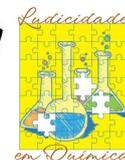


Desenvolvimento e validação de um jogo de tabuleiro sobre radioatividade para o Ensino Médio

Caroline Nascimento da Silva, Maria Isabella Guilherme de Melo, Pedro Ivo da Silva Maia, Bruno Pereira Garcês e Carla Regina Costa

O ensino de Química tem um papel relevante na formação de cidadãos. O fato da Química ser ensinada de maneira abstrata contribui para torná-la desinteressante e de difícil compreensão para muitos estudantes. Nesse contexto, a motivação torna-se fundamental para a aprendizagem de Química. Dentre os recursos didáticos capazes de motivar o estudante a aprender Química destacam-se os jogos. Um jogo didático é capaz de potencializar a aprendizagem e contribuir para que ela seja mais efetiva. Este trabalho apresenta as etapas que culminaram no desenvolvimento de um jogo didático que pode integrar as aulas do Ensino Médio sobre radioatividade, como uma ferramenta capaz de torná-las mais atrativas ao estudante, despertando o seu interesse pelo assunto. O jogo foi aplicado em duas escolas, uma da rede particular e outra da rede pública de ensino, e os resultados mostraram que ele é um recurso didático promissor para o ensino de radioatividade.

► radiação nuclear, jogo analógico, interação de estudantes ◀



618

Recebido em 30/06/2024; aceito em 14/10/2024

Introdução

Na Educação Básica, o ensino de Química tem um papel relevante na formação de cidadãos, tendo como objetivo possibilitar ao estudante uma compreensão dos diversos fenômenos que integram o seu cotidiano, muitos dos quais são imperceptíveis por acontecerem em escala submicroscópica (Afonso *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2022). Assim, o fato da Química ser uma ciência ensinada de maneira abstrata contribui para torná-la desinteressante e de difícil compreensão para muitos estudantes (Afonso *et al.*, 2018). Embora uma educação contextualizada e lúdica venha sendo tema recorrente nos fóruns, congressos e especializações (Prado, 2018), muitos docentes ainda empregam modelos de ensino tradicionais centrados na memorização de fórmulas, leis e teorias desvinculadas das situações vivenciadas pelos alunos, o que contribui ainda mais para o seu distanciamento da Química (Afonso *et al.*, 2018; Benedetti-Filho *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a motivação torna-se fundamental para a aprendizagem de Química, uma vez que o envolvimento necessário para aprender depende dela (Afonso *et al.*, 2018). Compete principalmente ao professor a tarefa de motivar o estudante, despertando-lhe o desejo em aprender (Afonso *et*

al., 2018). Uma vez motivado, o aluno mostra-se envolvido de forma ativa durante a realização de uma tarefa, com esforço, persistência e entusiasmo, o que o leva a desenvolver habilidades, superar desafios e o torna protagonista de sua aprendizagem (Afonso *et al.*, 2018).

Dentre os diversos recursos didáticos capazes de motivar o estudante e despertar sua curiosidade e seu desejo por aprender Química destacam-se os jogos (Afonso *et al.*, 2018). De acordo com Huizinga (2000, p. 24), “o jogo é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da ‘vida cotidiana’.” O jogo é um instrumento capaz de potencializar a aprendizagem, sendo considerado uma atividade lúdica, ou seja, uma atividade alegre e descontraída que possibilita a ação, a interação e o afeto dentro da sala de aula, fatores importantes no ato de aprender (Vasconcelos e Cardoso, 2010; Heidelmann *et al.*, 2022). Além disso, o jogo pode contribuir para uma aprendizagem mais efetiva, uma vez que se baseia em respostas interativas para problemas nos quais engajamento, persistência e cooperação são fundamentais para o progresso das narrativas apresentadas

em sala de aula, além de encorajar os estudantes a encararem desafios que permitem a eles aprenderem os conteúdos e desenvolverem habilidades (Heidemann *et al.*, 2022; Ramos *et al.*, 2020).

A ludicidade de jogos em grupo permite retratar aspectos cotidianos e educar para a vida em sociedade, possibilitando que as pessoas trabalhem com o limite, a regularidade, o respeito e a disciplina, por meio de ações necessariamente induzidas pela regra (Medeiros, 2019). Nesse contexto, o conhecimento é o resultado da interação entre o sujeito e o meio, e o jogo passa a ser uma ferramenta importante nos processos de desenvolvimento, desafiando o raciocínio individual do jogador, tido como um sujeito ativo e participativo e que precisa, em cada situação, propor estratégias, desenvolver raciocínios e reconhecer erros para que possa construir novas estratégias para alcançar as metas e objetivos propostos pelo jogo (Medeiros, 2019).

No contexto escolar, os jogos podem ser classificados como educativos e didáticos (Cunha, 2012). Um jogo educativo pode ocorrer em qualquer lugar e envolve ações ativas e dinâmicas orientadas pelo professor na esfera corporal, cognitiva, afetiva e social do estudante (Cunha, 2012). Um jogo didático geralmente ocorre no ambiente escolar (sala de aula, laboratório, etc.) e se relaciona ao ensino de conceitos e conteúdos organizados com regras e atividades programadas de forma a manter um equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa do jogo (Cunha, 2012).

De maneira geral, os jogos também podem ser classificados em analógicos e digitais (Ramos *et al.*, 2020). Os jogos analógicos contêm peças e objetos palpáveis e o ambiente do jogo é criado no imaginário de cada jogador, sendo que essa representação não pode ser compartilhada de forma concreta (Ramos *et al.*, 2020). Nos jogos digitais, os elementos do jogo são representados por meio de gráficos interativos, visualizados pelo jogador em um monitor ou tela (Ramos *et al.*, 2020). Além disso, nos jogos digitais o jogador se envolve em um ambiente abstrato e virtual, que lhe permite experimentar situações de perigo, as quais não seriam possíveis de serem vivenciadas em jogos analógicos (Ramos *et al.*, 2020).

Outra diferença entre os jogos digitais e analógicos é a forma como as regras são estabelecidas e colocadas em prática durante o jogo (Ramos *et al.*, 2020). Nos jogos digitais, as normas e consequências pelo não cumprimento das regras são estabelecidas por meio de programação computacional, o que inviabiliza alterá-las ou negociá-las (Ramos *et al.*, 2020). Os jogos analógicos são mais flexíveis porque possibilitam que as normas sejam alteradas pelos próprios jogadores ou pelo professor quando se tratar de um jogo educativo ou didático (Ramos *et al.*, 2020).

