



## Mandacaru Radioativa: Desenvolvimento de uma Atividade Gamificada para o Ensino de Química\*

Mandacaru Radioativa: Development of a Gamified Activity for Chemistry Teaching

Alane Conceição Leite e Silva<sup>1</sup>  
Bruno Silva Leite<sup>2</sup>

### Resumo

Promover ações que engajem os estudantes na construção de seu conhecimento em Química, por vezes tem sido um dos maiores desafios para alguns professores. Uma das alternativas que tem se destacado nos processos educacionais é a Gamificação. Nesta pesquisa apresenta-se a construção e aplicação de uma atividade gamificada (AG) para o ensino do conteúdo de radioatividade contextualizado com o intuito de analisar se uma AG pode contribuir para o Ensino de Química Nuclear. Para isso, a pesquisa foi realizada em três etapas: i) revisão bibliográfica sobre a gamificação no Ensino de Química nos artigos de revistas com Qualis A e B em Ensino no período de 2013 a 2016; ii) desenvolvimento de uma AG envolvendo o conteúdo de radioatividade; iii) aplicação da AG. Os resultados, da pesquisa qualitativa, mostraram que somente oito artigos discutiam sobre gamificação no Ensino de Química, e que apenas um artigo envolvia o conteúdo da radioatividade e gamificação. Com os dados da revisão foi possível identificar quais elementos dos games estavam mais presentes nos estudos, contribuindo para a elaboração da AG “Mandacaru Radioativa” que tem como objetivo propiciar a construção do conhecimento químico sobre radioatividade. Com relação à Mandacaru Radioativa, também foi realizada, de forma propedêutica, uma avaliação da atividade identificando suas contribuições para os processos de ensino e de aprendizagem da Radioatividade e sua aproximação com os pressupostos da Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA).

**Palavras-chave:** Gamificação. Ensino de Química. Radioatividade. Metodologias ativas.

\*Submetido em 01/09/2022 - Aceito em 06/04/2023

<sup>1</sup>Licenciada em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil – E-mail: alane-leite07@gmail.com.

<sup>2</sup>Doutor em Química, Docente na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Educação, Brasil – E-mail: brunoleite@ufrpe.br.

### Abstract

Chemistry has sometimes been one of the biggest challenges for some teachers. One of the alternatives that have stood out in educational processes is Gamification. This study presents the construction and application of a gamified activity (GA) for teaching contextualized radioactivity content. The research was developed in three stages: i) a bibliographical review on gamification in Chemistry Teaching in articles published in journals with Qualis A and B (CAPES Teaching area) from 2013 to 2016; ii) development of a GA involving radioactivity; iii) application of the GA. As the research was qualitative, the results showed that only eight articles discussed gamification in Chemistry Teaching and that only one article involved the content of radioactivity and gamification. With the data from the review, it was possible to identify which elements of the games were more present in the studies, contributing to the elaboration of the GA “Mandacaru Radioativa” to provide the construction of chemical knowledge about radioactivity. Concerning Mandacaru Radioativa, an evaluation of the activity was also carried out, preliminarily, identifying its contributions to the teaching and learning processes of Radioactivity and its approximation with the assumptions by Active Technological Learning (ATA).

**Keywords:** Gamification. Chemistry teaching. Radioactivity. Active methodologies.

## 1 INTRODUÇÃO

A Química, na maioria dos casos, é vista como uma disciplina difícil pelos estudantes (SOUZA; LEITE; LEITE, 2015), principalmente quando relacionada ao método de ensino tradicional, em que as relações entre professor e estudantes são “fundamentalmente narradoras, dissertadoras” (FREIRE, 2006, p. 61), tendo o professor como único detentor do conhecimento e o estudante, aquele que apenas deve receber a instrução. É notável “que uma das práticas mais comuns no ensino de Química tem sido aquela em que o professor apresenta definições e exemplos, seguidos de exercícios para a fixação do conteúdo” (LEITE, 2020, p. 147). Esse tipo de prática é baseada na utilização (quase exclusiva) de fórmulas, regras e nomenclaturas, que são consideradas de difícil compreensão entre os discentes, e acaba ocasionando sua desmotivação aos estudos.

Segundo Silva, Campos e Almeida (2013), a Química Nuclear, por exemplo, é uma das áreas da Química que é menos abordada nos processos de ensino e aprendizagem, principalmente no Ensino Médio. Ainda hoje, o conteúdo de radioatividade é apresentado aos estudantes de forma superficial, e por vezes, essa superficialidade não facilita o entendimento do assunto pelo estudante.

Por outro lado, com o desenvolvimento das tecnologias digitais, observa-se que as salas de aulas, em alguns casos, tomaram novos rumos, originando mudanças significativas no ensino. Com elas é possível que o estudante seja protagonista no processo de construção de seu conhecimento, sendo o professor o responsável por mediar este processo (SOARES, 2020). Para Silva *et al.* (2018, p. 781) um dos “desafios para a educação contemporânea é integrar os recursos tecnológicos ao contexto escolar: currículo, ensino, aprendizagem e avaliação”. Assim, vale salientar que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) utilizadas na educação separadamente não são consideradas novas práticas pedagógicas, pelo contrário, se não utilizadas de forma correta não irão produzir nada novo no processo de ensino e aprendizagem (LEITE, 2022). E, tendo isso em vista, o desenvolvimento de recursos didáticos digitais com novas metodologias pedagógicas são fundamentais para uma aprendizagem efetiva.

É nesse sentido que as tecnologias ligadas às metodologias ativas podem trazer mudanças relevantes no meio educacional. Segundo Leite (2022), a relação entre o uso de metodologias ativas com tecnologias digitais é explicada pelo modelo da ATA, ao inferir que o estudante tenha total controle sob seu aprendizado, sendo protagonista do processo, paralelamente o professor passa a ser seu mediador/orientador, sendo ele (co)responsável pela escolha da utilização dos recursos digitais. Assim, a utilização de metodologias ativas juntamente com tecnologias adequadas favorece maior participação dos estudantes e dos professores.

As metodologias ativas normalmente são norteadas por métodos inovadores, e que trazem resultados significativos na educação (PAIVA *et al.*, 2016; LEITE, 2022). Dentre as diversas metodologias ativas que podem ser utilizadas com as tecnologias digitais, as mais conhecidas são: sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em

projetos, instrução por pares, *design thinking*, aprendizagem baseada em <sup>3</sup>games e gamificação.

A gamificação, objeto de estudo desta pesquisa pode ser classificada como uma metodologia ativa que chama a atenção dos estudantes, no sentido de motivá-los para que eles possam se sentirem interessados no conteúdo da aula. Dessa forma, “quando se fala em gamificar a aprendizagem, busca-se incorporar elementos presentes nos jogos em uma dinâmica na sala de aula, com a participação ativa do aluno, proporcionando o desenvolvimento de determinadas habilidades e comportamentos” (LEITE, 2017, p. 3). Para isso, “uma atividade gamificada precisa ter no mínimo três elementos inseridos no seu contexto” (OLIVEIRA; LEITE, 2021, p. 282). Dentre esses elementos temos como exemplo as “regras, feedback, metas, pontuações, medalhas, rankings, entre outros” (LEITE, 2020, p. 149). Destarte, a inserção da gamificação nos processos de ensino e aprendizagem tem seu valor, e pode ser uma maneira de engajar os estudantes na aprendizagem de algum conteúdo disciplinar, no nosso caso, no ensino da Radioatividade.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo apresentar uma proposta para o ensino de Química Nuclear através da gamificação e responder a seguinte pergunta: uma AG (baseada na Radioatividade) pode contribuir para o Ensino de Química Nuclear? Para isso, foi desenvolvida na plataforma Google Forms uma atividade gamificada tendo como conteúdo principal a radioatividade. Esse conteúdo foi inserido na atividade gamificada de forma contextualizada a partir de acidentes radioativos já ocorridos no Brasil e no mundo.

## 2 A GAMIFICAÇÃO COMO METODOLOGIA ATIVA POR MEIO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

### 2.1 Tecnologias digitais e metodologias ativas: em direção a uma aprendizagem tecnológica ativa

O fato de que as tecnologias digitais têm se desenvolvido dia após dia vem se consolidando. Mas, além disso, sua incorporação na educação vem trazendo mudanças e resultados consideráveis, com o intuito de facilitar o processo educacional (LEITE, 2022). Isso tem sido possível porque os estudantes da atualidade pensam e processam as informações de forma distinta, pois utilizam-se de tecnologias que são diferentes das gerações passadas, possibilitando um maior conhecimento e proximidade de seu cotidiano (LEÃO; REHFELDT; MARCHI, 2013; SILVA, 2017; SILVA *et al.*, 2018).

