivo resolver dois problemas: um proposto pelo professor para retomar os conceitos estudados na aula de estequiometria e outro extraído do roteiro de atividades da disciplina, correspondente ao tema Estequiometria com soluções, que exigem o balanceamento de equações como etapa prévia à sua resolução.

Tarefa 2

1. Identificar o Reagente Limitante quando se fazem reagir 140 g de H_2SO_4 e 140 g de NaOH.
2. Calcular a massa, em gramas, de ácido nítrico que deverá ser utilizada para neutralizar 50 ml de uma solução 3 M de NaOH.

A tarefa 3 tem como objetivo retornar ao jogo para realizar o balanceamento de equações químicas mais complexas, considerando que, durante o desenvolvimento da aula e a execução do jogo, foi necessário recorrer ao balanceamento em diferentes situações. Também se solicita

que os estudantes formulem uma possível estratégia vencedora para avaliar o percurso realizado.

Tarefa 3

Jogar um desafio do nível médio e um do nível difícil e escrever uma possível estratégia vencedora.

Pré-teste e pós-teste

O questionário elaborado contém nove questões de múltipla escolha.

As questões 1, 3, 4 e 6 referem-se a temas gerais sobre as equações químicas, como a utilidade do balanceamento, a lei envolvida e o significado da notação, enquanto as questões 2, 5, 7, 8 e 9 referem-se à dinâmica do próprio balanceamento, como a contagem de átomos ou a ordem mais conveniente para realizar o balanceamento pelo método de tentativa.

O questionário do pós-teste é o mesmo até a questão número nove. No entanto, acrescentou-se uma décima questão, que busca investigar as opiniões dos estudantes sobre a utilidade do jogo para realizar o balanceamento das reações químicas.

Resultados

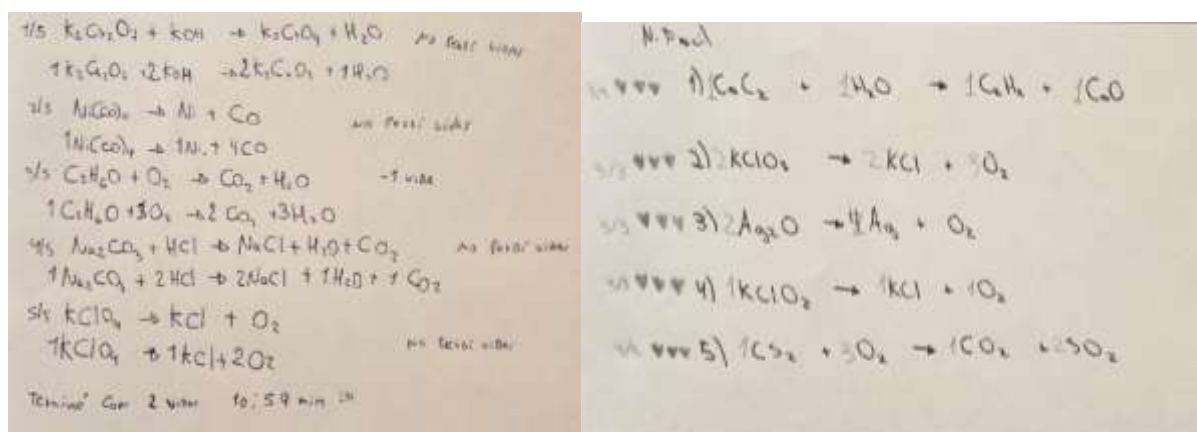
Desenvolvimento das tarefas durante a aula

Os estudantes não tiveram dificuldades para baixar o jogo e começar a jogar. À medida que avançam pelos desafios do nível fácil, respondem à instrução correspondente e completam a tarefa 1 na folha fornecida.

O estudante E05 decidiu identificar o desafio, copiar a equação não balanceada e, em seguida, a equação balanceada abaixo da anterior. Escreveu “Não perdi vidas” quando conseguia balancear corretamente na primeira tentativa, mas, quando errava o balanceamento, escreveu “-1 vida”, indicando que havia realizado uma tentativa malsucedida. Anotou que terminou o nível com duas vidas e o tempo que levou para completar os cinco desafios (Figura 4, à esquerda).