Os jogos digitais requerem menor tempo em atividades relacionadas à compreensão e administração do jogo (leitura de manual e fiscalização das regras para evitar trapaças), o que contribui para torná-los mais rápidos e dinâmicos (Ramos e Oliveira, 2023). Outras vantagens dos jogos digitais incluem: a competição em tempo real; a motivação

despertada pela contagem de tempo; os *feedbacks* que ocorrem de forma imediata, possibilitando acompanhar o progresso em relação aos objetivos e aprimorar a experiência do jogador; o *replay* e os níveis, que permitem salvar a posição do jogador e possibilitam retornar ao mesmo nível ou ir para um nível de dificuldade maior (Ramos e Oliveira, 2023).

Considerando que o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) foi intensificado durante a pandemia de covid-19 (Rocha *et al.*, 2022), e que elas estão cada vez mais presentes e acessíveis no cotidiano do aluno (Lima *et al.*, 2020), os jogos digitais podem ser um caminho para o ensino de Química. Entretanto, é necessário ter cautela, uma vez que eles podem causar dependência, acarretando prejuízos na vida do sujeito, como baixo rendimento escolar, isolamento social e problemas familiares (Gonçalves e Azambuja, 2021). A adolescência é o período mais propenso à dependência por jogos digitais por ser uma fase da vida marcada pela formação da identidade e pela constante necessidade de autoafirmação (Gonçalves e Azambuja, 2021). Além disso, uma desvantagem dos jogos digitais é que eles são baseados em *scripts*: sequências de instruções previamente programadas com grau de variação naturalmente inferior àquele da interação entre pessoas. Assim, embora haja jogos com sistemas de *scripts* sofisticados, as sequências de interação são bastante repetitivas, o que faz com que o jogo se torne previsível rapidamente (Breault, 2020). Cabe mencionar ainda que muitos jogos usam de forma equivocada a expressão “inteligência artificial” para designar tais sistemas de *scripts* (Breault, 2020).

O jogo de tabuleiro, um tipo de jogo analógico, pode ser uma ferramenta valiosa no processo de ensino/aprendizagem (Prado, 2018) e uma alternativa frente aos jogos digitais. Destacam-se como vantagens dos jogos de tabuleiros (La Carretta, 2018): não dependem de conhecimento em programação computacional para serem criados; não necessitam de energia elétrica ou suporte digital para serem jogados; podem ser jogados em qualquer lugar; possibilitam o estabelecimento de relações pessoais de forma mais clara entre os jogadores (interação face-a-face); obrigam a organização física dos jogadores em grupos.

No ensino de Química, jogos de tabuleiro podem possibilitar a abordagem das várias facetas de um determinado assunto, levando os estudantes a refletirem e ampliarem o seu conhecimento sobre ele, de forma abrangente e multidisciplinar. Nesse contexto, a radioatividade é um conteúdo relevante para a formação do estudante da Educação Básica, que está presente nas competências e habilidades propostas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), documento que baliza o currículo da educação básica brasileira, podendo ser discutido por professores de Química, Física e Biologia (Brasil, 2018; Nunes e Mesquita, 2022).

Em 2021, estreou na plataforma de *streaming* Netflix o filme *Radioactive*, inspirado no romance *Radioactive: Marie & Pierre Curie, A Tale of Love and Fallout* (em português, *Radioativos: Marie & Pierre Curie, uma história de amor e*

contaminação), de autoria de Lauren Redniss. A obra conta a história da física polonesa radicada na França, Marie Curie, primeira pessoa a ganhar duas vezes o Prêmio Nobel, por seu trabalho com a radioatividade. No livro são retratados, além da infância de Marie, sua história de amor e colaboração científica com seu esposo Pierre e o resultado gradativo da sua exposição prolongada à radiação, que culminou na sua morte em 4 de julho de 1934 (Redins, 2010).

A morte de Marie Curie foi resultado dos efeitos nocivos da radiação ionizante, que ainda não eram conhecidos naquela época. Hoje sabemos que é possível trabalhar com elementos químicos radioativos de forma segura, seguindo rigorosos protocolos de segurança. Apesar disso, muitas pessoas ainda associam a radioatividade apenas a acontecimentos negativos, como o bombardeio atômico que destruiu as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki em 1945; o acidente nuclear de Chernobyl, na antiga União Soviética, em 1986, considerado o maior acidente radioativo da humanidade; e o acidente nuclear ocorrido em 1987 no Brasil, em Goiânia, devido ao descarte inadequado de equipamentos hospitalares contendo césio-137 (Araújo *et al.*, 2018). Considerando os acontecimentos apresentados, nota-se que o primeiro foi intencional, culminando com o fim da Segunda Guerra Mundial, e os dois últimos decorrentes de falhas humanas.

Apesar de muitas vezes ser associada ao seu emprego como armamento, às doenças causadas devido à sua exposição e aos acontecimentos acidentais que resultaram em diversas mortes, a radiação ionizante também possui inúmeras outras aplicações que mostram o seu aspecto positivo. Este tipo de radiação pode ser empregado na esterilização de luvas e seringas, para a conservação de alimentos, na prevenção de pragas na agricultura, na identificação de vazamentos de petróleo empregando radioisótopos como traçadores, na eliminação de células tumorais por radioterapia, na visualização de estruturas do nosso organismo e na geração de energia pelas usinas nucleares (Araújo *et al.*, 2018; Patrício *et al.*, 2012).

Nesse contexto, é necessário pensar em estratégias que permitam desmitificar o conceito e a aplicação da radioatividade, de forma a educar a sociedade sobre seus riscos, mas também sobre suas potencialidades. Neste trabalho, será apresentado um jogo elaborado para ser utilizado como recurso didático para o ensino da temática radioatividade na Educação Básica, bem como os resultados de sua aplicação em duas escolas da cidade de Catalão (GO).

Percurso metodológico

Elaboração do jogo didático

O desenvolvimento do jogo de tabuleiro proposto neste trabalho foi dividido em quatro etapas. Na primeira etapa,

realizou-se uma pesquisa de jogos de tabuleiro para fins educativos, sobre a temática radioatividade, no portal de periódicos da CAPES, sendo encontrados os seguintes jogos: *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019), *Jornada Radioativa* (Sales *et al.*, 2020) e *Cidade Radioativa* (Zapateiro *et al.*, 2023).

A segunda etapa consistiu no desenvolvimento do jogo. Nela, foram elaboradas as regras do jogo levando-se em conta seu objetivo, a ideia central, as táticas de jogo, bem como a arte e o nome. Nesse estágio, foram selecionados os assuntos de radioatividade que seriam abordados no jogo, de forma a contemplar as competências e habilidades previstas na BNCC (Brasil, 2018). Ao final dessa etapa obteve-se o primeiro protótipo do jogo.

