

**XI Congresso Internacional
das Licenciaturas**

**EXPLOSÃO DE APRENDIZADO: DESAFIO LEVEL UP EM REAÇÕES DE
COMBUSTÃO**

**EXPLOSIÓN DE APRENDIZAJE: RETO DE SUBIR DE NIVEL EN REACCIONES
DE COMBUSTIÓN**

**LEARNING EXPLOSION: LEVEL UP CHALLENGE IN COMBUSTION
REACTIONS**

Apresentação: Comunicação Oral

José Renato Gomes Lopes¹; Jaelson Marques Martins²; José Guilherme Gomes Queiroz³;
Afonso Serafim Jacinto⁴; Carlos Alberto da Silva Júnior⁵

DOI: DOI :<https://doi.org/10.31692/2526-7701.XICOINTERPDVL.0713>

RESUMO

Diante da pandemia do Covid-19, muitas mudanças se tornaram necessárias em nível global, não obstante essas alterações foram marcantes ao processo de ensino-aprendizagem. A novidade estava presente na modalidade de Ensino Remoto Emergencial (ERE), que trazia inúmeros desafios, inclusive para Educação Química e Sustentável. Na busca pelo rompimento das barreiras do ERE, as práticas educacionais passaram todas a contar com o *desing* virtual, em que a utilização de jogos digitais apontava para uma abordagem eficiente de ensino. Nesse contexto, este trabalho objetivou identificar os desafios e as possibilidades da gamificação no Ensino de Química em uma temática de reações de combustão com aplicação durante a pandemia. Desta maneira, a pesquisa investigou esses impactos em uma turma de 1ª série do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico de Agroindústria do Instituto Federal da Paraíba (IFPB). A coleta dos dados aconteceu inicialmente através de um questionário de conhecimentos prévios dos estudantes, em seguida, ocorreu uma aula dialogada sobre o tema de reações de combustão com discussões acerca dos problemas ambientais e de saúde, sendo posteriormente aplicado um jogo virtual de labirinto elaborado na plataforma *Wordwall*. Por fim, analisou-se o nível de satisfação dos estudantes pelo método através de um questionário na escala *Likert*. Desse modo, observou-se que os alunos já conheciam alguns problemas gerados pelas queimadas, mas não sabiam explicar cientificamente essas questões. Em relação as discussões em aula através do *Google Meet*, os discentes tornaram mais fundamentadas suas ideias acerca das questões ambientais, promovendo a sustentabilidade através da Educação em Química. Através do jogo digital observou-se que os estudantes poderiam competir entre a quantidade de acertos e demonstrar um possível entendimento do conteúdo, de modo que através das assertivas *Likert* se constatou uma ampla aceitação pelo método. Assim, é possível perceber que o ERE apresentou desafios, mas que as pesquisas em Educação Química ajudaram a superar as dificuldades. Além do mais, destaca-se o potencial dos jogos digitais no alcance de uma Educação Sustentável, recomendado o uso de estratégias de gamificação nas diversas plataformas.

Palavras-Chave: ensino remoto, gamificação, reações de combustão.

¹ Doutorando em Química, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) jose.lobes10@edu.udesc.br

² Graduando em Química, Instituto Federal da Paraíba (IFPB) jaelson.martins@academico.ifpb.edu.br

³ Graduando em Química, Instituto Federal da Paraíba (IFPB) queiroz.guilherme@academico.ifpb.edu.br

⁴ Mestre em Informática, Instituto Federal da Paraíba (IFPB) afonso.serafim@ifpb.edu.br

⁵ Doutor em Química, Instituto Federal da Paraíba (IFPB) carlos.alberto@ifpb.edu.br

RESUMEN

Ante la pandemia de Covid-19, muchos cambios se hicieron necesarios a nivel global, a pesar de que estos cambios fueron significativos para el proceso de enseñanza-aprendizaje. La novedad estuvo presente en la modalidad de Enseñanza a Distancia de Emergencia (EDE), que trajo numerosos desafíos, incluso para la educación química y sustentable. En la búsqueda por derribar las barreras de la EDE, todas las prácticas educativas comenzaron a depender del diseño virtual, en el que el uso de juegos apuntaba a un enfoque de enseñanza eficiente. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivo identificar los desafíos y posibilidades de la gamificación en la enseñanza de la química en el tema de reacciones de combustión con aplicación durante la pandemia. De esta manera, la investigación investigó estos impactos en una clase de 1° grado de secundaria integrada en el Curso Técnico en Agroindustria del Instituto Federal de Paraíba (IFPB). La recolección de datos se realizó inicialmente a través de un cuestionario sobre conocimientos previos de los estudiantes, seguido de una clase dialogada sobre el tema reacciones de combustión con discusiones sobre problemas ambientales y de salud, seguido de un juego digital de laberinto creado en la plataforma *Wordwall*. Finalmente, se analizó el nivel de satisfacción de los estudiantes con el método mediante la escala *Likert*. De esta manera, se observó que los estudiantes ya eran conscientes de algunos problemas generados por los incendios, pero no sabían explicar científicamente estas cuestiones. Con relación a las discusiones en clase a través de *Google Meet*, los estudiantes fundamentaron sus ideas sobre temas ambientales, promoviendo la sustentabilidad a través de la educación química. A través del juego se observó que los estudiantes pudieron competir entre el número de respuestas correctas y demostrar una posible comprensión del contenido, por lo que a través de aseveraciones *Likert* hubo una amplia aceptación del método. Así, es posible ver que la EDE presentaron desafíos, pero que la investigación en educación química ayudó a superar las dificultades. Además, destaca el potencial de los juegos digitales para lograr una educación sostenible, recomendándose el uso de estrategias de gamificación en diferentes plataformas.