O estudante E06 anotou que estava jogando no nível fácil, numerou as equações correspondentes a cada desafio, copiou as equações balanceadas e desenhou as vidas como corações ao lado de cada equação (Figura 4, à direita).

Figura 4–Fragmento do protocolo do estudante E05 (à esquerda) e do estudante E06 (à direita).



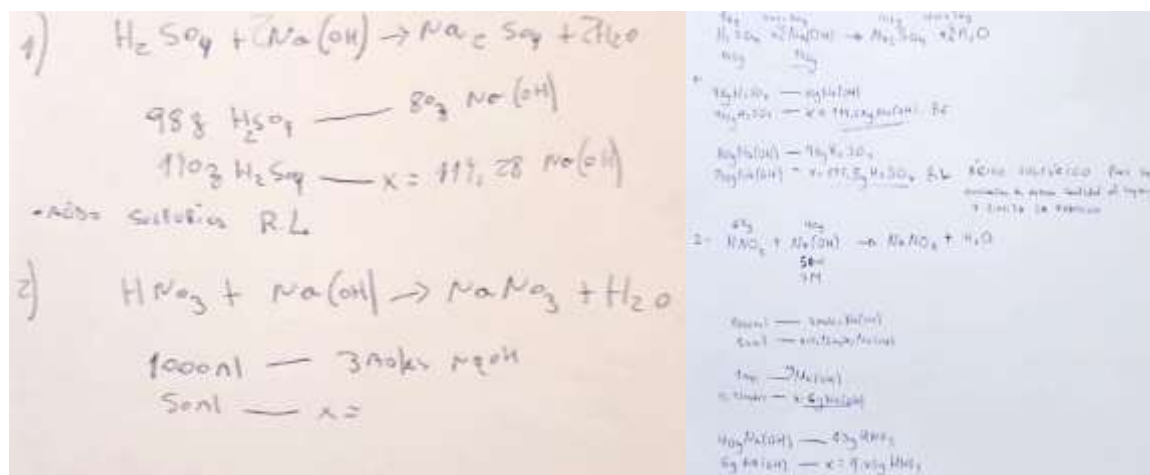
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Quando os estudantes terminam o nível fácil e completam a tarefa 1, discutem-se os conceitos de reagente limitante e reagente em excesso, fundamentais para a resolução de problemas de estequiometria com soluções e para a realização da tarefa 2. A turma, em conjunto, escreveu as equações de neutralização no quadro e, assim como fez com as equações do jogo, procedeu ao seu balanceamento para resolver os problemas.

Para realizar a tarefa 2, o estudante E02 escreve a caneta a reação correspondente à instrução 2.1 e a lápis o balanceamento. Abaixo da equação, anota o cálculo realizado, uma regra de três simples, para identificar o reagente limitante e registra Ácido sulfúrico R.L. O mesmo estudante registra a reação química correspondente à tarefa 2.1 e apresenta abaixo dela o cálculo que permite encontrar a quantidade de mols de hidróxido de sódio presentes no volume de 50 mL, mas deixa apenas a expressão, sem encontrar o resultado ou valor de x. A resolução termina nesse ponto e permanece incompleta (Figura 5, à esquerda).

Com as equações balanceadas, o estudante E05 resolve os problemas de estequiometria com soluções propostos na tarefa (Figura 5, à direita).