Na terceira etapa, com a finalidade de realizar uma avaliação preliminar do jogo desenvolvido, realizou-se um teste que contou com a participação de uma estudante do 9º ano do Ensino Fundamental, um estudante que já havia finalizado o Ensino Médio, uma professora de Química do Ensino Médio e um professor universitário com formação em Geologia. Nesse momento, percebeu-se que o jogo estava monótono e propôs-se modificações que resultaram em uma segunda versão do jogo.

A quarta etapa ocorreu após a utilização do jogo como recurso didático na primeira escola participante desta pesquisa. Percebeu-se então que ainda era necessário realizar melhorias na dinâmica do jogo, o que resultou em uma nova modificação do tabuleiro, originando a terceira versão, que foi utilizada na segunda escola participante desta pesquisa.

Validação do jogo didático

O jogo elaborado integrou uma pesquisa desenvolvida em duas escolas localizadas na região central da cidade de Catalão (GO), uma da rede particular e uma da rede estadual. Participaram da pesquisa 30 estudantes da escola particular e 29 estudantes da escola pública, todos cursando o primeiro

O jogo elaborado integrou uma pesquisa desenvolvida em duas escolas localizadas na região central da cidade de Catalão (GO), uma da rede particular e uma da rede estadual. Participaram da pesquisa 30 estudantes da escola particular e 29 estudantes da escola pública, todos cursando o primeiro ano do Ensino Médio.

ano do Ensino Médio. A pesquisa envolveu a realização de uma atividade sobre radioatividade em três etapas: (1) Pré-ensino; (2) Intervenção didática e (3) Pós-ensino.

Na etapa denominada Pré-ensino, foi aplicado um questionário diagnóstico que teve como objetivo verificar o conhecimento prévio dos estudantes participantes da pesquisa acerca do tema radioatividade. Esta etapa teve a duração de uma aula. O questionário contou com as seguintes perguntas: (1) O que vem em sua mente quando você ouve a palavra radioatividade? (2) Você acha que a radioatividade é importante para nossas vidas? (3) Na sua opinião, a radioatividade é perigosa ou prejudicial aos seres vivos? (4) Você acredita que a radioatividade traz benefícios para o ser humano? (5) Se você respondeu sim para a questão 3 ou 4, cite exemplos que mostrem os riscos e benefícios da radioatividade. As questões 1 e 5 foram dissertativas. As

questões 2, 3 e 4 utilizaram a escala Likert, com gradação de 1 a 5, sendo que 5 representou o grau máximo de concordância do estudante participante da pesquisa com o enunciado.

A etapa intitulada Intervenção Didática teve a duração de três aulas. Inicialmente, foi ministrada uma aula expositiva com o auxílio de *slides*, na qual foi apresentado aos alunos o conteúdo envolvendo conhecimentos gerais, curiosidades, aplicações e fatos históricos acerca da radioatividade. Todo o conteúdo apresentado foi explorado no jogo proposto. Após a aula expositiva, a professora mostrou os componentes do jogo para cada turma, leu o manual de instruções e dividiu as turmas em seis grupos, sendo que cada grupo desempenhou o papel de um jogador.

Na etapa Pós-ensino, os estudantes responderam uma pesquisa composta por 29 proposições utilizando a escala Likert, com gradação de 1 a 5, com 1 indicando “Discordo fortemente” e 5, “Concordo fortemente”, além de uma questão discursiva que tinha como objetivo registrar as considerações e sugestões dos estudantes sobre o jogo proposto. As 29 proposições foram as seguintes: (1) A radioatividade é um ramo importante da Química. (2) A radioatividade tem alguns conceitos de difícil compreensão. (3) Muitos colegas têm dificuldade em assimilar as teorias ou conteúdos relacionados com a radioatividade. (4) Essa atividade, como forma de avaliação, pode substituir a avaliação tradicional. (5) Essa atividade pode complementar o conteúdo tradicionalmente ensinado e avaliado. (6) O jogo consegue transmitir o conteúdo de radioatividade para os usuários. (7) O jogo consegue avaliar se os jogadores têm conhecimento sobre o assunto e pode ser usado para analisar conteúdos adquiridos. (8) O *design* do jogo é atraente (interface ou objetos, como cartas ou tabuleiros). (9) Os conceitos contidos no jogo estão adequados e são de fácil entendimento. (10) As perguntas de radioatividade eram muito difíceis. (11) Tive que lembrar de conceitos químicos para avançar no jogo. (12) Tive que interagir com meus colegas para avançar na atividade. (13) O conteúdo teórico sobre radioatividade, abordado anteriormente, me ajudou no jogo. (14) Estar em grupo é essencial para esta atividade. (15) A atividade desperta o interesse investigativo. (16) O roteiro ou dinâmica do jogo é monótono(a). (17) Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção. (18) A variação (de forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo. (19) O conteúdo do jogo é tão abstrato que foi difícil manter a atenção nele. (20) Foi fácil entender o jogo e ele pode servir como ferramenta de estudo ou material didático. (21) O jogo proporciona confiança de que se está aprendendo. (22) O jogo proporciona situações surpreendentes ou inesperadas. (23) Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, fiquei totalmente concentrado no jogo. (24) O jogo apresenta cooperação e competição entre os participantes. (25) O jogo desafia o jogador e se apresenta como uma situação que busca o engajamento dos participantes. (26) O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono – oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades. (27) Eu gostei do jogo, me diverti com outras pessoas e não me

senti ansioso ou entediado. (28) Eu o jogaria novamente. (29) Eu recomendaria este jogo para meus colegas.

Resultados e discussão

O surgimento do jogo Radiogame

Os jogos *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019), *Jornada Radioativa* (Sales *et al.*, 2020) e *Cidade Radioativa* (Zapateiro *et al.*, 2023), analisados na primeira etapa deste trabalho, consistem em jogos de tabuleiro com um caminho a ser percorrido pelo jogador ou equipe até o ponto de chegada. Por se tratar de jogos de trilha, os três possuem peças (peões) para representar o jogador ou equipe e necessitam de um dado para indicar o número de casas a ser percorrido em uma jogada. Leite *et al.* (2019) não descreveram os formatos das peças que representam o jogador ou equipe no jogo *Radiogan*, mas, pelas fotos apresentadas no artigo, percebe-se que são peças circulares de diferentes cores. Sales *et al.* (2020) representaram os peões do jogo *Jornada Radioativa* pelos seguintes cientistas que contribuíram de maneira significativa com pesquisas na área de radioatividade: Henri Becquerel, James Chadwick, Marie Curie, Pierre Curie e Lise Meitner. No jogo *Cidade Radioativa*, Zapateiro *et al.* (2023) usaram os seguintes objetos em miniatura, relacionados ao tema radioatividade, para representar os jogadores ou equipes: bomba atômica, usina nuclear, lixo radioativo e trifólio (símbolo internacional indicativo da presença de radiação ionizante).