Palabras Clave: enseñanza remota, gamificación, reacciones de combustión.

ABSTRACT

In the face of the Covid-19 pandemic, many changes became necessary at a global level, although these changes were significant for the teaching-learning process. The novelty was present in the emergency remote teaching (ERE) modality, which brought numerous challenges, including for chemical and sustainable education. In the search for breaking down the barriers of ERE, educational practices all began to rely on virtual design, in which the use of games pointed to an efficient teaching approach. In this context, this work aimed to identify the challenges and possibilities of gamification in the teaching of chemistry on a theme of combustion reactions with application during the pandemic. Thus, the research investigated these impacts in a 1st grade class of High School Integrated with the Technical Course of Agroindustry of the Federal Institute of Paraíba (IFPB). Data collection initially took place through a questionnaire of students' prior knowledge, followed by a dialogued class on the theme of combustion reactions with discussions about environmental and health problems, and later a virtual maze game developed on the *Wordwall* platform was applied. Finally, the level of student satisfaction with the method was analyzed using a *Likert* scale. It was observed that students were already aware of some of the problems caused by the fires, but they did not know how to explain these issues scientifically. In relation to the discussions in class via *Google Meet*, students became more grounded in their ideas about environmental issues, promoting sustainability through chemical education. Through the game, it was observed that students could compete between the number of correct answers and demonstrate a possible understanding of the content, so that through *Likert* assertions, the method was widely accepted. Thus, it is possible to see that the ERE presented challenges, but that research in chemical education helped to overcome the difficulties. Furthermore, the potential of games in achieving sustainable education is highlighted, and the use of gamification strategies on various platforms is recommended.

Keywords: remote teaching, gamification, combustion reactions.

INTRODUÇÃO

No nefasto cenário pandêmico do Covid-19, emergiram novas perspectivas científicas acerca do processo de ensino-aprendizagem, embora pesquisas científicas nessa área possuam bases epistemológicas seculares. O ineditismo nesse contexto surge em virtude da necessidade de adesão ao Ensino Remoto Emergencial (ERE), que trouxe desafios inéditos (BABINČÁKOVÁ; BERNARD, 2024). De forma ampla, é perceptível que a problemática excede os limites da esfera educacional à medida que a interação humana se torna dependente das conexões de rede otimizadas (DEMESHKANT et al., 2022).

Além disso, a questão ainda se relaciona com fatores emocionais dos sujeitos envolvidos no processo educacional. Muitos destes, quando submetidos a uma sobrecarga de tarefas diretamente no núcleo familiar em virtude do trabalho na modalidade *home office*, não conseguem responder de forma positiva (DEMIR et al., 2021). Essas questões alcançaram todos os níveis da sociedade, afetando especialmente as classes sociais mais vulneráveis. Para superar essas dificuldades no âmbito educacional, todos esses fatores precisam ser considerados para que seja possível oferecer propostas válidas ao processo de ensino-aprendizagem.

Na matriz educacional, especialmente no ensino das Ciências da Natureza, a temática da aprendizagem significativa ganhou relevância no ERE. Além das dificuldades a serem superadas, questões acerca do Covid-19, tal como a disseminação de *fake news*, subsidiaram a investigação científica, inclusive no Ensino de Química, em um panorama pós-pandêmico (ANDRIGHETTO; SEBASTIANI, 2022). Neste cenário, Sweeder et al. (2023) observaram as mudanças refletidas durante a pandemia, trazendo uma nova visão alternativa para o ensino de química. Nesse sentido, é notório o potencial do ERE para a continuidade das ações educacionais e o avanço pedagógico na química (SWEEDER et al., 2023).

Nas práticas educativas voltadas ao Ensino de Química em tempos de pandemia, as estratégias buscaram alcançar níveis do conhecimento químico já desenvolvidos anteriormente, mas agora incorporando abordagens virtuais. Na perspectiva de virtualizar práticas didático-pedagógicas, pesquisadores do Instituto Weizmann de Ciência, em Israel, adaptaram o método de Sala de Escape (do inglês: *Escape Room*), que consiste na aplicação de jogos educacionais de Química no formato digital. Os resultados permitiram que a atualização fosse mantida além do ERE, com o intuito de promover uma aprendizagem significativa (HAIMOVICH et al., 2022).

Em outra abordagem, Muñoz (2021) destacou a importância da experimentação no Ensino de Química, especialmente no tópico de reações, como as de oxidação, propondo a elaboração de material didático-experimental em formato de vídeo pelos próprios alunos. Com o auxílio do *design* virtual, a gamificação no Ensino de Química torna-se uma ferramenta que pode ser integrada a outras práticas, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades (LEITE, 2015; SOARES, 2023; MARTINS; DA SILVA JÚNIOR, 2024).

Na realidade virtual, a linguagem dos jogos pode contribuir no aprendizado, desempenhando um papel motivador nos estudantes e possibilitando uma interação mais próxima com a ciência. Uma análise detalhada da gamificação como estratégia no processo de ensino-aprendizagem identificou que os jogos educativos despertam entusiasmo, fornecem *feedback* a respeito da aprendizagem e desenvolvem a habilidade de estabelecer metas (BAI et al., 2020).

Nesse sentido, Nenohai et al. (2022) investigaram o potencial de um jogo virtual na plataforma *Wordwall* para aplicação em um conteúdo de velocidade de reações químicas a discentes de ensino médio de uma escola na Indonésia durante o ERE. Os resultados obtidos demonstraram uma resposta positiva em relação ao conteúdo em virtude do aprendizado divertido proporcionado pelo jogo. Dentre as diversas plataformas que podem ser utilizadas para gamificação, a *Wordwall*, embora ainda pouco explorada pela comunidade científica, permite criar jogos didáticos em diferentes formatos e de forma gratuita.