Figura 5–Resolução da Tarefa 2 pelo estudante E02 (à esquerda) e pelo estudante E05 (à direita).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

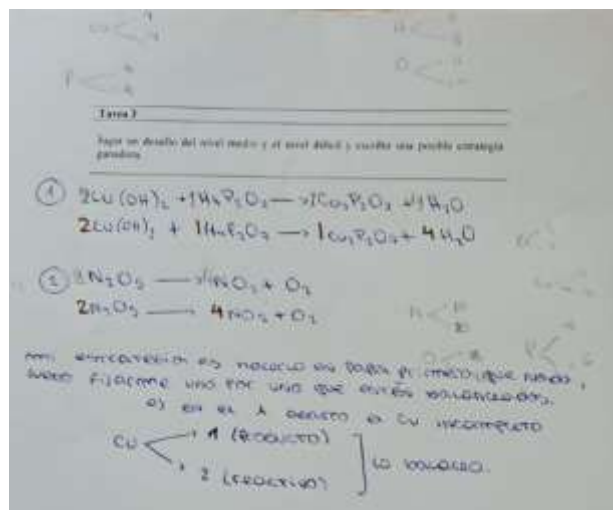
A tarefa 3 solicitava a elaboração de uma possível estratégia vencedora. Nessa atividade, os estudantes geralmente seguem a ordem sugerida pelo jogo na seção “Dicas para balancear” (metal, não metal, hidrogênio e oxigênio), observam ou contabilizam a quantidade total de átomos entre reagentes e produtos e indicam, de alguma forma, as quantidades de um lado e do outro, seja por meio de uma descrição, seja assinalando as quantidades abaixo.

O estudante E02 escreve a equação com caneta azul e identifica e assinala na folha os reagentes e os produtos. Conta os átomos nos reagentes e nos produtos e coloca, a lápis, os coeficientes estequiométricos para igualar as quantidades. Quando utiliza a expressão “adicionar valores”, refere-se aos coeficientes estequiométricos que coloca antes de um composto para que a equação fique balanceada (Figura 6, à esquerda).

O estudante E20 conta os átomos presentes no que denomina “no início”, designando assim os reagentes, e anota, para cada elemento, como um índice, o número total de átomos nos reagentes. Depois, da mesma maneira, contabiliza os produtos, embora não descreva isso. No entanto, realiza essa contagem, pois menciona que vai “adicionando” e que, ao final, “percebe” quantos devem ser adicionados. Assim, quando utiliza a palavra adicionar, refere-se aos coeficientes estequiométricos. Por fim, risca os elementos que conseguiu balancear (Figura 6, à direita).

átomos de cobre é 2 tanto nos produtos quanto nos reagentes (Figura 7). O mesmo erro é registrado ao contabilizar o cobre com seu sistema ou notação de setas, atribuindo 1 aos produtos (contabiliza apenas o coeficiente) e 2 aos reagentes. Percebe-se que ele se confunde ao tentar justificar sua estratégia, pois, na equação numerada como 2, considera tanto o índice quanto o coeficiente ao contabilizar $2\text{N}_2\text{O}_5$, colocando 4 antes do óxido nítrico (4NO_2).

Figura 7–Estratégia proposta pelo estudante E15 para resolver a Tarefa 3.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Respostas ao pré-teste e ao pós-teste

Os resultados do pré-teste e do pós-teste são apresentados na tabela 1, que contém a frequência de escolha de cada item em cada uma das duas etapas. A alternativa correta é indicada com um asterisco.

Tabela 1–Resultados do pré-teste e do pós-teste.

Questão		Alternativa a)	Alternativa b)	Alternativa c)	Alternativa d)	Alternativa e)
1	Pré-teste	0	0	20*	1	---
	Pós-teste	0	0	21*	0	---
2	Pré-teste	9	0	12*	0	---
	Pós-teste	4	0	17*	0	---
3	Pré-teste	4	16*	1	0	---
	Pós-teste	4	16*	1	0	---

4	Pré-teste	2	13*	6	0	---
	Pós-teste	1	16*	4	0	---
5	Pré-teste	3	2	5	9*	2
	Pós-teste	1	1	0	17*	2
6	Pré-teste	2	2	0	17*	---
	Pós-teste	0	0	0	21*	---
7	Pré-teste	0	1	19*	1	---
	Pós-teste	1	0	19*	1	---
8	Pré-teste	3	5	2	11*	---
	Pós-teste	1	1	2	17*	---
9	Pré-teste	4	4	6*	2	5
	Pós-teste	0	0	13*	3	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Dado o caráter exploratório e descritivo do estudo, as diferenças entre o pré-teste e o pós-teste são interpretadas como variações observadas nas respostas dos estudantes, sem estabelecer significância estatística nem relações causais.