À vista disso, o estudante precisa de um ambiente adequado para o uso dessas tecnologias e que o professor esteja apto ao uso das metodologias, principalmente ativas, para que seja possível que o aluno se sinta motivado ao aprender (SILVA *et al.*, 2018). Algumas pesquisas têm sido realizadas no intuito de apresentar metodologias que busquem promover um ensino centralizado no estudante (SILVA *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2022). Esses tipos de

<sup>3</sup>Neste trabalho, a palavra games ser á considerada como sinônimo para jogos digitais.

metodologias promovem a valorização de um aluno participativo e crítico dentro da sociedade, e são chamadas de metodologias ativas porque visam um sistema de aprendizagem em que os discentes se tornem autônomos e protagonistas de seus conhecimentos (LEITE, 2022).

Dessa forma, a escola passa a ser um espaço de ensino e aprendizagem prazeroso, motivador e ao mesmo tempo desafiador, em que o aprender e o descobrir são espontâneos, para que o estudante tenha resultado na construção de seu próprio aprendizado, sendo ele o foco de toda sua ação educativa (SALES *et al.*, 2017) “Sendo assim, o uso de diferentes recursos pedagógicos e de novas estratégias de ensino emerge com o objetivo de reduzir cada vez mais o distanciamento entre discente e docente” (SALES *et al.*, 2017, p. 46).

A interligação entre as tecnologias digitais e as metodologias ativas é proposta por LEITE (2022) pelo modelo da ATA. Para o autor, essa aprendizagem é representada pela incorporação das tecnologias digitais às metodologias ativas, tendo em vista o desenvolvimento do aprendizado do aluno de forma independente, promovendo sua autonomia e comprometimento direto com seus resultados (LEITE, 2018). Esse modelo visa “promover uma escola atrativa, reflexiva e humanista, capaz de construir novas atitudes, ações e colaboração entre os estudantes” (ALVES; RIBEIRO, 2020, p. 306), além de uma aprendizagem significativa que o aluno atua como diretamente ativo na construção de seu saber (ALVES; RIBEIRO, 2020).

Para Leite (2018) o modelo ATA é firmado em cinco pilares fundamentais para uma aprendizagem efetiva, sendo eles: papel do docente; protagonismo do aluno; suporte das tecnologias; aprendizagem; avaliação.

Resumidamente, o papel do docente na ATA é de mediar os processos de ensino aprendizagem, ele passa a supervisionar, acompanhar e guiar o estudante durante o processo, deixando de atuar como detentor do conhecimento (LEITE, 2018). Já o estudante passa a ser o centro do processo, rompendo com o ensino tradicional, e possibilitando assim o protagonismo do aluno. Assim, sua autonomia se faz mais presente, fazendo com que ele participe ativamente, realizando determinadas tarefas sozinho, e colocando a obtenção de seu conhecimento em prática (LEITE, 2018).

O suporte das tecnologias é indispensável neste modelo, visto que, a escolha das tecnologias adequadas para serem utilizadas é de significativa importância, além disso é papel do docente realizar essa escolha de maneira correta, mas também do aluno, em caso de possível escolha e, vale ressaltar, que, não existe um único recurso tecnológico (LEITE, 2018).

A aprendizagem no modelo ATA não ocorre de uma única maneira, existem diferentes possibilidades que auxiliam no desenvolvimento do aluno. Leite (2018, p. 591) cita três possibilidades de aprendizagem:

Aprendizagem individual (aquela que o aluno aprende de forma autônoma e pessoal), Aprendizagem colaborativa (em que favorece a colaboração entre pares, atingindo um determinado objetivo), Aprendizagem Social (em que o aluno aprende pela observação dos outros) e Aprendizagem Ubíqua (o aluno tem seu aprendizado ocorrendo a qualquer momento e em qualquer lugar), todas centradas no aluno (LEITE, 2018, p. 591)

A avaliação também é possibilitada a partir de diferentes maneiras, como por exemplo:

“diagnóstica, formativa, somativa, autoavaliação, classificatória etc.” (LEITE, 2020, p. 8). Na ATA ela “consiste em refletir, requer analisar seus resultados e tomar decisões em relação ao que fazer para que os alunos superem as suas dificuldades e avancem” (LEITE, 2018, p. 584).

Desse modo, estes pilares sintetizam a forma de como a ATA é organizada, e como podem promover mudanças consideráveis entre as relações professor-aluno. Verifica-se que quando o professor utiliza as tecnologias digitais incorporadas às metodologias ativas com seus estudantes, ele pode ensinar esses a selecionarem, analisarem, criticarem, compararem, avaliarem, sintetizarem, comunicarem e informarem, e estas são ações que possibilitam a promoção de uma aprendizagem tecnológica ativa na educação (LEITE, 2022).

## 2.2 Gamificação: uma metodologia ativa para modificação do cenário educacional

Os games foram criados inicialmente para o entretenimento de quem os utilizassem, acabaram tomando forma no Brasil principalmente por chamar a atenção das pessoas, e devido a sua capacidade de atrair e reter atenção, começaram a ser estudadas as possibilidades dos games serem usados como ferramentas nos processos de ensino e aprendizagem (SALES *et al.*, 2017). Uma das formas de relacionar os games com a aprendizagem é utilizar-se de uma metodologia ativa que compreende em implementar elementos de jogos digitais em atividades que não são jogos, a chamada gamificação (LEITE, 2017; ARAÚJO; CARVALHO, 2018; CLEOPHAS, 2020). A gamificação, Fardo (2013), é derivada diretamente da popularização e popularidade dos games, e tem se desenvolvido gradativamente nos últimos anos com relação ao meio educacional. Para Cardoso e colaboradores (2020), embora a gamificação se assemelhe aos games, uma das principais diferenças observadas é a ausência da jogabilidade, uma vez que na gamificação todo o processo é levado em consideração. Segundo Nascimento *et al.* (2022) a gamificação

não trata apenas da aplicação de jogos eletrônicos em sala para a diversificação das aulas com momentos de descontração. Pelo contrário, a utilização desse recurso como estratégia pedagógica implica no desenvolvimento do raciocínio e agilidade do aluno nas ações propostas que simulam um problema real a ser desenvolvido, estimulando a autonomia e o poder de decisões (NASCI-MENTO *et al.*, 2022, p. 82).

A gamificação é utilizada com o intuito de motivar a participação dos estudantes, envolvendo -os, possibilitando características/sentimentos, e um maior engajamento com concentração durante a realização de uma AG (LEITE, 2020; COSTA *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2021). O desafio do professor então passa a ser o progresso da turma através da motivação, despertando o interesse dos educandos e aumentando seus interesses no aprendizado (LEITE, 2017; SANTOS; JANKE; STRACKE, 2020; LOPES *et al.*, 2021).

Dessa forma, para gamificar o processo de aprendizagem é necessário incorporar às atividades relativas dos alunos elementos presentes na estrutura dos games, sendo eles: dinâmicas, mecânicas e componentes (técnicas) (LEITE, 2017; ROCHA; NETO, 2021). Esses elementos

são apresentados como características dos games a partir dos objetivos, das regras, do feedback imediato, das metas, dos desafios, das pontuações, da premiação, dos rankings, do dinamismo entre outros aspectos (LEITE, 2020; CARDOSO *et al.*, 2020; ROCHA; NETO, 2021). Em vista disso, os “pontos, níveis e ranking estão diretamente relacionados com a obtenção de status” (COSTA *et al.*, 2020, p. 426), o que favorece o engajamento. Já os desafios e regras serão os guias do participante para conseguir realizar a atividade gamificada (COSTA *et al.*, 2020). À vista disso, recorrer ao uso destes elementos em uma atividade possui grande influência sobre os participantes pois possibilita a inserção de contextos reais sem que seja necessária a criação de um jogo concreto (ARAÚJO; CARVALHO, 2018). E, implica que, esses elementos estejam interconectados, podendo ser utilizado desde um número reduzido, até um número maior, possibilitando a produção de uma experiência próxima, mas não igual, a de um game completo (FARDO, 2013).