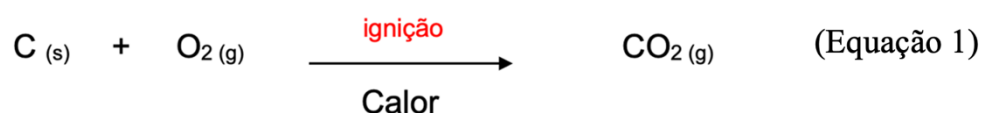
Na Educação em Química, a promoção de uma aprendizagem significativa deve ir além do nível microscópico no estudo da matéria, ampliando suas discussões para uma esfera que permita o desenvolvimento sustentável (TAVARES et al., 2022; SOUSA et al., 2020; DA SILVA JÚNIOR et al., 2022; 2023; 2024). A partir das metodologias ativas de aprendizagem, o caminho para uma educação química sustentável torna-se mais acessível (SOUZA et al., 2022; VELOZO et al., 2022; 2023; 2024). Nessa perspectiva, a temática de reações químicas, principalmente aquelas que envolvem processos não benignos ao meio ambiente e que geram contaminantes, podem ser ainda mais relevantes nos aspectos educativos para a sustentabilidade.

Diante desse contexto, este trabalho objetivou identificar os desafios e possibilidades da gamificação no Ensino de Química na modalidade remota, decorrente do Covid-19, por meio da aplicação de um jogo virtual criado na plataforma *Wordwall* sobre reações de combustão, promovendo uma discussão envolvente sobre sustentabilidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Reações de Combustão em Química Sustentável

A questão dos incêndios no Brasil é um tema atual e urgente (ANDERSON, MARCHEZINI, 2020; PIVELLO et al., 2021; TAVARES et al., 2022; NUNES et al., 2023). Em um primeiro ponto, é importante definir o que são incêndios e entender como eles acontecem. A definição mais conhecida diz que um incêndio é uma ocorrência de fogo descontrolado (PIVELLO et al., 2021). Logo, se há fogo, há liberação de calor, o que caracteriza esse evento como uma reação de combustão. O processo químico que acontece em uma queima é gerado por meio de reações de combustão (ATKINS et al., 2018; NUNES et al., 2023), conforme mostrado na Equação 1.



As reações de combustão necessitam de três componentes para que ocorram: combustível, comburente e ignição (ATKINS et al., 2018). Na Equação 1, o carbono (C) é o comburente e oxigênio (O₂), combustível. Esses três componentes formam o chamado triângulo do fogo. Assim, se algum destes componentes estiver ausente, não há reação de combustão, ou seja, não acontece a queima, sendo esse o método de conter incêndios - rompendo o triângulo do fogo (CASTRO et al., 2003).

As reações de combustão podem ainda ser classificadas em combustão completa ou incompleta, apresentando produtos característicos em cada caso (ATKINS et al., 2018). Na combustão completa sempre há liberação de dióxido de carbono (CO₂), enquanto na combustão incompleta há formação de monóxido de carbono (CO). O problema das reações de combustão é encontrado exatamente nos produtos formados, pois esses são ofensivos para o meio ambiente e a saúde humana quando gerados nas atividades humanas (NUNES et al., 2023). Esse fato ajuda a compreender o motivo das reações de combustão serem tão discutidas no contexto dos problemas ambientais, que quando associado aos incêndios causam danos à saúde humana (ANDERSON, MARCHEZINI, 2020).

Em geral, os maiores causadores das mudanças climáticas são os gases dióxido de carbono (CO₂), que é um gás de efeito estufa (GEE), e o monóxido de carbono (CO). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), esses gases atingiram os níveis de

concentração mais altos em 2 milhões de anos e o planeta Terra está 1,1 °C mais quente. Por sua vez, Xavier (2004) observa como as informações do efeito estufa são repassadas, ressaltando que é necessário maior cuidado no ensino desse fenômeno. Ao contrário do que muitos pensam, a priori, o efeito estufa não é um problema ambiental, mas é um mecanismo natural de aquecimento do planeta (JAIN, 1993; FILONCHYK et al., 2024). Contudo, as atividades humanas geram quantidades alarmantes de GEE, de modo que causam um desequilíbrio no efeito estufa, sendo essa a causa de problemas ambientais, como aquecimento global, derretimento das geleiras, enchentes, desertificações, entre outros (FILONCHYK et al., 2024).

Esses problemas ambientais têm relevância considerável na vida dos que habitam na Terra. O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (do inglês: *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*), apontou que as principais causas de mudança no clima e aquecimento do planeta estão associadas às atividades humanas (IPCC, 2023). Assim, é observado que o próprio homem destrói e sofre as consequências. Faz-se necessário ter uma visão sustentável para as atividades humanas, podendo a Educação Química contribuir no desenvolvimento sustentável.

Gamificação no Ensino de Química

A aprendizagem baseada em jogos, frequentemente chamada de gamificação no processo ensino-aprendizagem, consiste na aplicação de jogos educativos nas atividades pedagógicas (LEITE, 2015; SOARES, 2023). Inicialmente, inclusive no Ensino de Ciências, os jogos eram implementados na educação de forma física, sendo conhecidos como jogos analógicos (SOARES, 2023). Atualmente, a aplicação de jogos na educação também se dá de maneira virtual. Essa modalidade oferece benefícios econômicos e maior acessibilidade em meio digital, podendo, em geral, facilmente serem executados por professores e estudantes (MONNOT et al., 2020; DA SILVA JÚNIOR et al., 2022; SOARES, 2023; VELOZO et al., 2024). O desenvolvimento de jogos virtuais também foi acelerado pela pandemia de Covid-19, que impulsionou a adoção de práticas educativas inovadoras.