Pré-teste

Os estudantes reconhecem que, antes de realizar cálculos estequiométricos, é necessário dispor da equação balanceada.

Embora a maioria dos estudantes considere que o coeficiente estequiométrico afeta todo o composto químico que vem a seguir, muitos não percebem isso, pois consideram apenas o índice ao contabilizar a totalidade dos átomos de determinado elemento, sem levar em conta que a presença do coeficiente estequiométrico, colocado antes do composto em questão, multiplica todos os elementos presentes. Em uma questão posterior (questão 3), a maioria dos estudantes sabe a que nos referimos quando falamos de coeficiente estequiométrico, embora alguns confundam coeficiente estequiométrico com índice e poucos com expoente.

A maior parte dos estudantes compreende que a transformação química de reagentes em produtos é representada pela equação química. No entanto, muitos confundem o conceito

de equação química com o de reação química. Outros estudantes, embora em menor número, acreditam que a transformação química pode ser representada por uma fórmula; talvez a confusão decorra do fato de que, ao reagir, a fórmula molecular dos reagentes muda quando estes se transformam em produtos.

Por outro lado, a maior parte dos estudantes considera que o balanceamento atende à Lei da conservação da matéria, embora outros a confundam com a Lei dos gases ideais e a Lei das proporções múltiplas.

Quanto à mecânica do balanceamento, a maioria dos estudantes seleciona a ordem correta, o que se reflete na resolução das equações a serem balanceadas. Os estudantes que erram não consideram o coeficiente estequiométrico ou cometem erros de cálculo ao somar.

Pós-teste

No pós-teste, observa-se um aumento de respostas corretas quanto ao coeficiente estequiométrico e à maneira como ele afeta todo o composto. Não se observam variações, entre o pré-teste e o pós-teste, quanto aos nomes dos componentes da equação química.

Após a aula e o jogo, a maior parte dos estudantes passa a compreender que a representação da transformação química é dada pela equação química. No entanto, poucos estudantes continuam confundindo os termos equação e reação química. Embora apenas um estudante considere que a fórmula serve para representar a transformação dos reagentes em produtos, podemos afirmar que, apesar de as fórmulas moleculares mudarem após a reação, é a equação química balanceada que descreve completamente a transformação química ocorrida.

Por outro lado, após a aula, todos os estudantes reconhecem o cumprimento da Lei da conservação da matéria ao realizar o balanceamento de equações químicas. Quanto à ordem do balanceamento, a escolha da alternativa que menciona a ordem mais adequada aumenta significativamente após o uso do jogo em aula. Isso pode ser atribuído ao fato de que o jogo oferece uma seção de dicas para consulta, na qual é apresentada a ordem mais conveniente para o balanceamento, o que poderia atuar como reforço.

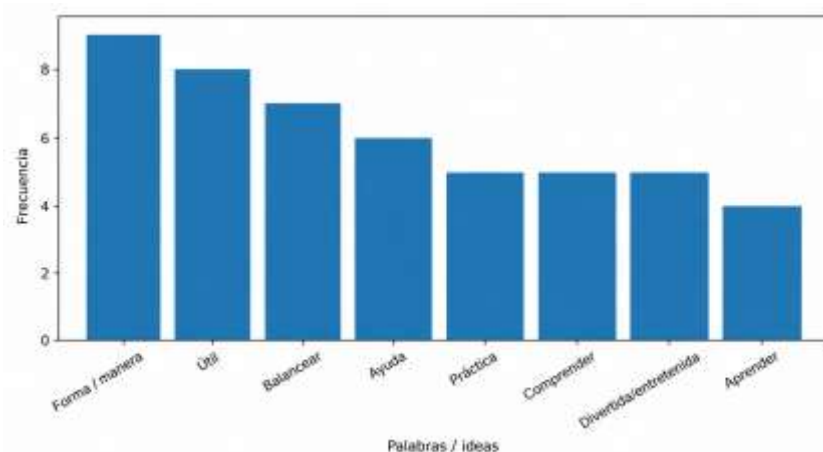
No caso das reações propostas para balanceamento, não ocorrem mudanças substanciais no pós-teste para a primeira reação. Entretanto, na segunda reação apresentada,