Ao gamificar uma atividade é possível contribuir com o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes, tanto nos aspectos cognitivos, como a lógica, quanto nas emocionais, como a criatividade (NASCIMENTO *et al.*, 2022). A gamificação quando inserida no contexto educacional “pode ser utilizada para propiciar o ensino de conteúdos complexos, com seriedade, ao permitir uma maior interação dos estudantes, contribuindo para a formação destes alunos” (CARDOSO; MESSEDER, 2021, p. 677). Logo, “a gamificação tem potencial pedagógico por se aproximar da realidade dos alunos” (CARDOSO; MESSEDER, 2021, p. 677). E, no Ensino de Química não seria diferente. De acordo com Leite (2020, p. 149) “atividades gamificadas no Ensino de Química podem ser utilizadas para ensinar conceitos transversais que abordam diversos assuntos e, muitas vezes, essas atividades são mais atraentes do que as abordagens tradicionais”. A inserção da gamificação pode promover inovação no ambiente educacional e, ao contrário das metodologias ditas tradicionais, permite o envolvimento dos estudantes na resolução de problemas (NASCIMENTO *et al.*, 2022).

Sendo assim, dentro da proposta da ATA, faz-se necessário que o professor identifique recursos e ações que possibilitem a utilização de componentes que estão presentes nos games, sendo possível a utilização de recursos mais amplos objetivando alcançar uma aprendizagem mais efetiva (LEITE, 2020; CARDOSO; MESSEDER, 2021). É possível citar a utilização de recursos como o Kahoot! (baseado em perguntas e respostas), o Socrative (que proporciona avaliação imediata) (LEITE, 2020; CARDOSO; MESSEDER, 2021), e o Google Forms, recurso que será utilizado na presente pesquisa.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa pode ser definida como sendo de natureza qualitativa, do tipo levantamento bibliográfico, tendo como delineamento metodológico a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso (RICHARDSON, 1999; LUDKE; ANDRÉ, 1986; GIL, 2017). Em relação à pesquisa bibliográfica, Gil (2017, p. 28) destaca que a principal vantagem “é o fato de permitir ao inves-

tigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”. As pesquisas classificadas como bibliográfica apresentam em comum o desafio de mapear e discutir uma certa produção acadêmica (nesta pesquisa, a gamificação no Ensino de Química), buscando responder que aspectos e dimensões vêm se destacando em diferentes épocas e lugares, quais as condições e de que forma têm sido produzidas as publicações (FERREIRA, 2002).

Na visão de Johnson e Christensen (2008), a pesquisa qualitativa tem o objetivo de contar a história de um sistema limitado (um caso). Destarte, o estudo de caso, assim como todo o seu processo (metodologia e dispositivos de coleta e análise de dados), pode fornecer uma situação ideacional na investigação do fenômeno, que neste caso é a construção de uma atividade gamificada voltada para o ensino de Química.

Com o intuito de viabilizar uma aprendizagem ativa aos estudantes do Ensino Médio sobre o conteúdo de radioatividade considerando os pressupostos da gamificação, a presente pesquisa foi desenvolvida em três etapas: 1) revisão bibliográfica sobre a gamificação no Ensino de Química; 2) construção de uma atividade gamificada contextualizando com a radioatividade; 3) aplicação da atividade.

Em relação à primeira etapa, com o objetivo de realizar uma análise a partir de uma revisão bibliográfica sobre como as produções acadêmicas (artigos científicos) vêm abordando a gamificação no ensino de Química, realizou-se uma pesquisa exploratória nas bases de dados do Google Acadêmico e no portal de periódicos da CAPES. Segundo Oliveira (2010, p. 69), uma revisão bibliográfica consiste em analisar documentos de domínio científico “com a principal finalidade de levar o pesquisador a entrar em contato direto com obras, artigos ou documentos que tratem do tema estudado”. Segundo pesquisas exploratórias “têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”. Destaca-se que essa revisão teve como intuito conhecer a realidade das pesquisas que discutem sobre a gamificação na Química, de modo a contribuir na identificação dos elementos dos games mais presentes nas atividades gamificadas propostas e orientar os caminhos para a elaboração da AG envolvendo a radioatividade.

Como critério de busca das produções acadêmicas, foram usados os descritores: Ensino de Química, gamificação, metodologias ativas e tecnologias digitais, além de palavras-chave correlatas. Em relação à base de dados das publicações, considerou-se apenas artigos publicados em periódicos que são classificados com Qualis A (A1 e A2) e B (B1, B2, B3, B4 e B5) pela avaliação quadrienal (quadriênio 2013-2016) do Qualis-periódicos CAPES em Ensino. Como parâmetro cronológico, o período investigado foi de 2017 a 2021. Como critérios de exclusão não foram considerados artigos: publicados antes de 2017, artigos de revisão, publicados em língua estrangeira, não envolvendo o Ensino de Química e a Gamificação. De modo a compreender o que as pesquisas têm publicado a respeito da gamificação no Ensino de Química foi realizada uma leitura dos resumos dos artigos no intuito de identificar se estes apresentavam as discussões relacionadas a temática (gamificação no ensino de Química) e quando não permitiam a sua identificação, realizou-se a leitura na íntegra dos artigos.

No que diz respeito a segunda etapa da pesquisa, elaboração de uma atividade gamificada sobre radioatividade, considerando a dificuldade da abordagem do tema e do uso das tecnologias digitais, utilizou-se o Google Forms como recurso didático digital para auxiliar no desenvolvimento da AG para o ensino da química nuclear, tendo em vista a proximidade dos alunos bem como dos professores com a plataforma devido a pandemia da COVID-19, e sua potencialidade. Para a elaboração da atividade gamificada seguiu-se três momentos: i) análise das abordagens gamificadas no Ensino de Química. Nesse momento foi realizada uma análise nos artigos obtidos na primeira etapa da pesquisa com o intuito de identificar quais características da gamificação estavam presentes nos textos; ii) definição das dinâmicas, mecânicas e componentes (elementos dos games) a serem inseridos na AG. Foram analisados os elementos descritos por Leite (2017) e os observados na literatura (Etapa 1), de modo que a escolha destes seja realizada com base em atender mais adequadamente as características de uma AG; iii) construção da atividade gamificada.

Para uma validação inicial, foi realizada a terceira etapa. A AG Mandacaru Radioativa foi aplicada a trinta estudantes de Química (licenciandos, mestrands, mestres e doutorandos) pertencentes ao grupo de pesquisa em que a AG foi desenvolvida. Esses estudantes foram selecionados para a fase de análise inicial da AG (estudo piloto), que posteriormente será vivenciada com estudantes do Ensino Médio. O intuito desta aplicação foi de validar as dinâmicas, mecânicas e componentes (elementos dos games) presentes na Mandacaru Radioativa, bem como analisar possíveis estratégias de uso no contexto de uma aula de Química sobre a temática. Para esta validação foi elaborado um questionário avaliativo no Google Forms com nove perguntas de questões abertas (Quadro 1), em que as respostas obtidas no questionário foram consideradas suficientes e satisfizeram o número necessário para a coleta, e posteriores conclusões. Para Malheiros (2011), além do questionário possibilitar o uso eficiente do tempo e o anonimato do respondente, as questões abertas permitem que o respondente se manifeste livremente.

### Quadro 1 – Questionário avaliativo da AG

<b>Questão 1</b>	Você considera que aprendeu algum conceito novo sobre a radioatividade?
<b>Questão 2</b>	Se sua resposta foi sim, qual foi o conceito/conteúdo?
<b>Questão 3</b>	Se sua resposta foi não, você já conhecia algum conteúdo sobre a radioatividade? Qual?
<b>Questão 4</b>	Você acredita que a proposta gamificada pode ajudar o estudante sobre radioatividade? Justifique.
<b>Questão 5</b>	Você acha que a atividade despertou seu interesse/curiosidade para aprender sobre radioatividade?
<b>Questão 6</b>	Você acha que atividades como essa podem facilitar o ensino da Química?
<b>Questão 7</b>	Você concorda que as discussões presentes na atividade podem motivar o estudante a seguir uma carreira relacionada com a química?
<b>Questão 8</b>	Como foi sua experiência com a atividade gamificada? Descreva.
<b>Questão 9</b>	Você utilizaria a atividade gamificada em uma aula sua? Se sim, como?

Fonte: Autores (2022).

Com o intuito de manter o anonimato, assegurado aos envolvidos na pesquisa, foram preservados a identificação dos estudantes, adotando a codificação EN, em que E significa Estudante e N o número referente ao momento da resposta do questionário (isto é, E1 foi o primeiro

estudante a responder o questionário, E2 foi o segundo...). Nesse ponto vale ressaltar que durante a transcrição das respostas produzidas pelos estudantes tomou-se o cuidado de preservar a fidedignidade dos textos de modo a não alterar a versão original. Devido à grande quantidade de textos produzidos pelos estudantes, optou-se por reproduzir apenas alguns.