Os jogos têm aplicabilidade nas diversas áreas de ensino e podem promover habilidades recorrentes nas mais diversificadas áreas de estudo, desde as ciências políticas e sociais até as engenharias. Em relação ao ensino das Ciências Exatas e da Natureza, os jogos contribuem para a construção de habilidades de resolução de problemas e para o desenvolvimento do pensamento crítico (KALOGIANNAKIS et al., 2021). Nesse sentido, os jogos são ferramentas que podem estar associadas a outras estratégias de ensino, como a

aprendizagem baseada em problemas, podendo ser trabalhados em conjunto para validar novos métodos de ensino.

No Ensino de Química, um método de aprendizagem baseado em jogos bastante utilizado é a Sala de Escape (do inglês: *Escape Room*), em que uma das etapas do método consiste na elaboração e resolução de quebra-cabeças em salas de jogos. Todavia, as Salas de Escape foram adaptadas para o meio digital, com diversos relatos de aplicação dessa modalidade. Souza e Kasseboehmer (2022) relataram um estudo sobre a Sala de Escape Virtual aplicado a uma turma de Ensino Médio, focando no ensino de conceitos básicos de Química, como ligações químicas, pH e ácidos e bases, utilizando a plataforma *Genially* e a rede social *WhatsApp*. Houve uma fácil aceitação por parte dos estudantes pelo aprendizado, mas os autores recomendaram a verificação dos conhecimentos deles antes e após a aplicação (SOUZA; KASSEBOEHMER (2022)).

Nesse sentido, é observado a versatilidade da gamificação no Ensino de Química e as possibilidades oferecidas por esse método para o desenvolvimento de habilidades estratégicas na promoção de uma educação química sustentável. Neste contexto, o presente trabalho objetivou identificar os desafios e possibilidades da gamificação no Ensino de Química na modalidade remota, decorrente do Covid-19, por meio da aplicação de um jogo virtual criado na plataforma *Wordwall* sobre reações de combustão, promovendo uma discussão envolvente sobre sustentabilidade.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado com 19 alunos da 1ª série do Curso Técnico de Agroindústria Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), no campus Sousa, caracterizando-se como uma pesquisa de caráter qualitativo (MASSONI; MOREIRA, 2016). A particularidade desta pesquisa na área do Ensino de Química se deu na fase de coleta de dados, que ocorreu durante o ERE, em meio à pandemia do Covid-19. Nesse contexto, os dados foram coletados em três etapas distintas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Etapas de coleta dos dados no estudo de gamificação.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na primeira etapa, considerou-se importante verificar os conhecimentos prévios da turma, buscando relacionar saberes experienciais com conhecimentos científicos sobre uma temática sustentável. Para isso, foi aplicado um questionário via *Google Forms*, no qual os participantes foram questionados a respeito da veracidade do ditado popular “onde tem fumaça tem fogo” e sobre os riscos que a fumaça pode representar para a saúde e o meio ambiente. O objetivo foi investigar uma possível justificativa para a associação entre o ditado popular e os processos químicos que ocorrem na combustão, com respaldo nas reações de combustão, que seriam debatidas posteriormente. O uso desse questionário, aplicado de forma individual e anônima, teve o intuito de levantar dados para a análise qualitativa da pesquisa, valorizando o conhecimento químico dos estudantes, fundamentado em suas experiências de senso comum, e despertando o seu interesse pelo tema.

Na segunda etapa, foi possível reunir os alunos por meio da plataforma *Google Meet*. Durante a reunião, houve um diálogo a respeito das problemáticas ambientais e de saúde humana causadas pelos incêndios, além de estratégias de combate, utilizando como referência os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as reações de combustão. Nesse contexto, o tópico químico foi abordado em detalhes, com a utilização de representações moleculares tridimensionais, estabelecendo uma relação entre as estruturas componentes e os fenômenos macroscópicos, como fumaça e fogo.

Em seguida, ainda nesta segunda etapa, foi aplicado um jogo educativo desenvolvido na plataforma *Wordwall*, com seis perguntas, visando avaliar a compreensão dos estudantes sobre o conteúdo. Esse recurso lúdico tinha um formato de labirinto, onde o jogador deveria se deslocar até a resposta correta, evitando ser alcançado pelos inimigos; para cada resposta correta foi atribuída alguma pontuação, incentivando a competição e proporcionando uma experiência de aprendizado e diversão.

Por fim, na terceira e última etapa, foi aplicado um questionário, em escala *Likert*, a fim de avaliar o nível de satisfação dos participantes com o método. O questionário consistiu em cinco assertivas, cada uma com cinco opções de resposta, representando diferentes níveis de concordância, de acordo com o modelo da escala *Likert* (LIMA et al., 2021). Por meio dessa escala psicométrica foi possível quantificar estatisticamente o grau de satisfação do público, calculando o ranking médio para cada assertiva, conforme demonstrado na Equação 2.

$$RM = \frac{\sum Fi \cdot Vi}{NT}$$

RM = Ranking Médio
Fi = Frequência por item
Vi = Valor de cada resposta
NT = Número total de indivíduos

(Equação 2)