observa-se que o número de estudantes que seleciona a alternativa correta aumenta após jogar. Da mesma forma, na terceira reação a ser balanceada, o número de escolhas corretas aumenta para mais do dobro no pós-teste. Nas duas últimas alternativas para balanceamento, os resultados mostram maior frequência de respostas corretas após a sequência.

As respostas à questão 10 do pós-teste evidenciam uma avaliação positiva da experiência dos estudantes com o jogo e da contribuição de seu uso para a aula. Os comentários dos estudantes concentram-se nos aspectos práticos oferecidos pelo SudoQuim, pois ele os convida a realizar o balanceamento, a agir sobre aquilo que pensam e os leva a fazer. Ou seja, são levados a colocar a mão na massa. Também há o aspecto da motivação desse “fazer”, pois, para os estudantes, é importante realizar uma tarefa que os entretenha, no sentido de que relatam um aumento da motivação intrínseca, aquela que provém do próprio estudante. Observe-se que, diferentemente da motivação extrínseca, proporcionada por insígnias ou prêmios de algum tipo, os comentários referem-se à realização da tarefa para melhorar sua aprendizagem sobre o tema, e não para ganhar um prêmio.

As palavras que mais se repetem são: “forma/maneira”, “útil”, “balancear”, “prática”, “compreender”, “divertida/entretida” e “aprender”. A figura 8 resume a frequência de ocorrência dessas palavras nas respostas dos estudantes.

Figura 8–Frequência de palavras nas respostas dos estudantes sobre o SudoQuim.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As ideias mais frequentes nas respostas dos estudantes relacionam-se principalmente à percepção de que o jogo oferece uma “forma/maneira” diferente de aprender (9 menções) e de que é “útil” (8 menções). Isso evidencia que os estudantes valorizaram especialmente a maneira diferente de abordar esses conhecimentos em aula por meio do Sudoquim.

A palavra “balancear” aparece com alta frequência (7 menções), indicando que os estudantes reconhecem claramente a relação entre o jogo e o objetivo específico de aprendizagem: o balanceamento de equações químicas. Por sua vez, termos como “ajuda” (6 menções) e “prática” (5 menções) mostram que o recurso foi percebido como um apoio concreto para exercitar e consolidar seus conhecimentos sobre o tema.

Também aparecem com frequência significativa palavras relacionadas a processos cognitivos e emocionais positivos, como “compreender”, “divertida/entretenida” e “aprender”. Isso sugere que o jogo favoreceu não apenas a prática, mas também a compreensão conceitual e a motivação para a química.

Discussão

Os resultados mostram, no contexto da sequência implementada, variações favoráveis em algumas respostas dos estudantes relacionadas à compreensão de conceitos e à sistematização de estratégias para o balanceamento de equações. Durante o desenvolvimento das atividades, observou-se ampla participação, e os estudantes expressaram uma avaliação positiva da experiência. Esses resultados são consistentes com pesquisas que indicam que o GBL e o DGBL podem propiciar maiores níveis de participação e motivação em determinadas situações de aprendizagem (Krath et al., 2021; Delgado et al., 2023; Camacho-Sánchez et al., 2024; Subroto et al., 2024; Marquez et al., 2025).

Registraram-se algumas estratégias de resolução que poderiam ser atribuídas a diferentes níveis de compreensão. Por exemplo, ao realizar as tarefas, alguns estudantes descrevem o que fizeram por meio de frases curtas; outros enumeram e copiam as equações químicas na ordem fornecida pelo jogo e escrevem acima ou abaixo delas para contar átomos ou realizar cálculos estequiométricos; outros desenharam os átomos que compõem a fórmula molecular em anotações escritas para explicar as fórmulas moleculares.