Os contextos propostos para cada jogo analisado também são diferentes. *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019) se passa no contexto de Porto de Tema, localizado em Acra, capital do país africano Gana, onde se situa o maior lixão eletrônico do mundo. À medida que percorre a trilha do jogo, o jogador passa pelo porto, pelo lixão eletrônico, por casas residenciais, pelo centro de reciclagem, pelo hospital e por casas “bomba”. Na *Jornada Radioativa* (Sales *et al.*, 2020), o tabuleiro conta com casas α , β e γ , casas com o trifólio e casas de ações, que indicam atitudes variadas que os jogadores devem ter no percurso da trilha. Em *Cidade Radioativa* (Zapateiro *et al.*, 2023), os jogadores têm a oportunidade de explorar uma cidade fictícia repleta de oportunidades e desafios relacionados à radioatividade.

Os três jogos analisados possuem cartas que podem conter perguntas, informações e ações. As cartas de *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019) possuem questões com diferentes graus de dificuldade, para as quais se atribuem valores de apostas, sendo que quanto maior o grau de dificuldade, maior é o valor de aposta. *Jornada Radioativa* (Sales *et al.*, 2020) possui cartas contendo questões classificadas em três grupos, denominados α , β e γ , que compreendem questões de dificuldade baixa, média e alta, respectivamente. Há ainda cartas com bônus, cartas com o trifólio trazendo fatos curiosos sobre radioatividade e cartas de sorte ou azar, que possibilitam ao jogador avançar ou retroceder casas, respectivamente (Sales *et al.*, 2020). *Cidade Radioativa* (Zapateiro *et al.*, 2023) contém cartas de companhias que representam empresas

relacionadas à radioatividade, as quais oferecem vantagens para os jogadores que as adquirirem, e cartas de benefícios e malefícios que podem trazer efeitos positivos ou negativos para os jogadores.

Os jogos *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019) e *Cidade Radioativa* (Zapateiro *et al.*, 2023) possuem ainda cédulas de dinheiro. Em *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019), essas cédulas recebem o nome de “Radiodins” e são utilizadas pelos jogadores para efetuar suas apostas. O nome da moeda em *Cidade Radioativa* (Zapateiro *et al.*, 2023) é “Radium”, e ela é utilizada para movimentar o tabuleiro por meio de ações e transações comerciais entre os jogadores.

Com relação à autoria dos jogos, *Radiogan* (Leite *et al.*, 2019) foi desenvolvido por estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), como uma atividade do componente curricular História e Cultura Afro-Brasileira e Indígena. O jogo *Jornada Radioativa* (Sales *et al.*, 2020) foi elaborado por estudantes do 8º período do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Acre (UFAC) durante o ano de 2018, como parte das atividades práticas da disciplina de Estágio Supervisionado IV. O jogo *Cidade Radioativa* foi elaborado pelos autores Zapateiro *et al.* (2023).

O jogo desenvolvido neste trabalho para ser utilizado no ensino de radioatividade se trata de um jogo de tabuleiro semelhante aos descritos anteriormente, que possui um caminho a ser percorrido pelos jogadores ou equipes, representados por peões; que contém cartas com perguntas, informações e ações; e que necessita de um dado para indicar o número de casas a ser percorrido em cada jogada. A versão inicial do jogo foi proposta em um trabalho de iniciação científica financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a versão final consistiu em um recurso educacional produzido em um programa de mestrado profissional voltado para a capacitação de professores de Química da Educação Básica.

Na Figura 1, são apresentadas as versões inicial e final deste jogo. A primeira versão desenvolvida foi intitulada *Radiat1* [Figura 1(a)]. Nessa versão, as casas do tabuleiro possuem quatro cores diferentes, referentes a quatro categorias de cartas com as mesmas cores. As cartas amarelas contêm perguntas com três alternativas cada. Pensou-se em três alternativas para propiciar respostas mais rápidas dos estudantes e com maior possibilidade de acerto, permitindo maior fluidez no jogo. Também há questões do tipo verdadeiro ou falso. As perguntas das cartas amarelas foram agrupadas em três categorias: teoria, prática e história. As questões referentes à teoria abordam conceitos sistematizados, e as referentes à prática, a aplicabilidade da radiação nuclear e exercícios numéricos envolvendo a aplicação da teoria sobre radioatividade. As questões referentes à história

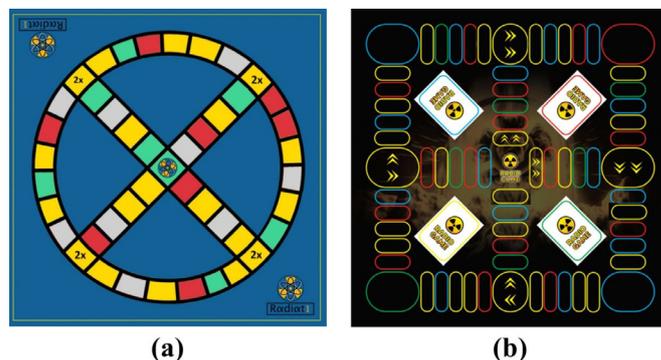


Figura 1: Evolução do tabuleiro do jogo didático proposto neste trabalho para o ensino de radioatividade (a) versão inicial, intitulada *Radiat1* e (b) versão final, intitulada *Radiogame*.

retratam acidentes nucleares e acontecimentos envolvendo a radioatividade ocorridos ao longo da história. No Quadro 1 são apresentados exemplos dos tipos de questões contidas nas cartas amarelas e a pontuação que o jogador conquistará se escolher a resposta correta.

Com o intuito de fugir do estereótipo de um jogo de perguntas e respostas associado simplesmente ao conhecimento prévio dos jogadores, foram adicionadas casas com ações definidas para trazerem eventos surpresas que podem mudar o encaminhamento da partida, proporcionando aos jogadores expectativa e prazer com o andamento do jogo. Assim, além das casas/cartas amarelas, foram introduzidas casas/cartas cinza, vermelhas e verdes.

As cartas cinza são de sorte ou revés, ou seja, são cartas de ações aleatórias que podem beneficiar ou prejudicar o jogador. As cartas vermelhas são de desastres nucleares e resultam em pontuação negativa (perda de pontos) para o jogador. As cartas verdes são de cura ou blindagem e não fornecem pontos ao jogador, mas podem anular as cartas de desastres nucleares com a mesma pontuação.

No Quadro 2, são apresentados exemplos de textos contidos nas cartas cinza, vermelhas e verdes.