O cálculo realizado representa uma média ponderada, em que se multiplicou o peso (1 a 5) de cada tipo de resposta obtida pela frequência de estudantes que escolheram essa opção. Em seguida, foi feito um somatório de todos os resultados obtidos para cada resposta e dividiu-se pelo total de discentes que participaram. Esse procedimento foi repetido para cada assertiva, o que permitiu uma análise psicométrica do método.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Questionando o Senso-Comum

Na ideia de pensar o processo cognitivo do aluno enquanto um ser social com uma vivência histórico-cultural, de acordo com Vygotsky, é proposto por Núñez e Ramalho (2020) que o processo de ensino-aprendizagem possa considerar os saberes da experiência do sujeito. Nessa perspectiva, buscou-se investigar os conhecimentos do senso-comum relacionando a ciência a partir de um ditado popular, “onde tem fumaça tem fogo”. Dessa forma, foi previamente perguntado aos estudantes acerca da veracidade dessa informação pensando cientificamente.

O percentual de respostas para verdadeiro, falso ou que não sabia foram iguais, 33,3%. De modo que, os que informaram ser falsa, disseram que poderia haver outras fontes de fumaça, mas não citaram essas fontes; os que afirmaram ser verdadeira, não conseguiram sintetizar a relação científica, citando apenas que “a combustão gera fumaça” e que “mesmo que tenha um pouco de brasa ainda há fogo”, que são informações prévias. Nesse sentido, reconhecer os saberes prévios dos estudantes e relacionar aos termos científicos torna possível a abrangência do nível macroscópico do conhecimento químico (MAHAFFY, 2004).

Buscou-se ainda analisar, o conhecimento que os alunos tinham acerca de problemas ambientais gerados por incêndios, ou até mesmo se pensariam que os incêndios não causam impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Não obstante, todos responderam assertivamente a despeito dos problemas ambientais ocasionados pelos incêndios, desde relacionados ao meio ambiente, quanto à saúde humana. Entretanto, não foram apresentadas vantagens, pelo contrário, foram citados os mais diversos problemas. Dentre os problemas referentes à saúde humana, os mais repetidos foram os problemas respiratórios; dentre os referentes ao meio ambiente, foram mencionados o aquecimento global, o desmatamento, o efeito estufa e a perda das biodiversidades. Os problemas foram mencionados, mas não houve um aprofundamento químico a respeito de como acontecem esses fenômenos, necessitando de um aprofundamento didático-científico posterior, o que ocorreu na aula gamificada.

Aula Gamificada no Ensino de Química

Em uma abordagem com jogos digitais, inicialmente foi crucial a discussão sobre as temáticas ambientais, de maneira que fosse possível apresentar aos alunos a importância do estudo das reações químicas, em especial as reações de combustão. Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta que competências que envolvem o meio ambiente e saúde devem ser ensinadas durante o Ensino Fundamental, percorrendo também o Ensino Médio nas competências e habilidades de ciências da natureza (BRASIL, 2018). Justifica-se, assim, a necessidade de realizar estudos com essa visão, que possam suprir a carência dessas habilidades necessárias para garantir um desenvolvimento sustentável.

Desta forma, foi dialogado com os estudantes sobre esses caminhos, em especial sobre o 13º ODS, que apresenta ações contra a mudança global do clima. Alguns estudantes já conheciam o tema, mas, em geral, desconheciam sua relação com as reações de combustão. Essas reações foram apresentadas de maneira esquemática, por meio de modelagem molecular representativa, preenchendo o nível simbólico do conhecimento químico (JOHNSTONE, 1993; MAHAFFY, 2004; DA SILVA JÚNIOR et al., 2024).

A avaliação dos conhecimentos, juntamente com as observações feitas durante as discussões dos conteúdos temáticos, ocorreu por meio da aplicação de um jogo virtual na plataforma *Wordwall*. Esse jogo educativo foi acessado pelos estudantes por meio de um *link* disponibilizado, o que permitiu fácil acesso, inclusive por *smartphones* com acesso à *internet*. As instruções do jogo digital foram apresentadas previamente, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Design do tabuleiro do jogo digital no Wordwall.



Fonte: Autoria Própria (2024)

O professor teve controle sobre todos os fatores no jogo, desde as perguntas e alternativas até a quantidade de vidas, o tempo disponível, os inimigos e o cenário do labirinto, o que permite um ajuste do nível do jogo digital. As ações de controle do professor na elaboração desse recurso lúdico podem ser pensadas para a construção de habilidades além do domínio do conhecimento químico (LEITE, 2015; SOARES, 2023; VELOZO et al., 2024).

Em relação ao desempenho do aluno-jogador, esse dependeu do domínio do conteúdo e das estratégias adotadas no jogo. Como regra, o aluno deveria evitar ser atingido pelos inimigos, pois, caso isso acontecesse, ele perderia uma das 7 vidas e precisaria reiniciar o percurso a partir do centro do labirinto até acertar a resposta. O aluno-jogador também precisava responder todas as questões dentro do tempo estabelecido de 10 minutos. Ao escolher uma alternativa incorreta, um aviso de “ERRO” aparecia na tela, seguido automaticamente da resposta correta, e o aluno-jogador perderia uma vida, tendo uma nova chance de acerto na próxima pergunta.

O docente pode definir a ordem das perguntas para todos os participantes, conforme foi feito neste trabalho, ou apresentá-las embaralhadas. No Quadro 1, observamos as perguntas utilizadas no jogo digital.

Nº da questão	Perguntas
Q1	O que compõe uma equação química genérica na respectiva ordem?
Q2	Quais os fatores necessários para que ocorra uma reação de combustão?