Em relação às respostas do questionário, realizou-se o tratamento dos dados de forma a traduzir o seu conteúdo, evitando o ato de apenas reproduzir as respostas obtidas ou tabular dados, sem a cuidadosa interpretação de seus valores. Marconi e Lakatos (2017, p. 22) destacam que a análise é “a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores”. Essas relações podem ser “estabelecidas em função de suas propriedades relacionais de causa-efeito, produtor-produto, de correlações, de análise de conteúdo etc.” (FERRARI, 1974, p. 178).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na presente seção, serão apresentados os resultados obtidos durante o processo de elaboração da atividade gamificada. Primeiramente destaca-se os dados alcançados a partir da pesquisa bibliográfica, em seguida descreve-se o processo de desenvolvimento da AG (a partir da escolha dos elementos dos games) e por fim o produto, a atividade gamificada Mandacaru Radioativa e as percepções (iniciais) dos participantes da validação.

Segundo Tolomei (2017) atividades gamificadas podem envolver estudantes de diferentes idades favorecendo o engajamento destes em atividades que estimulam o cumprimento de tarefas para o avanço do conteúdo trabalhado com o objetivo de alcançar as recompensas, ou por serem de fácil acessibilidade, tendo em vista que sua utilização pode ocorrer com diferentes dispositivos móveis.

### **4.1 Análise das abordagens gamificadas no ensino de Química**

Os primeiros registros encontrados nesta pesquisa durante a investigação nas bases de dados, considerando apenas periódicos com Qualis A e B, disponibilizavam 33 artigos que atendiam às palavras-chaves utilizadas. Após a leitura na íntegra dos textos, apenas oito artigos apresentavam discussões envolvendo a gamificação. Esses artigos estão identificados por letra e número (A1, A2, A3, ... A8), título, ano da publicação e o Qualis do estudo em questão (Quadro 2).

**Quadro 2 – Trabalhos com discussões envolvendo a temática gamificação**

Artigo	Título	Ano	Qualis
A1	Gamificando as aulas de química: uma análise prospectiva das propostas de licenciandos em química.	2017	B1
A2	Tecnologias digitais e metodologias ativas na escola: o contributo do Kahoot! para gamificar a sala de aula.	2018	B2
A3	A utilização combinada do aplicativo Quiz Tabela Periódica com o software Hot Potatoes no estudo da classificação periódica dos elementos químicos.	2020	B1
A4	Integração entre a gamificação e a abordagem STEAM no ensino de Química.	2020	B1
A5	“Casadinho da Química”: uma experiência com o uso da gamificação no ensino de química orgânica.	2020	B2
A6	Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química.	2020	B1
A7	Ensino híbrido gamificado na química: o modelo de rotação por estações no ensino de radioatividade.	2021	B1
A8	Uso da gamificação no Ensino de Química.	2021	B1

Fonte: Autores (2022).

O primeiro registro de artigo publicado em um periódico científico com estrato no Qualis data do ano de 2017. Outro dado interessante é que até o presente momento, nenhum artigo foi publicado em revistas com Qualis A envolvendo a gamificação no Ensino da Química, sendo dividido em seis artigos (75%) com Qualis B1 e dois artigos (25%) com Qualis B2.

Analisando os artigos, A1 trata-se de uma pesquisa de cunho qualitativa e teve como objetivo analisar propostas de gamificar as aulas de Química por estudantes do curso de licenciatura em Química de uma universidade federal pública. Segundo Leite (2017), a pesquisa tinha o intuito de que os estudantes, licenciandos em Química, propusessem atividades gamificadas para suas futuras aulas de Química. O trabalho não apresenta nenhum recurso didático digital específico para propor uma aula gamificada. A pesquisa revela que as propostas dos estudantes para gamificar as aulas podem conduzir em aulas mais centradas nos estudantes, conforme os preceitos da aprendizagem ativa. Demonstrando que, torna-se necessária a formação de estudantes capazes de aprender e ensinar de forma ativa.

O artigo A2 apresentou o uso, como recurso didático digital, da plataforma digital Kahoot! para gamificar a aula, sendo aplicado com estudantes do curso técnico integrado em Química do Ensino Médio no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) (SILVA *et al.*, 2018). Trata-se de uma pesquisa de cunho qualitativo e seu intuito foi de realizar um estudo de caso gamificado englobando os conteúdos sobre óptica geométrica. Os estudantes em todas as etapas das atividades foram responsáveis por responderem aos quizzes no Kahoot!, o que possibilitou uma aprendizagem ativa através das avaliações. Nesse sentido,

o estudo em questão contribuiu para que os estudantes participassem como protagonistas dos processos educacionais, propiciando uma modificação na forma de aprender.

Em relação ao A3, a pesquisa teve como objetivo propiciar o melhoramento do ensino e do interesse dos estudantes sobre o conteúdo de tabela periódica através da utilização do jogo Quiz Tabela Periódica associado ao software Hot Potatoes como recurso didático digital para gamificar as aulas de Química em turmas do ensino médio do Instituto Federal do Mato Grosso. Segundo Santos, Janke e Stracke (2020), a pesquisa mostrou que a associação dos recursos didáticos digitais estimula o desenvolvimento cognitivo do estudante, proporcionando motivação e autonomia, além de uma aprendizagem por meio de estratégias propostas para solução dos problemas. Esse tipo de resultado demonstra que, a partir de metodologias diferenciadas, os estudantes podem não só aprender ativamente, mas também desenvolver os seus pensamentos críticos.

No que diz respeito ao A4, trata-se de uma pesquisa empírica que tem como objetivo analisar a gamificação no Ensino de Química aliada à abordagem STEAM (termo em inglês para agrupar conhecimentos sobre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), por meio da utilização de alguns recursos digitais, dentre eles: Facebook, WhatsApp, QRCode e Kahoot! (CLEOPHAS, 2020). A pesquisa apontou que a gamificação foi eficaz para motivar os estudantes à uma aprendizagem ativa relevante envolvendo os conteúdos sobre a síntese da amônia, além de fortalecer a colaboração entre os estudantes, demonstrando assim o potencial alcançado através do uso da gamificação para uma aprendizagem ativa. No artigo A5 seu objetivo foi a aplicação de um jogo intitulado “Casadinho de Química” para analisar a aprendizagem de estudantes do terceiro ano do Ensino Médio Integrado com curso técnico em Química do Instituto Federal de Goiás, sobre os conteúdos envolvendo a Química Orgânica (CARDOSO *et al.*, 2020). Os resultados indicaram que a gamificação permitiu maior participação, colaboração e interação entre os estudantes quando comparados com as aulas tradicionais (expositivas). Corroborando com os objetivos principais do uso desse tipo de metodologia ativa.

A pesquisa A6 é caracterizada pela apropriação de dois recursos didáticos digitais: Kahoot! e Socrative. A pesquisa é de campo qualitativo, e neste caso, foi aplicada em estudantes que estavam em formação no curso de licenciatura em Química de uma universidade pública, sendo a aula sobre o conteúdo de estrutura atômica na perspectiva da Aprendizagem Tecnológica Ativa (LEITE, 2020). A pesquisa destaca que os estudantes tiveram uma experiência reflexiva que lhes permitiram identificar possibilidades para suas futuras práticas docentes. Os resultados mostram que os estudantes apresentaram uma postura favorável ao uso do Kahoot! e do Socrative, além de se sentirem engajados, motivados e autônomos durante a atividade, seguindo as características do modelo da aprendizagem tecnológica ativa e da gamificação.

No artigo A7, a pesquisa foi fundamentada na modalidade do Ensino Híbrido com a utilização do modelo de Ensino por Rotações com propostas gamificadas. Segundo Oliveira e Leite (2021), o professor durante a atividade teve a oportunidade de trabalhar com grupos menores de estudantes, fornecer feedback mais rápido e valorizar os momentos colaborativos e a autonomia destes. A proposta contempla a utilização de diferentes recursos didáticos em

cada estação realizada no modelo Rotação por Estação. Ademais, cada estação foi construída com base nas características da gamificação, o que segundo Oliveira e Leite (2021) permitiu maior engajamento dos participantes. Destarte, os resultados apontam que a utilização dos elementos de games em atividades educacionais podem revelar avanços no que diz respeito à aprendizagem dos estudantes.

Por fim, o artigo A8 teve como intuito a aplicação de uma atividade gamificada intitulada Q\_Quiz em uma turma do primeiro ano do ensino médio, sobre o a evolução dos modelos atômicos. Segundo Rocha e Neto (2021), a implementação da atividade gamificada pode levar os estudantes à uma aprendizagem significativa, levando em consideração a utilização de metodologias ativas e promovendo a organização dos conceitos preexistentes na estrutura cognitiva deles.