A tarefa 1 evidenciou o entusiasmo dos estudantes e o caráter motivador do jogo: cada um jogou individualmente, comparou resultados com os colegas e jogou várias vezes tentando melhorar seus resultados. Essa tarefa serviu como ponto de partida para que os estudantes comesçassem a compreender o balanceamento de equações. Eles fazem anotações e desenhos explicativos e mobilizam estratégias pessoais que evidenciam que conseguiram raciocinar ao

realizar o balanceamento de equações. Além disso, avaliam positivamente seus próprios avanços. Assim, considerando que o balanceamento de equações costuma ser um processo mecânico, observa-se que os estudantes refletem sobre seus próprios conhecimentos. Isso é importante porque concluíram há pouco tempo o ensino médio obrigatório e acabaram de iniciar o primeiro ano na universidade.

A tarefa 2 envolveu o uso dos conceitos de reagente limitante e reagente em excesso, fundamentais para a resolução de problemas de estequiometria com soluções. Alguns estudantes conseguem aplicar corretamente a regra de três e concluir os cálculos, enquanto outros interrompem a resolução em etapas intermediárias. Essa diferença poderia decorrer do fato de que a passagem de situações de jogo para tarefas que envolvem a resolução de problemas concretos de estequiometria com soluções exige maior rigor e formalização no uso dos conceitos próprios da disciplina, especialmente na utilização dos símbolos.

Na tarefa 3, os estudantes enfrentaram níveis mais elevados de dificuldade no jogo e, paralelamente, desenvolveram diversas estratégias que, embora mostrem maior apropriação dos conhecimentos, também revelam confusão entre o coeficiente estequiométrico e o índice. Ou seja, embora o jogo proporcione a busca de soluções, também convida docentes e desenvolvedores a pensar em estratégias para corrigir erros.

As dificuldades que persistem em algumas produções, particularmente a confusão entre coeficientes estequiométricos e índices e os problemas para interpretar corretamente as relações expressas nas equações químicas, coincidem com dificuldades documentadas em pesquisas anteriores (Huddle; Pillay, 1996; Sanger, 2005). Esses resultados mostram que a capacidade de realizar procedimentos de balanceamento não pressupõe necessariamente uma compreensão completa das relações químicas envolvidas. Nesse sentido, a experiência permite identificar aspectos conceituais que precisam ser retomados por meio de outras atividades, discussões e intervenções docentes, para além da prática proporcionada pelo jogo.

Muitos estudantes destacam que o jogo lhes permitiu “praticar”, “colocar em prática” ou “reforçar” conteúdos já trabalhados. Essas avaliações são compatíveis com as características atribuídas ao DGBL como ambiente que possibilita a resolução reiterada de problemas, a exploração e a revisão das próprias ações (Gee, 2003, 2005). Além disso, expressões como “compreender”, “analisar” ou “entender melhor a estequiometria” mostram que os estudantes perceberam o recurso não apenas como uma oportunidade de prática, mas

também como um apoio para compreender os procedimentos envolvidos. As referências a uma experiência “divertida”, “entretida” ou “não tão linear” coincidem com estudos que identificam relações entre GBL e motivação (Krath et al., 2021; Camacho-Sánchez et al., 2024), embora outros trabalhos alertem que esses efeitos não são uniformes e dependem das características do planejamento e de sua integração à proposta de ensino (Hanus; Fox, 2015; Krath et al., 2021). Nesse sentido, os resultados permitem reconhecer o potencial didático do SudoQuim como componente de uma sequência para o ensino inicial de química na universidade, sem lhe atribuir, isoladamente, as mudanças observadas.