O tabuleiro do jogo *Radiat1* [Figura 1(a)] foi pensando sem um caminho definido, diferente dos jogos tradicionais. Todos os jogadores iniciam ao centro do tabuleiro e podem se mover livremente pela circunferência e pelos caminhos internos.

O teste preliminar realizado com o protótipo do jogo *Radiat1* mostrou que, embora a fluidez tenha sido uma característica levada em consideração na concepção do jogo, ele ainda precisava ser aperfeiçoado, de forma a se tornar mais dinâmico para os estudantes. Assim, uma nova versão de tabuleiro foi proposta para o jogo, a qual se assemelha à versão final apresentada na Figura 1(b). Na nova versão do jogo, o jogador continua iniciando ao centro do tabuleiro, mas as direções para onde pode se mover são mais limitadas

Quadro 1: Exemplos de perguntas presentes nas cartas amarelas.

Categories	Perguntas	Pontuação
Teoria	Os termos radiação e radioatividade não significam a mesma coisa. Os átomos podem emitir radiação e não ser radioativos, logo, o que caracteriza a radioatividade? a. Capacidade de ionizar outras espécies. b. Liberação de partículas ou energia eletromagnética por núcleos atômicos. c. Capacidade de núcleos atômicos absorver energia. Resposta: b	+3
	Julgue se a afirmativa a seguir é verdadeira ou falsa: “A radioatividade é um fenômeno natural e não depende da temperatura, da pressão ou do estado físico da amostra radioativa para que ocorra.” a. Verdadeiro b. Falso Resposta: a	+2
Prática	Fósforo-32 é utilizado na medicina nuclear para tratamento de problemas vasculares. No decaimento deste radioisótopo, é formado enxofre-32, ocorrendo emissão de: a. partícula alfa (α) b. partícula beta (β) c. Raios gama (γ) Resposta: b	+2
	Quando um organismo morre, ele para de absorver carbono-14. Por isso, é possível utilizar a datação do decaimento para saber há quanto tempo determinado organismo morreu. Ao analisar uma madeira, percebeu-se que a concentração inicial de carbono-14 foi reduzida à metade. Logo, podemos afirmar que se passou (passaram) quanto(s) tempo(s) de meia-vida? a. $2 t_{1/2}$ b. $1 t_{1/2}$ c. Menos que $1 t_{1/2}$ Resposta: b	+3
História	O acidente de Chernobyl (1986) ocorreu um ano antes do acidente com o ${}_{55}\text{Cs}^{137}$ em Goiânia. Sobre o primeiro acidente, escolha a alternativa verdadeira: a. Ocorreu na antiga União Soviética, atual território ucraniano. b. Foi o segundo maior acidente radioativo da história. c. Resultou de uma falha mecânica em um dos reatores da usina nuclear. Resposta: a	+4
	Em 1964, o cientista Linus Pauling conseguiu que as superpotências mundiais assinassem o Tratado de Limitação Parcial de Testes Nucleares, um acordo comprometendo a não realizar mais testes com bombas nucleares a céu aberto. Essa afirmativa é: a. Verdadeira b. Falsa Resposta: a	+3

do que na primeira versão, sendo indicadas pelas setas. As cartas também sofreram algumas modificações. Com exceção das cartas amarelas, as demais foram modificadas. As cartas/casas cinza foram substituídas pelas cartas/casas azuis, que passaram a ser de sorte, neutra ou revés, cartas de ações aleatórias que podem ser benéficas ou prejudiciais para o jogador, podendo afetar o jogador da rodada ou os outros jogadores.

As cartas vermelhas passaram a ser denominadas cartas de exposição, sendo cartas que fornecem pontuação negativa em diferentes cenários de exposição à radiação. As cartas

vermelhas devem ser guardadas pelo jogador para serem contabilizadas no final da partida, podendo ser anuladas com as cartas verdes que possuem proteção para o tipo de exposição. Cada carta vermelha foi denominada com a palavra Exposição e uma letra entre A e J.

As cartas verdes passaram a ser denominadas cartas de proteção, sendo cartas que não fornecem pontos, mas anulam pontos negativos das cartas vermelhas se a letra do tipo de exposição for a mesma do tipo de proteção. Cada carta verde foi denominada com a palavra Proteção e uma letra entre A e J.

Quadro 2: Exemplos de textos contidos nas cartas cinza, vermelhas e verdes.

Categorias	Textos
Cartas cinza (Sorte ou revés)	Graças à técnica nuclear gamagrafia foi possível detectar se havia defeitos ou rachaduras na tubulação de transporte de gás entre Brasil e Bolívia. Ganhe 1 ponto de vitória.
	A falta de ventos na sua região causou uma falta de energia eólica e não há usinas de energia nuclear no seu estado. Perca 1 ponto de vitória.
Cartas vermelhas (Desastre nuclear)	Você mora em um raio de 200 km de uma usina nuclear e houve um vazamento de material radioativo. Você sofreu uma leve contaminação. Perca 4 pontos de vitória.
	Você trabalhou como radiologista por 20 anos sem utilizar corretamente os equipamentos de segurança. Por isso, desenvolveu câncer em estágio 4. Perca 4 pontos de vitória
Cartas verdes (Cura ou blindagem)	Ative esta carta para bloquear partículas radioativas por meio de uma barreira fina feita de chumbo.
	Utilize esta carta para receber um tratamento completo de radioterapia contra o câncer.

Além das adequações realizadas no tabuleiro, nos nomes e nos conteúdos das cartas do jogo, decidiu-se por modificar o seu nome para *Radiogame*, por considerá-lo um nome mais atrativo do que *Radiat1* para os estudantes do Ensino Médio. Após essas modificações, o jogo foi aplicado na escola particular, quando se observou ser preciso realizar uma nova alteração: percebeu-se a necessidade de introduzir mais casas amarelas (cartas de perguntas) para que aumentassem as chances de os jogadores serem desafiados com perguntas. Isso originou a versão final do tabuleiro [Figura 1(b)]. A versão final do jogo *Radiogame* conta com um tabuleiro detalhado com casas de cores variadas (amarela, azul, verde e vermelha) em que os peões podem se deslocar, com posições específicas para colocar as cartas separadas por cores (Figura 2); um dado; seis peões fluorescentes, remetendo ao brilho emitido por alguns elementos radioativos; sessenta cartas amarelas de perguntas, que conferem pontos positivos em caso de acerto, ou negativos, em caso de erro; trinta cartas azuis de sorte, neutra ou revés, que podem conferir pontuação positiva ou negativa; dez cartas vermelhas de exposição à radiação, que podem levar o jogador a perder pontos em situações diferentes de exposição radioativa; dez cartas verdes de proteção contra a radiação, que podem anular a pontuação negativa adquirida com a carta vermelha correspondente;

cem fichas verdes de pontos de vitória ou proteção antirradiação, que auxiliarão no ganho de pontuação extra; cem fichas vermelhas de pontos negativos ou radioativos, que irão conferir ao jogador uma redução da pontuação já adquirida por ele; e um manual do jogo.