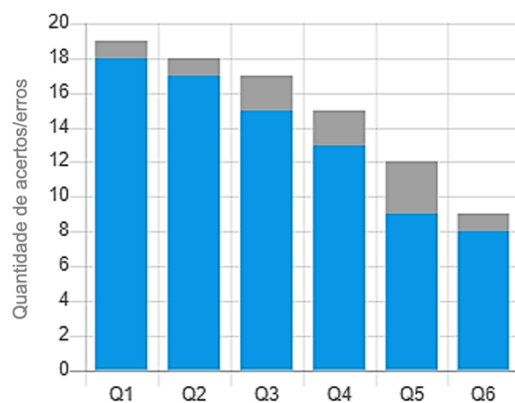
Q3	Qual(is) o(s) produto(s) de uma reação de combustão?
Q4	Qual o estado físico do fogo?
Q5	Quais desses são exemplos de uma reação de combustão?
Q6	Quais os gases de efeito estufa?

Quadro 1 - Perguntas no jogo digital.

Fonte: Autoria Própria (2024)

É notório que as perguntas foram elaboradas de maneira objetiva buscando verificar o aprendizado dos estudantes, visto que todas essas temáticas foram discutidas em aula remota, com auxílio do *Google Meet* e do *Wordwall*. Ademais, destaca-se que esses conceitos, como reação de combustão e estados físicos da matéria, estavam alinhados com o plano de ensino da disciplina de Química. Neste contexto, infere-se que jogos educativos são recursos com potencial de se abordar diferentes conteúdos já previstos nos currículos da escola (KISHIMOTO, 2016; SOARES, 2023; VELOZO et al, 2024). No Gráfico 1, observamos a quantidade de acertos (azul) e erros (cinza) para cada questão.

Gráfico 1 - Quantidade de acertos (azul) e erros (cinza) por questões do jogo digital.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Os resultados revelam um bom entendimento dos estudantes sobre os conceitos químicos abordados na pesquisa. A maioria (94,7%) acertou a composição de uma equação química genérica (Q1), demonstrando familiaridade com a estrutura e a ordem dos elementos que a constituem. No entanto, nas questões sobre combustão, houve um leve declínio no desempenho: 89,4% identificaram corretamente os fatores necessários para a reação (Q2), e 79% indicaram seus produtos (Q3). A diminuição nos acertos e o aumento nas respostas em branco sugerem lacunas em tópicos mais específicos, indicando que, embora os alunos

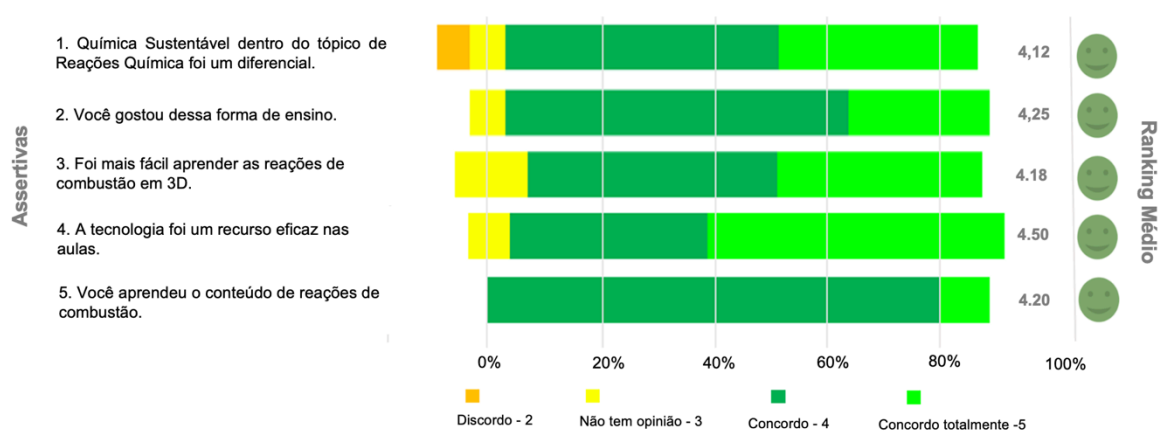
tenham assimilado bem os conceitos iniciais, houve dificuldades na aplicação mais aprofundada do conhecimento, como sugerem Velozo et al. (2024) ao discutir a necessidade de estratégias que fortaleçam a transição entre compreensão conceitual básica e aplicada.

Além disso, essa tendência de diminuição da quantidade de acertos conforme o número de questões aumenta também se justifica pela diminuição na quantidade de questões respondidas em virtude da dinâmica do jogo. Esse fator pode estar associado às dificuldades do jogo, como tempo e vidas disponíveis, o que impactou jogadores com domínio do conteúdo nas primeiras questões, mas que não conseguiram manter um bom desempenho devido às regras do jogo. Segundo Bai et al. (2020), esse é um fator limitante na gamificação, pois em alguns casos requer sorte e em outros técnicas do jogador, sendo necessário que o professor fique atento para esses ajustes. No jogo digital aplicado, o professor também poderia avaliar cada aluno individualmente com base nas suas respostas. Os discentes competiam entre si pela pontuação final, obtida pela maior quantidade de acertos em menor tempo, promovendo diversão na educação química sustentável.

Psicometria do Método

A fim de avaliar o método aplicado, utilizando um questionário em escala *Likert*, foi possível verificar o nível de satisfação do público-alvo da pesquisa. Assim, foi calculado um *ranking* médio para cada assertiva, sintetizado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Avaliação final da turma em escala *Likert*.



Fonte: Autoria Própria (2024).