Conclusão

A implementação da sequência que integrou o jogo digital SudoQuim permitiu reconhecer possibilidades desse recurso para o ensino de química na universidade. As opiniões dos estudantes mostram uma avaliação positiva, principalmente por sua utilidade para praticar o balanceamento de equações químicas de uma maneira diferente dos exercícios habituais. Durante a experiência, observaram-se participação, trocas entre pares e diversas estratégias de resolução, enquanto a comparação entre o pré-teste e o pós-teste mostrou variações favoráveis em alguns dos conteúdos abordados. Esses resultados sugerem que a integração do jogo, articulada às demais atividades da sequência e às intervenções docentes, pode constituir uma alternativa pertinente para complementar o ensino do balanceamento de equações químicas.

Entre as principais limitações do estudo estão seu caráter exploratório, o número reduzido de participantes, a implementação em um único grupo e durante uma única sessão de aula, além da ausência de um grupo de comparação. Ademais, entre o pré-teste e o pós-teste, desenvolveu-se uma sequência que combinou o jogo com tarefas escritas, resolução de problemas, discussões coletivas, feedback e intervenções docentes. Por essas razões, as variações observadas não permitem estabelecer relações causais nem atribuir os resultados especificamente ao uso do SudoQuim. Pesquisas futuras poderiam ampliar o número de participantes e os contextos e analisar as aprendizagens em períodos mais prolongados.

Nesse sentido, a experiência fornece indícios das possibilidades de integrar recursos digitais a propostas de ensino de química. Particularmente, o SudoQuim apresenta-se como uma

ferramenta didática com potencial para complementar as estratégias de ensino convencionais no nível universitário.

Referências

- ABT, C. C. **Serious games**. New York: Viking. American Behavioral Scientist, 176, 1970.
- ADLER, J. Conceptualising resources as a theme for teacher education. **Journal of Mathematics Teacher Education**, v. 3, p. 205-224, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1009903206236>.
- BANIHASHEM, S. K.; DEHGHANZADEH, H.; CLARK, D.; NOROOZI, O.; BIEMANS, H. J. Análisis de aprendizaje para el aprendizaje basado en videojuegos en línea: Una revisión sistemática de la literatura. **Behaviour & Information Technology**, v. 43, n. 12, p. 2689-2716, 2024.
- CAMACHO-SÁNCHEZ, R.; SERNA BARDAVÍO, J.; RILLO-ALBERT, A.; LAVEGA-BURGUÉS, P. Mejora de la motivación y el rendimiento académico mediante una metodología de aprendizaje gamificada basada en juegos digitales utilizando el modelo ARCS. **Interactive Learning Environments**, v. 32, n. 10, p. 6868-6885, 2024.
- FERREIRA, Dayany Barros; SOUZA, Danilo do Carmo de; CASTRO FILHO, José Aires; CASTRO, Juscileide Braga de. Gamificação no Ensino de Matemática: análise das contribuições do Recurso Educacional Digital 'Ilha das Operações' para a aprendizagem. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 4, p. e2024025, 2024. DOI: 10.21439/2965-6753.v4.e2024025.
- DELGADO, J. R. E.; FIGUEROA, K. G. C.; CAMPUZANO, M. F. P.; ZAMBRANO, M. M. R.; COBEÑA, E. I. D. Quizziz: herramienta digital innovadora en el proceso de aprendizaje basado en juegos. **Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, v. 4, n. 2, p. 401, 2023.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference**, 2011.
- ERHEL, S.; JAMET, E. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. **Computers & Education**, v. 67, 2013. Disponível em: GALVÃO, Kauã Honorato; VIANA, Katianny Jorge; FERNANDES, Luís Fernando Gomes; PEREIRA, Walysson Gomes. Aplicação do Jogo "Mistureba" como Recurso Lúdico no Ensino de Misturas. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 7, p. e2026006, 2026. DOI: 10.21439/2965-6753.v7.e2026006.
- GEE, J. P. **What video games have to teach us about learning and literacy**. Palgrave Macmillan, 2003.
- GEE, J. P. Good video games and good learning. **Phi Kappa Phi Forum**, v. 85, n. 2, p. 33-37, 2005.
- GEE, J. P. **Good Video Games and Good Learning**. Peter Lang, 2007.
- GEE, J. P. **Teaching, Learning, Literacy in Our Digital Age**. Teachers College Press, 2021.
- GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, C.; CAICEDO, L. M.; MALDONADO, L. E.; CUBILLOS, Y. T. Análisis de la producción científica relacionada con Recursos Educativos Digitales (RED) y Objetos Virtuales

de Aprendizaje (OVA), entre 2000–2021. **Revista de Investigación Educativa**, v. 41, n. 1, p. 263–280, 2023.