Avaliação do jogo Radiogame por meio da aplicação em dois contextos escolares

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos no desenvolvimento da atividade que envolveu a utilização do jogo *Radiogame* nas duas turmas de 1º ano de Ensino Médio. A motivação inicial para a aplicação do jogo nas duas escolas foi o fato da autora principal deste trabalho, professora de Ensino Médio em Catalão (GO), conhecer as duas turmas. No momento do desenvolvimento da atividade, a professora lecionava Química na escola particular e estava afastada da escola pública para realizar seu trabalho de mestrado. Era de interesse da professora avaliar o desempenho das duas turmas diante de uma atividade desenvolvida da mesma forma.

No Quadro 3, são apresentadas as respostas obtidas pelos alunos quando se solicitou a eles que citassem exemplos de efeitos positivos e negativos da radioatividade. Ao comparar respostas dos alunos das duas escolas, observamos algumas



Figura 2: Foto do jogo *Radiogame* com seus respectivos componentes.

Quadro 3: Principais efeitos positivos e negativos da radioatividade apontados por estudantes do 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular e de uma escola pública da cidade de Catalão (GO).

Efeitos da radioatividade	Escola Particular	Escola Pública
Positivos (quantidade de vezes citados)	Raio-X ou radiografia (17) Uso ou avanço na medicina (6) Uso ou avanço na ciência (5) Pesquisa (3) Radioterapia (3) Tratamento de doenças (3) Diagnóstico de doenças (3) Usinas nucleares (3) Uso ou avanço tecnológico (1) Radiação solar (vitamina D) (1) Sim, mas não sabe o porquê (1)	Não veem algo bom (14) Radiografia ou raio-X (8) Uso na medicina (4) Energia (4) Sim se usada corretamente, mas não sabia como (2) Exames médicos ou diagnósticos (3) Tratamentos médicos (3) Tratamento para o câncer ou radioterapia (3) Radiação solar que é essencial para a vida (2)
Negativos (quantidade de vezes citados)	Câncer geral ou de pele (17) Mutações (geral, genética ou celular) (8) Doença, mal à saúde ou danos celulares (8) Chernobyl (6) Césio-137 (4) Explosões ou bombas (4) Altera o DNA (3) Morte (3) Tragédias ou desastres (3) Deformidades ou deformações (2) Hiroshima e Nagasaki (2)	Câncer de pele e outros (13) Doenças (8) Afeta, faz mal, danos, ou problemas de saúde ou ao corpo (7) Que mata ou causa morte (7) Desastres como Césio-137 (5) Chernobyl (3) Mutações ou mudanças genéticas (3) Bombas ou explosões (2)

tendências e diferenças significativas em suas percepções sobre os efeitos da radioatividade.

Considerando os efeitos positivos da radioatividade, os alunos da escola particular demonstraram um conhecimento mais detalhado de seus benefícios na medicina, com dezesseite citações de raios-X/radiografia, comparado com oito na escola pública. Avanços na medicina e ciência, assim como usos em diagnósticos e tratamento de doenças, também foram mais mencionados pelos alunos da escola particular. Por outro lado, catorze alunos da escola pública não conseguiram identificar efeitos positivos da radioatividade.

Com relação aos efeitos negativos da radioatividade, o câncer foi o mais mencionado por alunos de ambas as escolas, ocorrendo dezesseite citações na escola particular e treze na escola pública. Desastres nucleares como o de Chernobyl e o acidente com o césio-137 foram mencionados por ambas as turmas, mas os alunos da escola particular citaram esses eventos com mais frequência. Mutações e problemas de saúde também foram comumente mencionados, com uma leve predominância na escola particular. Notavelmente, a escola particular incluiu referências específicas a Hiroshima e Nagasaki, além de uma gama mais ampla de efeitos negativos.

As respostas dos alunos sobre os pontos positivos e negativos da radioatividade revelam que os alunos da escola

particular possuem uma compreensão mais abrangente e técnica dos efeitos da radioatividade. Essa diferença pode ser atribuída ao foco acadêmico mais intenso e aos recursos educacionais disponíveis na escola particular, que objetivam preparar os alunos para exames competitivos e incentivam maior engajamento em tópicos científicos. Em contrapartida, os alunos da escola pública, embora conscientes dos efeitos negativos da radioatividade, demonstraram menor familiaridade com os benefícios da radioatividade.

O melhor desempenho dos estudantes da escola particular em relação aos da escola pública levam à reflexão sobre as causas e magnitudes. Dentre os fatores que podem justificar essas diferenças devem ser destacados o *background* familiar e a qualidade do estabelecimento de ensino (Sampaio e Guimarães, 2009). Sem dúvida, a família tem um papel importante no desempenho do aluno. Um ambiente familiar estável proporciona maior segurança ao estudante e não afeta negativamente a sua personalidade. A educação dos pais pode influenciar o desempenho escolar do filho de várias formas: pode servir como exemplo, reforçar a motivação para o estudo, ampliar o acesso à informação e ser uma referência quanto às consequências de se obter maior grau educacional (Sampaio e Guimarães, 2009). O acesso à informação é um dos aspectos mais importantes para o bom desempenho do estudante,

Com relação aos efeitos negativos da radioatividade, o câncer foi o mais mencionado por alunos de ambas as escolas, ocorrendo dezesseite citações na escola particular e treze na escola pública. Desastres nucleares como o de Chernobyl e o acidente com o césio-137 foram mencionados por ambas as turmas, mas os alunos da escola particular citaram esses eventos com mais frequência.

uma vez que proporciona condições para que ele potencialize o estudo, incluindo o acesso a livros, enciclopédias, canais educativos em televisão fechada e disponibilidade de internet (Sampaio e Guimarães, 2009). A renda familiar proporciona melhores condições de acesso à informação e possibilita que o estudante frequente escolas de melhor nível. Estudantes provenientes de família com maior renda familiar não precisam trabalhar e, por esse motivo, dispõem de mais tempo para se dedicar aos estudos e apresentar um melhor desempenho (Sampaio e Guimarães, 2009). Além da questão familiar, o estabelecimento de ensino, a qualidade dos professores, a disponibilidade de laboratórios de qualidade, a organização e o nível dos demais alunos influenciam o desempenho escolar dos estudantes (Sampaio e Guimarães, 2009).