A partir do levantamento e da análise destes artigos, foi possível observar que o conteúdo de radioatividade no ensino de Química, em propostas gamificadas, infelizmente ainda é incipiente, só foi encontrada uma atividade gamificada que envolvia o conteúdo de radioatividade. Ressalta-se que o assunto geralmente é encurtado no início dos livros do ensino médio, ou colocado ao final, e isso faz com que os professores deem pouca atenção ao conteúdo, e os estudantes não tenham uma aprendizagem efetiva (OLIVEIRA; LEITE, 2021).

É pujante destacar que na base de dados do Google Acadêmico foram encontrados outros trabalhos envolvendo atividades gamificadas, porém, como um dos critérios de seleção se referia a publicações em revistas com Qualis A ou B, esses artigos não foram discutidos aqui.

## **4.2 A construção da Usina Mandacaru Radioativa**

Para iniciar a elaboração da proposta da atividade gamificada envolvendo o conteúdo de radioatividade, o levantamento e análise bibliográfica da gamificação no ensino de Química possibilitou inferir que a utilização da gamificação nas salas de aula da Química ainda é incipiente, embora o uso da gamificação esteja presente em muitas pesquisas. Segundo Oliveira e Leite (2021, p. 278), há “poucos artigos sobre ensino da radioatividade disponível em revistas da área de Ensino de Ciências” e quando abordados, normalmente, são explorados sem relacionar com o contexto e realidade dos estudantes.

Diante disso, considerou-se que abordar a radioatividade de forma contextualizada em uma AG pode contribuir para o melhor entendimento do estudante, conforme destaca Souza, Leite e Leite (2015) Assim, considera-se que ensinar os conteúdos da radioatividade por meio da gamificação e relacioná-los de maneira contextualizada com os acidentes radioativos mais conhecidos na sociedade se revelou como uma estratégia relevante.

Nesse contexto, a AG nomeada de Mandacaru Radioativa tem como intuito contextualizar e integrar os estudantes ao conteúdo da radioatividade a partir do conhecimento sobre usinas nucleares, já que se utilizam de reações nucleares para seu funcionamento e são conhecidas, principalmente, por serem causadoras de grandes acidentes radioativos.

Em relação aos acidentes radioativos foram selecionados três acidentes: Chernobyl (ocorrido na Ucrânia, especificamente na cidade de Pripyat, em 1986), Césio-137 (ocorrido no Brasil, especificamente em Goiânia no ano de 1987) e o mais recente Fukushima (ocorrido no Japão, em 2011). Assim, todas as perguntas da AG são norteadas a partir do funcionamento de uma usina nuclear, considerando os possíveis riscos e as ações mais adequadas de lidar com a radiação, além de discutir as consequências em casos de exposição à mesma.

#### ***4.2.1 O processo para gamificar a Usina Mandacaru Radioativa***

Para transformar a proposta da atividade da usina nuclear em uma atividade gamificada, a análise realizada na revisão bibliográfica (Etapa 1) contribuiu para a identificação das características mais comuns de atividades gamificadas. Segundo Leite (2017), uma AG apresenta narrativas, regras, desafios, progressões, avaliação, possibilidade de recuperação e recompensas, dentre outros elementos dos games. Dos mais de trinta elementos descritos na literatura, a AG Mandacaru Radioativa foi construída com os seguintes:

**Narrativa:** a proposta tem como narrativa a construção de uma usina fictícia chamada Mandacaru, em que um recém-formado engenheiro nuclear deve realizar algumas atividades nessa usina para que seja contratado.

**Avatar:** o engenheiro da usina nuclear é o avatar (representação) do jogador na AG.

**Regras:** para dar início à atividade, o engenheiro precisa se identificar, e deve realizar as atividades corretamente, marcando sempre uma alternativa, para que consiga prosseguir nos desafios propostos. Em casos de acertos, o participante segue para o próximo desafio, podendo ser recompensado ou não. Em casos de erros, o participante poderá receber advertências ou ser demitido. Os casos de advertências estão relacionados às questões que não afetam diretamente o funcionamento da usina e não causam danos graves à saúde humana. Já os casos de demissões, são questões que afetam diretamente o funcionamento da usina e causam danos à saúde humana e/ou ao ambiente e a sociedade.

**Desafios:** a atividade apresenta ao todo seis desafios a serem resolvidos pelo participante e foram intitulados de problemas.

**Progressões:** a cada desafio realizado o participante tem acesso ao seu progresso na atividade através da barra de progresso.

**Avaliação:** O participante recebe durante a atividade um feedback dependendo da sua resposta, sendo ela positiva ou negativa.

**Possibilidade de recuperação:** algumas questões apresentam a possibilidade de recuperação da resposta dada (para o caso de respostas incoerentes/incorretas). O participante pode retomar sua linha de raciocínio e retornar à atividade respondendo ao mesmo problema ou a outro problema relacionado.

**Recompensas:** o participante pode receber certificados como forma de premiação de acordo com o seu progresso na atividade.

Além disso, no decorrer da atividade, foram colocadas algumas imagens com curiosidades e suas respectivas descrições para que o estudante possa aprofundar seus conhecimentos sobre a temática em questão.

Dessa maneira, ao inserir alguns elementos dos games (características da gamificação) na AG será possível uma participação mais ativa do estudante, além de uma maior colaboração e interação entre eles (OLIVEIRA; LEITE, 2021) Ademais, a partir de uma AG, é possível observar que as vantagens de sua utilização, nas aulas, ultrapassam a simples assimilação de conceitos e fórmulas. A incorporação dos elementos de games numa atividade para estudantes pode auxiliar na aprendizagem de conceitos transversais que se interligam a vários assuntos, tornando-os mais atraentes.

#### 4.2.2 A Usina Mandacaru Radioativa gamificada

Como a atividade proposta é uma inserção do participante em uma usina nuclear, cada etapa (missão) a ser concluída é baseada em um problema a ser resolvido que se relaciona com o funcionamento da usina Mandacaru. O engenheiro (nesse caso é o avatar do estudante), em cada etapa, precisa se posicionar para que consiga receber suas recompensas ao longo da atividade, e ao final, conquistar sua contratação pela usina (recompensa maior, isto é, a premiação principal da narrativa da atividade).

Nesse sentido, a AG apresenta seis problemas (desafios) a serem resolvidos pelo estudante. Na página inicial é apresentada a narrativa da proposta (Figura 1A), contextualizando a AG, além de relatar a história da usina Mandacaru e qual será a função do participante (estudante). Ao se identificar, o estudante vai para o primeiro problema (1B) da atividade.

**Figura 1 – (A) Página de abertura da atividade. (B) Primeiro problema**

**Mandacaru Radioativa**

Dentro da história, as usinas nucleares são vistas causadoras de grandes riscos devido aos acidentes já ocorridos e de grande repercussão na sociedade. Porém, este tipo de usina apresenta aspectos positivos quanto à produção de energia, pois é uma energia limpa, confiável e econômica.

Como princípio de seu funcionamento, uma usina nuclear utiliza-se de reações nucleares para produzir grande quantidade de energia térmica. Essa energia térmica é transformada em energia elétrica, sendo ela a que chega às mais diversas residências.

Com base nisso, uma usina nuclear foi construída numa cidade chamada Mandacaru. Você acaba de se formar em engenharia nuclear, e está sendo contratado para trabalhar nesta usina. Você deverá realizar algumas atividades. Em caso de erros, poderá receber advertências, e chegar a ser demitido.

Todo cuidado é pouco!

**1º problema.**

A construção da usina Mandacaru ocorreu no ano de 2015. Ao redor dela foi construída uma cidade \* que leva seu nome. Famílias foram convocadas para o trabalho da usina, e para habitar a cidade recém construída, assim como na série Chernobyl. Algumas cidades do país em que a usina Mandacaru foi construída sofre com abalos sísmicos instáveis, sendo esses, um dos causadores do acidente nuclear de Fukushima, diferente de Chernobyl. Para que não haja riscos para as pessoas que habitam ao redor destas usinas, em casos de abalos na terra e possíveis acidentes, o diretor da usina pede pra que você sugira uma saída como forma preventiva de acidentes.

1ª sugestão: que a engenharia utilizada na construção da usina fosse projetada com base nos respectivos riscos.

2ª sugestão: realizaria a construção da usina o mais distante e improvável da ocorrência de abalos.

Fonte: Autores (2022).