A escala *Likert*, utilizada no Gráfico 2, foi dividida em 5 níveis de concordância: Discordo Totalmente (DT) = 1, Discordo (D) = 2, Não tem Opinião (NO) = 3, Concordo (C) = 4, e Concordo totalmente (CT) = 5. Assim, os discentes poderiam responder cada assertiva com “resposta negativas” (DT e D), “resposta neutra” (NO) e “respostas positivas” (C e CT).

No Gráfico 2, as barras posicionadas antes do 0%, representando o percentual de respostas discordantes. As barras ao redor de 0%, indicam que o percentual de respostas neutras, e as barras após o 0% mostram o percentual de respostas concordantes. As barras crescem em função da quantidade de alunos que apresentaram tal resposta e são identificadas por cores. As cores estabelecidas fazem parte do padrão da escala *Likert*. Desta forma, observa-se que foi gerado um *ranking* médio referente a cada assertiva, com todas as assertivas apresentando um *ranking* médio de concordância. A explicação desse cálculo foi apresentada na seção de metodologia deste trabalho.

Na análise da aplicação de um método de ensino, avaliar o grau de satisfação dos participantes é tão importante quanto verificar a aprendizagem dos conteúdos. Nessa perspectiva, foram incluídas assertivas sobre a satisfação com a forma de ensino e sobre o aprendizado do conteúdo de reações químicas. Desse modo, as assertivas obtiveram *ranking* médio aproximados, no qual a maior parte dos discentes marcaram concordar para ambas assertivas, destacando que apenas 6% dos alunos marcaram “resposta neutra” acerca da satisfação com a forma de ensino. O resultado sugere que sequências didáticas como essas, em que os alunos aprendem de forma lúdica, devem ser reforçadas no Ensino Médio.

Por fim, uma discussão importante que pode ser iniciada a partir da psicometria *Likert* é sobre o uso de tecnologias no Ensino de Química (LEITE, 2015; SOARES, 2023). Nesse aspecto, os alunos foram questionados sobre a facilidade de aprender reações de combustão quando apresentadas de forma tridimensional, e a maioria concordou com essa afirmativa. Essa representação foi realizada por meio de um *software*, com o objetivo de desenvolver o nível microscópico do conhecimento químico, proposto por Johnstone (1993).

No contexto do uso de tecnologias no Ensino de Química, os alunos também foram questionados sobre a eficácia dos recursos tecnológicos utilizados nas aulas; pouco mais da metade respondeu “concordo totalmente”, apenas 6% marcaram “Não tenho opinião”, e o restante indicou concordância. Desse modo, um fator que impulsionou o uso eficaz dos aparatos tecnológicos na aplicação dessa sequência didática foi o ERE, que trouxe desafios, mas também abriu novas oportunidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios na implementação da gamificação no Ensino de Química, tanto na modalidade remota quanto presencial, tornam-se menores diante das amplas possibilidades que essa estratégia oferece para uma Educação Sustentável (ROMÃO, DA SILVA JÚNIOR, 2022). Este estudo alcançou seu objetivo de identificar os desafios e possibilidades da gamificação no Ensino de Química na modalidade remota, decorrente da pandemia de Covid-19, por meio da aplicação de um jogo virtual desenvolvido na plataforma *Wordwall* sobre reações de combustão. A atividade não apenas promoveu uma discussão envolvente sobre essa temática, mas também reforçou o potencial da gamificação em transformar o conhecimento científico em algo significativo por meio de experiências lúdicas e interativas.

Além disso, o estudo destacou a importância dos saberes experienciais na formação cidadã e direcionou a avaliação do método para os próprios sujeitos da aprendizagem. Ao adotar abordagens centradas no estudante, foi possível abranger diferentes níveis do conhecimento químico e promover uma aprendizagem mais envolvente. Essas práticas contribuem para uma Educação mais sustentável, integrando aspectos lúdicos e pedagógicos que favorecem a formação de indivíduos críticos e participativos.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L.; MARCHEZINI, V. Mudanças na exposição da população à fumaça gerada por incêndios florestais na Amazônia: o que dizem os dados sobre desastres e qualidade do ar? **Saúde Debate**, v. 44, n. 7, p. 284-302, 2020.
- ANDRIGHETTO, R.; SEBASTIANI, V. G. The Heterocycles of the Context of COVID-19 (Part 2): Contribution of Junior Scientific Initiation for the Process of (Re)signifying Chemical Concepts. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 4, p. 737-744, 2022.
- ATKINS, P. et al. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BABINČÁKOVÁ, M.; BERNARD, P. Evolution after the Revolution: How Classical and Online School Chemistry Teaching Has Changed during the COVID-19 Pandemic? **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 3, p. 963-972, 12 mar. 2024.
- BAI, S.; HEW, K. F.; HUANG, B. Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. **Educational Research Review**, v. 30, p. 100322, jun. 2020.
- BRASIL (Org.). **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Fundação Carlos Alberto Vanzolini, 2018.
- CASTRO, C. F. et al. **Combate a incêndios florestais**. 2. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2003.

Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 28 out. 2024.

DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Challenges and successes: online and inclusive teaching of green chemistry in Brazil in the time of Covid-19. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 12, p. 106–118, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss12.4012>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Desenvolvimento Sustentável e Curricularização da Extensão: Impactos de uma Ação Extensionista Virtual em Química durante a Pandemia do COVID-19. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e6811729616, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29616>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Educação ambiental em tempos de pandemia: produção e validação de materiais didáticos acessíveis para alunos surdos. **Conjecturas**, v. 22, n. 12, p. 957-967, 2022.

DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Química Verde e a Tabela Periódica de Anastas e Zimmerman: Tradução e Alinhamentos com o Desenvolvimento Sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 1010–1019, 2022. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170893>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. The Role of the Periodic Table of the Elements of Green and Sustainable Chemistry in a High School Educational Context. **Sustainability**, v. 16, n. 6, p. 2504, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16062504>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. *et al.* Green Chemistry for All: Three Principles of Inclusive Green and Sustainable Chemistry Education. **Pure and Applied Chemistry**, no prelo, 2024. <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0245>

DEMESHKANT, N. et al. School Sustainability and School Leadership during Crisis Remote Education: Polish and German Experience. **Computers in the Schools**, v. 39, n. 2, p. 120–136, 3 abr. 2022.

DEMIR, B. et al. Teachers' Attitudes and Opinions On Mathematics Lessons Conducted With Distance Education Due To Covid-19 Pandemic. **Turkish Online Journal of Distance Education**, v.22, n.4, p. 147–163, 30 set. 2021.

FILONCHYK, M. Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, and N₂O. **Science of The Total Environment**, v. 935, n. 7, p. 1230-1245, 2024.

HAIMOVICH, I. et al. “The Masked Scientist”: Designing a Virtual Chemical Escape Room. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 10, p. 3502–3509, 11 out. 2022.

JAIN, P. C. Greenhouse effect and climate change: scientific basis and overview. **Renewable Energy**, v. 3, n.4, p. 403-420, 1993.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701, 1993.

KALOGIANNAKIS, M. et al. Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. **Education Sciences**, v. 11, n. 1, p. 22, 6 jan. 2021.

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LEITE, B. S. **Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente**. 1ª ed. ed. Curitiba: Appris, 2015.

LIMA, F. R. G. et al. Utilização de Experimentos Investigativos para a Identificação de Competências e Habilidades em Alunos de uma Escola de Ensino Médio do Estado do Ceará. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 3, p. 799–811, 2021.

MAHAFFY, P. The future shape of chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 229-245, 2004.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **Pesquisa Qualitativa Em Educação Em Ciências: Projetos, Entrevistas, Questionários, Teoria, Redação Científica**, 1ª ed.; São Paulo: Livraria da Física, 2016.

MARTINS, J. M.; DA SILVA JÚNIOR, C. A. Gamification in Green and Sustainable Chemistry Education - a brief review. In: VI Congresso Online Nacional de Química, 2024. Anais [...]. Disponível em: <https://doi.org/10.54265/XEPG2810>, Acesso: 30 out. 2024.

MONNOT, M. et al. New approaches to adapt escape game activities to large audience in chemical engineering: Numeric supports and students' participation. **Education for Chemical Engineers**, v. 32, p. 50–58, jul. 2020.

MUÑOZ, J. P. Aprendiendo reacciones químicas en tiempos de pandemia. **Educación Química**, v. 32, n. 5, p. 74, 4 out. 2021.

NENOHAI, J. A. et al. Development of Gamification-Based Wordwall Game Platform on Reaction Rate Materials. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 14, p. 116–122, 2022.

NUNES, R. S. C. et al. Fires in Brazilian Biomes, **Mercator**, v. 22, p 1-13, 2023.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. Aprendizagem, desenvolvimento profissional e personalidade docente: contribuições do enfoque histórico-cultural. **Educação em Perspectiva**, v. 11, p. e020008, 10 jul. 2020.

PIVELLO, V. R. et al. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies, **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n.3, p. 233-255, 2021.

O QUE SÃO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS? | AS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. 2022. **ONU**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-sao-mudancas-climaticas>, <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-sao-mudancas-climaticas>. Acesso em: 28 out. 2024.

ROMÃO, K. H. O.; DA SILVA JÚNIOR, C. A. Instagram como ferramenta na divulgação científica e extensão universitária. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 3, 2022.

<https://doi.org/10.34119/bjhrv5n3-226>

SOARES, M. H. F. B. **Jogos e Atividades Lúdicas para o Ensino de Química**. 2ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023.

SOUSA, A. C. et al. **Química Verde para a Sustentabilidade: natureza, objetivos e aplicação prática**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2020.

SOUZA, N. S. et al. Inclusive Teaching in Organic Chemistry: A Visual Approach in the Time of COVID-19 for Deaf Students. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 1, p. 290–306, 2022. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss1.3618>

SOUZA, R. T. M. P.; KASSEBOEHMER, A. C. The Thalidomide Mystery: A Digital Escape Room Using Genially and WhatsApp for High School Students. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 2, p. 1132–1139, 8 fev. 2022.

SWEEDER, R. D. et al. Chemistry Education Research at a Crossroads: Where Do We Need to Go Now? **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 5, p. 1710–1715, 2023.

TAVARES, M. J. F. et al. Importância Do Ano Internacional Das Ciências Básicas Para o Desenvolvimento Sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, 11243–11258, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-185>

TAVARES, M. J. F. et al. Educação Inclusiva No Ensino Remoto Emergencial. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e15911225521, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25521>

VELOZO, M. C. S. et al. An inclusive approach to incorporating green chemistry in a post-pandemic world. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 12, p. 140–153, 2022. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss12.4017>

VELOZO, M. C. S. et al. Creation and Validation of Bilingual Educational Videos about Environmental Education, Green Chemistry and Sustainable Development Goals for Deaf People in Brazil. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 11, n. 1, p. 46–62, 2023. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol11.iss1.4043>

VELOZO, M. C. S. et al. Rota Verde: um jogo educativo e potencialmente inclusivo para o ensino de Química Verde para surdos. **Química Nova na Escola**, no prelo, 2024. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160386>

XAVIER, M. E. R. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 325–349, 2004.