Durante a aplicação do jogo *Radiogame*, a papel da professora mediadora foi fundamental para monitorar o progresso do jogo e garantir que as regras fossem seguidas corretamente. Durante o jogo, observou-se elevado nível de engajamento dos alunos e um ambiente de aprendizado colaborativo. Dentre as observações mais relevantes destacam-se a euforia dos alunos em cada situação diferente apresentada pelo jogo; o interesse da maioria dos alunos pelo jogo e a motivação gerada por ele; a interação entre os alunos de um mesmo grupo para traçar estratégias que permitissem ao grupo se destacar na conquista de pontos e a competição saudável entre os grupos, que fazia com que os alunos se esforçassem para aplicar seus conhecimentos ao responder as perguntas.

Na Figura 3, são apresentados os resultados obtidos na avaliação do jogo realizada pelos alunos. Os resultados mostram que houve uma aceitação positiva do *Radiogame* como ferramenta pedagógica em ambas as escolas, com os alunos da escola pública tendendo a dar notas ligeiramente maiores nas questões. As proposições nas quais ocorreram maiores discrepâncias entre as duas escolas foram as referentes à dificuldade em relação aos conceitos de radioatividade e às

perguntas do jogo, sendo que os alunos da escola pública apontaram ter mais dificuldade. A maior dificuldade dos alunos da escola pública com o tema radioatividade e para a compreensão das perguntas pode ser justificada por um fator relevante, mas muitas vezes negligenciado, denominado efeito dos pares, que corresponde ao *background* dos colegas de turma (Feijó e França, 2021). O estudante inserido em uma turma interage com os demais colegas, sendo que essa interação pode influenciar seu desempenho escolar (Feijó e

França, 2021). Em geral, na escola pública, os estudantes estão inseridos em ambientes familiares mais instáveis, precisam trabalhar para ajudar suas famílias e possuem um acesso à informação limitado, o que torna a sua interação com os colegas superficial quando comparada com a dos estudantes da escola particular e afeta negativamente seu desempenho.

Ambas as turmas concordaram que o jogo foi eficaz para a transmissão de conteúdo, na avaliação do conhecimento e na manutenção do interesse e engajamento dos alunos. O *Radiogame* foi bem aceito como uma ferramenta complementar ou até substitutiva das avaliações tradicionais, com alto potencial de recomendação e repetição pelos alunos.

Em relação à questão 30, em que os alunos abertamente poderiam deixar alguma sugestão ou consideração sobre o jogo, obtivemos várias respostas elogiando o jogo com expressões como: “eu queria jogar esse jogo novamente, foi muito legal”, “o jogo está ótimo da forma em que está”, “foi muito divertido e bom para entender o conteúdo”, “deveriam fazer mais jogos como esse para outros conteúdos da Química”. Zapateiro *et al.* (2023) avaliaram as percepções em relação ao jogo *Cidade Radioativa* quanto aos seguintes quesitos: dificuldade em jogar, regras do jogo e motivação. A avaliação foi realizada pelos participantes da pesquisa, ou seja, sete licenciandos do Programa de Residência Pedagógica de uma universidade tecnológica pública federal, localizada no norte do estado do Paraná.

Em geral, na escola pública, os estudantes estão inseridos em ambientes familiares mais instáveis, precisam trabalhar para ajudar suas famílias e possuem um acesso à informação limitado, o que torna a sua interação com os colegas superficial quando comparada com a dos estudantes da escola particular e afeta negativamente seu desempenho.

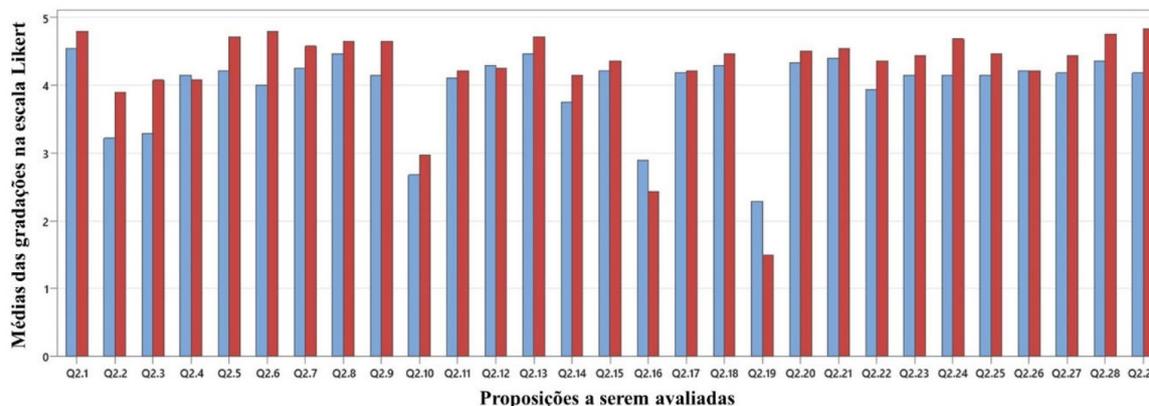


Figura 3: Resultados obtidos na avaliação do jogo *Radiogame* pelos estudantes: em azul, resultados da escola particular; em vermelho, resultados da escola pública.

Com relação à dificuldade em jogar, três licenciandos afirmaram ter dificuldades, mas estas ocorreram por falta de uma leitura das regras do jogo. Uma das licenciandas também relatou que dificuldades surgiram em momentos de euforia que geraram desatenção. Com relação às regras do jogo, elas estavam claras para quatro licenciandos, mas ainda assim foram realizados ajustes. O grande diferencial do jogo proposto por Zapateiro *et al.* (2023), assim como o jogo proposto neste artigo, foi a motivação. Todos os licenciandos que participaram da pesquisa de Zapateiro *et al.* (2023) relataram que o jogo despertou a curiosidade em conhecer e aprender mais sobre as informações abordadas, colocações que tornam o jogo um recurso educacional apropriado para a abordagem do conteúdo de radioatividade, sendo uma alternativa que pode despertar no estudante a curiosidade e a vontade de aprender mais sobre as informações nele contidas (Zapateiro *et al.*, 2023).

Considerações finais

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que propor um jogo didático não é tarefa fácil, e que ele precisa ser dinâmico para conseguir motivar os alunos a jogá-lo e para atingir o objetivo maior: fazer com que os alunos aprendam o conteúdo. A versão final do jogo desenvolvido neste trabalho, intitulado *Radiogame*, foi bem aceita pelos alunos, sendo capaz de auxiliar na aprendizagem do conteúdo e de tornar o processo de ensino aprendizagem mais prazeroso, motivador e eficaz.