Em relação aos seis problemas (desafios) apresentados em Mandacaru Radioativa, o primeiro tem como objetivo prevenir um possível acidente advindo de abalos sísmicos, onde o engenheiro deve sugerir uma melhor opção para construção da usina. Esse problema apresenta dois caminhos possíveis (ambos com feedback para o estudante) e que desencadeará uma

sequência de ações durante o “passeio” pela usina Mandacaru Radioativa. O segundo problema da AG tem como finalidade evitar o superaquecimento dos reatores da usina e, para isso, o engenheiro deve tomar uma decisão. Esse problema apresenta duas possibilidades de resolução, sendo que uma delas, se escolhida pelo estudante, provocará sua demissão, pois a sua ação coloca em risco o funcionamento da usina e culminaria num desastre radioativo (além de afetar a humanidade e o ambiente).

O terceiro problema a ser resolvido pelo estudante apresenta uma contextualização sobre o ocorrido em Fukushima, levando em consideração o resfriamento dos reatores. O intuito é que o estudante analise os possíveis danos que poderiam ocasionar um tsunami na usina. E, a partir dele, o estudante tem a possibilidade de explicar as consequências no funcionamento da Mandacaru Radioativa. O quarto problema tem como objetivo analisar o conhecimento do engenheiro acerca dos possíveis danos à saúde humana em caso de exposição direta à radiação (tomando como referência o acidente em Goiânia). Caso o estudante selecione uma alternativa incorreta, além de receber uma advertência, ele receberá um feedback baseado na resposta com a explicação do porquê aquela ação causará danos à saúde.

O quinto problema tem como finalidade que o engenheiro escolha a melhor forma de se vestir em caso de exposição em grande escala de radiação. Ele é composto por três opções de vestimentas, e o estudante deve marcar qual é a mais adequada para evitar uma exposição à radiação. Esse problema possibilita que o estudante relacione os conhecimentos sobre radioatividade (tipos de radiação) em situações cotidianas, como por exemplo, qual vestimenta é necessária quando se faz um procedimento de Raio-X em um hospital de modo a diminuir a exposição?

Por fim, o sexto problema tem o intuito de analisar o conhecimento do engenheiro acerca do descarte correto de materiais radioativos. O participante tem quatro possibilidades de resolução do problema. Esse problema é inspirado, principalmente, no acidente do Césio-137 ocorrido em Goiânia em que um aparelho de radioterapia foi abandonado de forma incorreta e, em consequência disso, ocorreu a contaminação de milhares de pessoas (que até hoje ainda sofrem com os problemas causados pela contaminação). Lembrar que o acidente com Césio-137 foi o maior acidente radioativo do Brasil e o maior do mundo ocorrido fora das usinas nucleares.

A AG apresenta também curiosidades (Figura 2) para que o estudante possa aprofundar mais sobre como se dá o funcionamento de uma usina nuclear e sobre os danos causados pelo contato direto com a radiação e o descarte correto de materiais radioativos no Brasil. Essas curiosidades fazem uso de imagens ilustrativas e explicativas (em alguns casos, as imagens são reais, como a do acidente de Goiânia e de Chernobyl).

## Figura 2 – Exemplo de curiosidade apresentada durante a AG

**VOCÊ SABIA?** 😊

As usinas nucleares são como grandes máquinas a vapor. Seu funcionamento se dá a partir de um núcleo dentro do reator que é composto pelo combustível nuclear, geralmente o urânio. O urânio passa pelo processo chamado de fissão nuclear, que é quebra de núcleos atômicos maiores, e núcleos atômicos menores. Durante esse processo ocorre o chamado decaimento (emissão de partículas alfa e beta) em forma de energia térmica, e é essa energia que é utilizada para produção de energia elétrica. Através dela, é possível esquentar a água (captada através de energia elétrica e bombas) presente em uma espécie de cano que fica próximo ao núcleo do reator e, quando essa água entra em ebulição, é formado o vapor que é encaminhado para uma turbina fazendo ela girar; sendo possível, a partir disso, ser realizada a produção de energia elétrica. Essa é uma explicação bem simplista, mas abaixo é possível observar um esquema que representa uma central nuclear:

Diagrama Esquemático de uma Central Nuclear PWR

● Circuito Primário  
 ● Circuito Secundário  
 ● Sistema de Água de Refrigeração

Fonte: Autores (2022).

Além das curiosidades, os estudantes também recebem recompensas no formato de certificados por seus desempenhos na AG, como mostrado na Figura 3.

## Figura 3 – Exemplo de certificado

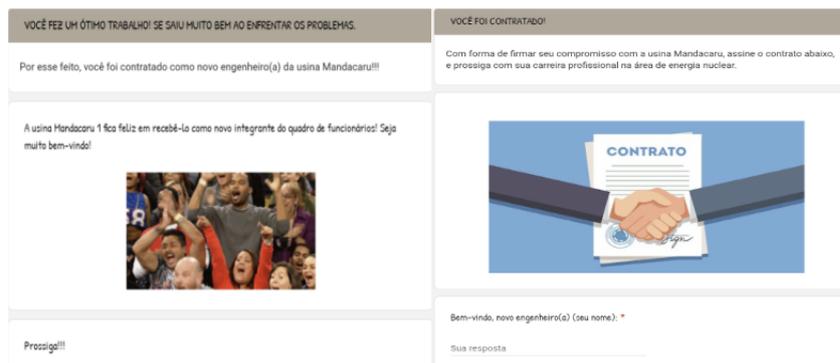
O DIRETOR ESTÁ MUITO SATISFEITO COM SEU TRABALHO! 😊

Muito bem. As alterações causadas ao corpo humano em casos de contato direto com a radiação são angustiantes.

Sua análise sobre os efeitos da radiação no corpo humano te trouxe uma recompensa:

Fonte: Autores (2022).

Ao resolver os problemas da atividade gamificada Mandacaru Radioativa de forma a manter o pleno funcionamento da usina e evitando qualquer tipo de acidente, o estudante recebe a recompensa final: ser contratado como o mais novo engenheiro da usina Mandacaru Radioativa (Figura 4A). O estudante é conduzido a assinar um contrato (fictício) (Figura 4B). Esse momento envolve características da gamificação como o engajamento e sensação de pertencimento.

**Figura 4 – (A) Notícia da contratação (B) Assinatura do contrato**

Fonte: Autores (2022).

Após a elaboração da atividade gamificada Mandacaru Radioativa uma nova etapa será desenvolvida (em continuidade a pesquisa). Pretende-se aplicar a AG com estudantes do Ensino Médio de modo a contribuir para o processo de construção do conhecimento relativo à Química Nuclear, conforme abordagem recomendada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) presente na competência específica 1. Essa competência busca

analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 574).

Durante a aplicação serão considerados os pressupostos da Taxonomia de Bloom e da aprendizagem tecnológica ativa. Ressalta-se que, durante a aplicação da AG com os estudantes participantes da pesquisa (graduação e pós-graduação), não houve nenhum tipo de limitação tendo em vista que todos tiveram acesso ao link das atividades e todos conseguiram respondê-las através de seus respectivos celulares e/ou computadores, o que pode não ser uma realidade para os estudantes do Ensino Médio.

### 4.3 Percepções sobre a Mandacaru Radioativa

Em relação ao questionário avaliativo (Quadro 1), os estudantes participantes da pesquisa, estudantes da graduação e pós-graduação, apresentaram suas considerações sobre a atividade gamificada Mandacaru Radioativa, após realizarem a atividade.

De maneira propedêutica, no primeiro questionamento sobre a percepção de algum novo conceito sobre radioatividade, 80% dos estudantes responderam que sim, e apenas 20% que não. Dentre os que responderam que aprenderam algo novo (segunda questão), observou-se respostas do tipo: “aprendi a natureza das radiações e seus impactos no corpo humano, que antes eu não sabia” (E2) e “consegui revisitar conceitos que estavam adormecidos, como: a natureza das radiações... tive a oportunidade de aprender sobre a fissão nuclear, por causa do funcionamento

da usina nuclear” (E4). Nessas respostas, os participantes apontam sobre situações que a radioatividade está relacionada com o dia a dia, possibilitando uma abordagem contextualizada da atividade em uma prática em sala de aula. Para Costa e Verdeaux (2016) e Leite (2018), a contextualização aproxima o conteúdo do cotidiano do aluno, possibilita uma aprendizagem efetiva, pois quanto mais próximo de si o conteúdo mais fácil de ser compreendido, sendo o papel do professor escolher o melhor contexto a ser utilizado, e mediá-lo conforme o modelo da ATA na busca de uma aprendizagem legítima. Assim, é possível com a Mandacaru Radioativa, aproximar o conteúdo da radioatividade com situações cotidianas permitindo que ocorra uma aprendizagem sobre a temática. Já em relação a terceira questão (Se sua resposta foi não, você já conhecia algum conteúdo sobre a radioatividade? Qual?), os estudantes destacaram que “Sim, conceito de emissão de partículas e radiação eletromagnética; conceito de decaimento; processo histórico; além do uso de elementos radioativos no cotidiano” (E11) e “sim, como sou professora de química já falei sobre a radioatividade para os estudantes. Mas achei bem interessante a parte da explicação sobre o funcionamento da usina” (E15).