HANUS, M. D.; FOX, J. Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. **Computers & Education**, v. 80, p. 152–161, 2015.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. **Metodología de la investigación**. México D.F.: McGraw-Hill, 2014.

HUAMANÍ QUISPE, M. C.; VEGA VILCA, C. S. Efectos de la gamificación en la motivación y el aprendizaje. **Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación**, v. 7, n. 29, p. 1399–1410, 2023.

HUDDLE, P. A.; PILLAY, A. E. An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 1, p. 65–77, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199601\)33:1<65::AID-TEA4>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1<65::AID-TEA4>3.0.CO;2-N).

KATUAL, D.; DREVIN, L.; GOEDE, R. Aprendizaje basado en juegos para mejorar el pensamiento crítico y el intercambio de conocimientos: Revisión bibliográfica. **Revista de la Sociedad Internacional de Ciencias de Sistemas**, v. 67, 2023.

KRATH, J.; SCHÜRMANN, L.; VON KORFLESCH, H. F. Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. **Computers in human behavior**, v. 125, 106963, 2021.

LOBO, J. C.; DEL SUR, M. Juegos serios: alternativa innovadora. **Conocimiento Libre y Educación (CLEDE)**, v. 2, n. 2, 2014.

MARCANO, B. Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. **Education in the Knowledge Society (EKS)**, v. 9, n. 3, p. 93–107, 2008.

MÁRQUEZ, R. R. C.; AGUILAR, J. R. V.; LEÓN, Y. R. C.; LEÓN, P. M. A. Gamificación y aprendizaje basado en juegos: un enfoque para mejorar la motivación estudiantil. **Polo del Conocimiento**, v. 10, n. 5, p. 1685–1705, 2025.

MCGONIGAL, J. **Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world**. New York: Penguin Press, 2011.

MENDOZA-VEGA, A. J. Los programas de gamificación en la educación: Revisión sistemática. **Episteme Koinonía**, v. 8, n. 16, p. 209–226, 2025.

NADEEM, M.; OROSLANYOVA, M.; FARAG, W. Effect of Digital Game-Based Learning on student engagement and motivation. **Computers**, v. 12, n. 9, p. 177, 2023.

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**. McGraw-Hill, 2001.

PRENSKY, M. **Educación para mejorar su mundo: Liberando el poder de los niños del siglo XXI**. Teachers College Press, 2016.

PRIETO-ANDREU, J. M.; GÓMEZ-ESCALONILLA-TORRIJOS, J. D.; SAID-HUNG, E. Gamificación, motivación y rendimiento en educación: Una revisión sistemática. **Revista Electrónica Educare**, v. 26, n. 1, p. 251–273, 2022.

QIAN, M.; CLARK, K. R. Game-based learning and 21st century skills: A review of recent research. **Computers in Human Behavior**, v. 63, p. 50–58, 2016.

SANGER, Michael J. Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 1, p. 131, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed082p131>.

SILVA, C.; QUEIROS, L.; GOMES, A.; LIMA, R.; NOGUEIRA, T. SudoQuim (2022).

SUBROTO, D. E.; BARTOSZECK, A.; ARSYAD, M. Unlocking the potential of game based learning education in junior high school indonesia. **Jurnal Kajian Pendidikan dan Psikologi**, v. 1, n. 3, p. 160-169, 2024.

Submetido em 28 de maio de 2026.

Aceito em 11 de setembro de 2026.

Publicado em 11 de outubro de 2026.