Quando questionados se a AG pode auxiliar os alunos no ensino sobre radioatividade (quarta questão), todos os sujeitos responderam positivamente, justificando que “é uma estratégia que permitir motivar os participantes a conhecer conceitos, definições e histórias a partir de uma estrutura dinâmica” (E18), que “achei a atividade muito pertinente e lúdica, as imagens estão excelentes e a maneira como ela se desenvolve” (E25) e que a atividade “pode colocar o/a estudante no processo de ensino e aprendizagem, sendo este(a) agora agente ativo(a) na construção de conhecimento, levando em consideração que a gamificação é uma metodologia ativa” (E6). Os apontamentos dos estudantes corroboram com as ideias de LEITE (2022) de que atividades gamificadas podem contribuir positivamente para os processos de ensino e aprendizagem de forma atrativa e dinâmica, através do uso das tecnologias, evidenciando as potencialidades do modelo da ATA. Além disso, a utilização dos elementos de games na atividade possibilitam que a mesma se torne mais atraente e envolvente para os participantes (SILVA *et al.*, 2018).

Com relação à 5ª questão (você acha que a atividade despertou seu interesse/curiosidade para aprender sobre radioatividade?), 94,4% dos participantes responderam que sim, e apenas 6,6% responderam que não, correspondendo apenas a 2 sujeitos, enfatizando um dos principais objetivos do uso da gamificação através do modelo ATA, que é o engajamento (LEITE, 2020). Por conseguinte, quando questionados se atividades gamificadas podem facilitar o ensino de Química (questão 6), todos os participantes responderam que sim, reafirmando suas respostas dadas na quarta questão.

Ao serem questionados sobre a concordância em relação as discussões presentes na atividade poderiam motivar o estudante a seguir uma carreira relacionada com a Química (questão 7), 86,7% dos participantes responderam que concordam. Alguns complementaram a resposta conjecturando que “é uma área interessante, tanto na parte acadêmica como industrial” (E14), “a Química oferece múltiplas opções de trabalho” (E23) e “sim, ele pode trabalhar como engenheiro químico ou nuclear, nas indústrias ou ser professor tanto do ensino médio como superior” (E7). SÁ e Santos (2016) apontaram que o curso de Engenharia Química, dentre os demais cur-

sos envolvendo a Química da universidade federal da Bahia, é o mais procurado pelos estudantes apresentando um percentual de preferência de 52% comparado ao da licenciatura com apenas 4%. Já na pesquisa de Bego e Ferrari (2018), os autores relatam que grande parte dos estudantes (da Universidade Estadual Paulista - UNESP) apresentaram motivações intrínsecas para atuarem na área da licenciatura em Química, ou seja, serem professores. É pertinente ressaltar e concordar com o descrito por E23, de que a Química pode oportunizar diferentes áreas de atuação (para aqueles que se interessarem por essa Ciência), em que a AG proposta pode motivar tanto extrinsecamente como intrinsecamente os participantes. Para Oliveira e Gois (2022), na motivação extrínseca o indivíduo age mediante a presença de fatores externos (sendo subdividido de acordo com os estilos regulatórios: regulação externa, regulação introjetada, regulação integrada e identificada). Já a motivação intrínseca é aquela em que os indivíduos agem pelo prazer e pela satisfação proporcionados pela realização da atividade.

Com relação à pergunta sobre “Como foi sua experiência ao utilizar a atividade gamificada? Descreva” (questão 8), os discentes relataram que foi “proveitosa. Aprendi algumas coisas, ri com os feedbacks ao ter errado, tive a impressão de que está ferramenta nas mãos de meus alunos iria tornar-se algo que despertaria o interesse deles brincando” (E12), destacando a importância do feedback e o possível engajamento dos estudantes com a proposta (reforçando as características da gamificação). Outra resposta destacava que

Minha experiência foi totalmente impactante[...] foi uma experiência nova. Consegui, mesmo que minimamente, entender os princípios que norteiam a gamificação. Além disso, me proporcionou muito divertimento/prazer quando eu estava respondendo às perguntas (a entrevista para eu ser contratado pela usina nuclear) (E6).

Essas respostas convergem ao que LEITE (2022), Costa *et al.* (2020) e Lopes *et al.* (2021) dizem sobre a motivação e o engajamento obtido por meio de uma atividade gamificada. Isso enfatiza sua autonomia e protagonismo do aprendizado (LEITE, 2018). Ademais, obteve-se como resposta também que a experiência foi “ótima, achei a proposta relevante. A maneira como você passa de fases e recebe recompensas, muito bom” (E8), relacionando com os apontamentos de Costa e Verdeaux (2016) e Oliveira e Leite (2021), ao destacarem que as recompensas estimulam o engajamento e é uma forma de reconhecimento do esforço realizado, evidenciando a potencialidade da gamificação.

Quando questionados se utilizariam a AG em suas aulas (questão 9), todos os discentes responderam positivamente evidenciando a potencialidade da AG Mandacaru Radioativa. Em relação a forma que seria utilizada em uma atividade, E13 relatou que

[...]realizaria uma atividade em grupo de 4 pessoas. Cada pessoa do grupo se encarregaria de estudar os assuntos específicos de cada pergunta a ser proposta, exemplo: Resfriamento do motor, uniforme de trabalhadores, acidentes... para não ficar muito sobrecarregado. Aí o grupo da sala que obtivesse mais êxito, ganharia ponto na matéria, mas só ganharia estes pontos se viessem apresentar na frente da sala com um retroprojeter na lousa explicando aos demais como eles conseguiram acertar tantas perguntas. Para motivar os demais que não conseguiram (E13).

A proposta de E13 aponta para o uso de outros elementos de games a serem incorporados durante a realização da AG, na qual estão presentes a missão, pontuação, cooperação, recompensa, vitória, dentre outros. Já E18 propôs que

[...]usaria como forma de propor novos processos interacionistas em sala de aula, principalmente para favorecer as competência e habilidades demandadas pela sociedade do século XXI: autonomia, engajamento, protagonismo... Utilizaria também para promover novas formas avaliativas, utilização de tecnologias digitais e aproximar/estreitar mais ainda a relação entre professor-estudante e estudante-estudante. Utilizaria para promover a ressignificação do processo de ensino aprendizagem: tirando estudantes do modo passivo e colocando no modo ativo (E18).

A sugestão de E18 em promover ações interacionistas envolvendo a autonomia, engajamento e protagonismo durante a atividade gamificada, indica fortemente a presença de um dos pilares da ATA (protagonismo do estudante), além de inferir que irá buscar uma mudança de papel dos estudantes, antes passivo para ativo.

Observa-se que nestas propostas a AG Mandacaru Radioativa pode potencializar as características da ATA possibilitando que o aluno tenha controle sobre seu aprendizado, que o professor participe da mediação do processo de construção de conhecimento, além de ações que envolvem os demais pilares da ATA (uso das tecnologias, aprendizagem e avaliação) (LEITE, 2018). Cabe ressaltar que, a construção de uma atividade baseada na gamificação, dependerá da criatividade de quem elabora, podendo esse tipo de atividade ser também multidisciplinar (CLEOPHAS, 2020). No Ensino Médio é possível utilizar uma AG em diferentes componentes curriculares além da Química, como na Física, Matemática, História, Geografia etc.

Por fim, a elaboração da Mandacaru Radioativa busca apresentar uma proposta de atividade gamificada no intuito de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos relacionados a Radioatividade (conteúdo presente nas aulas de Química, especialmente em turmas do segundo ano do ensino médio, conforme as orientações da BNCC), além de promover o uso de recursos digitais no Ensino de Química, possibilitando a motivação, engajamento e ludicidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de atividades gamificadas no ensino pode promover uma aprendizagem ativa (centrada no estudante), embora sua elaboração exija tempo e dedicação de seu(s) desenvolvedor(es). Nesse sentido, esta pesquisa apresentou o processo de construção e aplicação de uma AG para o ensino do conteúdo de radioatividade e propiciou uma aprendizagem ativa, envolvente e lúdica para o Ensino de Química Nuclear tendo em vista que apresentou aspectos positivos quanto a alguns objetivos da gamificação, como engajamento e motivação dos participantes.

Em relação às pesquisas envolvendo a gamificação no Ensino de Química, os dados

apontam para um número reduzido de artigos publicados em periódicos estratificados com Qualis A e B que contemplam essa temática. A gamificação considerada por muitos como algo inevitável e que iria revolucionar o mundo, principalmente, devido ao desenvolvimento tecnológico (LEITE, 2017), no Ensino de Química ainda se encontra incipiente. Os dados obtidos do levantamento bibliográfico revelam esta fase embrionária da gamificação no Ensino de Química, contudo estes dados contribuíram para a elaboração da atividade gamificada, em que se focou na construção de uma proposta que contemple o conteúdo de radioatividade de forma contextualizada e fazendo uso de recursos didáticos digitais.

No que diz respeito a usina Mandacaru Radioativa, observa-se a presença de no mínimo oito elementos de games (caracterizando uma gamificação), possibilitando o engajamento, a motivação e o interesse dos estudantes pelo conteúdo abordado. Além disso, a AG pode ser utilizada no ambiente escolar presencial ou de maneira virtual, de acordo com a estratégia proposta pelo professor (o que evidencia os pilares da aprendizagem tecnológica ativa). Enfatiza-se que a AG Mandacaru Radioativa visa propiciar uma aprendizagem ativa, onde o próprio estudante constrói o caminho de seu conhecimento, uma vez que não há um único percurso a ser percorrido por ele durante a AG. Isso ficou perceptível através dos resultados obtidos na avaliação inicial realizada, em que os participantes, ao final, relataram como foi a experiência e se foram “demitidos ou admitidos no emprego de engenheiro”.

Para além, ressalta-se que as limitações encontradas durante a aplicação foram mínimas tendo em vista que todos os estudantes (graduação e pós-graduação) tinham acesso a computadores e/ou celulares conectados à internet. Todavia, levando em consideração a aplicação da pesquisa em turmas de Ensino Médio, salientamos que pode haver limitações como a indisponibilidade de computadores e/ou tablets na escola, ausência da rede de Wi-Fi e/ou estudantes não terem a disposição celulares, dificultando a execução da AG.

Por fim, conjectura-se que esta pesquisa aponta para a importância da implementação de novas estratégias e metodologias no processo de construção do conhecimento químico, por meio da gamificação. Considera-se também que uma AG contextualizada, como a Mandacaru Radioativa, pode promover a construção de senso crítico nos estudantes se levada em consideração a maturidade do alunado e pode também incentivar a curiosidade deles sobre a temática. A AG Mandacaru Radioativa está disponível no link <<https://forms.gle/LhkVtGqip3zK1k9U9>>.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, H. R.; RIBEIRO, M. T. D. Uma proposta de sequência didática para o ensino de soluções. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 302–322, 2020.
- ARAÚJO, I.; CARVALHO, A. A. Gamificação no ensino: casos bem-sucedidos. **Revista Observatório**, v. 4, n. 4, p. 246–283, 2018.
- BEGO, A. M.; FERRARI, T. B. Por que escolhi fazer um curso de licenciatura? perfil e motivação dos ingressantes da unesp. **Química Nova**, v. 41, p. 457–467, 2018.
- BRASIL. Ministério da educação. **Base Nacional Comum Curricular**, 2018. Brasília Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf)> Acesso em: 18 de maio de 2023.
- CARDOSO, A. C. de O.; MESSEDER, J. C. Gamificação no ensino de química: Uma proposta à luz do processo histórico educacional. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 4, p. e24292–e24292, 2021.
- CARDOSO, A. T. *et al.* “casadinho da química”: Uma experiência com o uso da gamificação no ensino de química orgânica. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 3, p. 1701–1716, 2020.
- CLEOPHAS, M. das G. Integração entre a gamificação e a abordagem steam no ensino de química. **Revista de Educação da Universidade Federal do Vale do São Francisco**, v. 10, n. 23, p. 78–109, 2020.
- COSTA, D. F. da *et al.* Gamificação de um percurso metodológico: o contributo de objetos de aprendizagem no ensino de eletrostática. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 02, p. 424–435, 2020.
- COSTA, T. M. da; VERDEAUX, M. d. F. da S. Gamificação de materiais didáticos: uma proposta para a aprendizagem significativa da modelagem de problemas físicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 60–105, 2016.
- FARDO, M. L. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **Renote**, v. 11, n. 1, p. 1–9, 2013.
- FERRARI, A. T. **Metodologia da ciência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.
- FERREIRA, N. S. d. A. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & sociedade**, v. 23, n. 79, p. 257–272, 2002.
- FREIRE, P. Educação "bancária" e educação libertadora. In: PATTO, M. H. S. *et al.* (Ed.). **Introdução à psicologia escolar**. 3. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2006. p. 61–78.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- JOHNSON, R. B.; CHRISTENSEN, L. **Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches**. [S.l.]: Sage publications, 2008.
- LEÃO, M. F.; REHFELDT, M. J. H.; MARCHI, M. I. O uso do ambiente virtual de aprendizagem como ferramenta de apoio ao ensino presencial. **Abakós**, v. 2, n. 1, p. 32–51, 2013.

LEITE, B. Aprendizagem tecnológica ativa. **Revista internacional de educação superior**, v. 4, n. 3, p. 580–609, 2018.

LEITE, B. S. Gamificando as aulas de química: uma análise prospectiva das propostas de licenciandos em química. **RENOTE**, v. 15, n. 2, p. 2–10, 2017.

LEITE, B. S. Kahoot! e socrative como recursos para uma aprendizagem tecnológica ativa gamificada no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 147–156, 2020.

LEITE, B. S. **Tecnologias digitais na educação**: da formação à aplicação. São Paulo: Livraria da Física, 2022.

LOPES, M. D. B. *et al.* Gamificação no ensino de química: A utilização da plataforma kahoot! para o ensino de modelos atômicos. Instituto Federal Goiano, 2021.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

NASCIMENTO, F. E. de M. *et al.* Metodologias ativas associadas às práticas pedagógicas na educação superior: Uma revisão integrativa. **Abakós**, v. 10, n. 1, p. 66–88, 2022.

OLIVEIRA, J. E. d. S. de; LEITE, B. S. Ensino híbrido gamificado na química: o modelo de rotação por estações no ensino de radioatividade. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 277–298, 2021.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2010.

OLIVEIRA, R. C.; GOIS, J. Motivação dos docentes nos cursos de licenciatura em química no instituto federal de educação, ciência e tecnologia de são paulo. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 59, n. 1, p. 95–108, 2022.

PAIVA, M. R. F. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n. 2, p. 145–153, 2016.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

ROCHA, A. C. da; NETO, J. d. S. C. Uso da gamificação no ensino de química. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 7, p. e151321–e151321, 2021.

SALES, G. L. *et al.* Gamificação e ensinagem híbrida na sala de aula de física: metodologias ativas aplicadas aos espaços de aprendizagem e na prática docente. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 45–52, 2017.

SANTOS, A. V. d.; JANKE, L. C.; STRACKE, M. P. A utilização combinada do aplicativo quiz tabela periódica com o software hot potatoes no estudo da classificação periódica dos elementos químicos. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, SciELO Argentina, n. 25, p. 78–85, 2020.

SILVA, F. C. V. da; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. de. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 10, n. 19, p. 46–61, 2013.

SILVA, J. B. D. *et al.* Tecnologias digitais e metodologias ativas na escola: o contributo do kahoot! para gamificar a sala de aula. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 780–791, 2018.

SILVA, J. B. da. O contributo das tecnologias digitais para o ensino híbrido: o rompimento das fronteiras espaço-temporais historicamente estabelecidas e suas implicações no ensino. **ARTEFACTUM-Revista de estudos em Linguagens e Tecnologia**, v. 15, n. 2, p. 1–11, 2017.

SOARES, I. C. C. **Reflexões sobre a abordagem de metodologias ativas em cursos de licenciatura em ciências e matemática e entre seus licenciandos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

SOUZA, J. I. R. de; LEITE, Q. d. S. S.; LEITE, B. S. Avaliação das dificuldades dos ingressos no curso de licenciatura em química no sertão pernambucano. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 5, p. 135–159, 2015.

SÁ, C. S. S.; SANTOS, W. L. P. Motivação para a carreira docente e construção de identidades: O papel dos pesquisadores em ensino de química. **Química Nova**, v. 39, p. 104–111, 2016.

TOLOMEI, B. V. A gamificação como estratégia de engajamento e motivação na educação. **EAD em foco**, v. 7, n. 2, p. 145–156, 2017.