A aplicação do questionário diagnóstico revelou uma discrepância significativa no nível de compreensão e conhecimento prévio sobre radioatividade entre alunos de escolas públicas e particulares, o que pode estar relacionado ao *background* familiar, incluindo renda familiar e acesso à informação, à qualidade do estabelecimento de ensino e ao efeito dos pares.

As aulas expositivas sobre radioatividade, seguidas pelo jogo *Radiogame*, promoveram um ambiente de entusiasmo e engajamento, elementos cruciais para o processo de aprendizagem. A participação ativa dos alunos, observada durante

a atividade lúdica, sugere que o uso de jogos didáticos pode ser uma estratégia poderosa para auxiliar na compreensão de conceitos considerados complexos pela maioria dos estudantes, como os relacionados à radioatividade.

Embora os resultados obtidos neste estudo sejam promissores, a integração desse recurso às aulas requer um planejamento cuidadoso e suporte aos educadores. Também é essencial considerar a continuidade e a atualização dos jogos didáticos para mantê-los relevantes e alinhados com os avanços científicos e pedagógicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica de M. I. G. de Melo e à Secretaria de Estado da Educação de Goiás (SEDUC) por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

Caroline Nascimento da Silva (carolbiofar@gmail.com) é licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Goiás, bacharel em Farmácia pelo Centro Universitário do Triângulo e licenciada em Química pela Universidade de Franca. Atualmente é pós-graduanda do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional na Universidade Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba-MG e professora da rede pública e particular do estado de Goiás em Catalão-GO. **Maria Isabella Guilherme de Melo** (isabellagmelo99@gmail.com) é licencianda em Química pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba-MG. **Pedro Ivo da Silva Maia** (pedro.maia@uftm.edu.br) é licenciado e bacharel em Química pela Universidade de Brasília, mestre em Química Inorgânica pela Universidade de Brasília e doutor em Química Inorgânica pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor associado da Universidade Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba-MG. **Bruno Pereira Garcês** (brunogarcês@iftm.edu.br) é bacharel em Química Industrial e mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia e doutor em Química pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba-MG. **Carla Regina Costa** (carla.costa@uftm.edu.br) é licenciada e bacharel em Química, mestre em Ciências e doutora em Ciências (área de concentração: Química) pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora associada da Universidade Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba-MG.

Referências

AFONSO, A. F.; MELO, U. O.; CANCINO, A. K. N. P.; HERCULANO, C. C. O.; DELFINO, C. O.; TEIXEIRA, M. D. e OLIVEIRA, M. V. A. O papel dos jogos didáticos nas aulas de Química: aprendizagem ou diversão? *Pesquisa e Debate em Educação*, v. 8, n.1, p. 578-591, 2018.

ARAÚJO, L. A.; GAZINEU, M. H. P.; LEITE, L. F. C. C. e AQUINO, K. A. S. A radioatividade no cotidiano: atividade com educandos do Ensino Médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 4, p. 160-169, 2018.

BENEDETTI-FILHO, E.; SANTOS, C. G. P.; CAVAGIS, A. D. M. e BENEDETTI, L. P. S. Desenvolvimento e aplicação de um jogo virtual no ensino de Química. *Informática na Educação: teoria & prática*, v. 22, n. 3, p. 144-157, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

BREAULT, M. *Narrative design: the craft of writing for games*. Boca Raton: CRC Press, 2020.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de Química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

FEIJÓ, J. R. e FRANÇA, J. M. S. Diferencial de desempenho entre jovens das escolas públicas e privadas. *Estudos Econômicos*, v. 51, n. 2, p. 373-408, 2012.

GONÇALVES, M. K. e AZAMBUJA, L. S. Onde termina o uso recreativo e inicia a dependência de jogos eletrônicos: uma revisão da literatura. *Aletheia*, v. 54, n. 1, p. 146-153, 2021.

HEIDELMANN, S. P.; MORENO, E. L. e XAVIER, G. A. Jogos digitais para o ensino de Química. *Revista de Educação*,

Ciências e Matemática, v. 12, n. 3, p. 1-23, 2022.

HUIZINGA, J. *Homo Ludens*. Trad. J. P. Monteiro. 4ª. ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 2000.

LA CARRETTA, M. Tutorial - Como fazer Jogos de Tabuleiro: Manual Prático. *SBC - Proceedings of SBGames*, 2018. Disponível em: <https://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/Tutoriais/188149.pdf>, acesso em jun. 2024.

LEITE, J. G.; ANDRADE, B. F. S.; SOUZA, J. V. A.; DIONOR, G. A. e MARTINS, L. “Radiogan”: ensino de radioatividade a partir de um jogo de tabuleiro. *Revista Expressa Extensão*, v. 24, n. 3, p. 107-116, 2019.

LIMA, T. S. B.; MORAES, B. R. S.; SANTOS, G. B.; SOUSA, P. N.; RIBEIRO, B. G. P.; NETO, C. S. S. e COUTINHO, L. R. O uso do celular em sala de aula como ferramenta de ensino e aprendizagem: uma experiência em duas escolas municipais de Fortaleza dos Nogueiras/MA. *Revista Científica Faculdade de Balsas*, v. 11, n. 1, p. 6-19, 2020.

MEDEIROS, D. P. Jogos analógicos como ferramentas estratégicas para as marcas. *Design & Tecnologia*, v. 9, n. 17, p. 56-63, 2019.

NUNES, L. D. e MESQUITA, N. A. S. O tema radioatividade nas revistas da SBQ e as possíveis contribuições para o ensino de radioatividade na Educação Básica. *Química Nova na Escola*, v. 44, n. 4, p. 401-409, 2022.

NUNES, L. H. Q.; OLIVEIRA, V. G.; MENEZES, J. A.; LIMA, R. A. e SOUZA, F. G. A utilização de jogos didáticos para o ensino de Química em uma escola pública no Amazonas. *Conexões, Ciência e Tecnologia*, v. 16, p. 1-9, 2022.

PATRÍCIO, M. C. M.; SILVA, V. M. A. e MELO FILHO, A. A. A radioatividade e suas utilidades. *Polêmica*, v. 11, n. 2, p. 252-260, 2012.

PRADO, L. L. Jogos de tabuleiro modernos como ferramenta pedagógica: pandemic e o ensino de ciências. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 2, n. 2, p. 26-38, 2018.

VASCONCELOS, I. R. e CARDOSO, P. C. F. Desenvolvimento de um protótipo de jogo educativo sobre o trânsito. *Computer on the Beach*. v. 1, p. 3-4, 2010.

RAMOS, D. K.; KNAUL, A. P. e ROCHA, A. Jogos analógicos e digitais na escola: uma análise comparativa da atenção, interação social e diversão. *Revista Linhas*, v. 21, n. 47, p. 328-354, 2020.

RAMOS, D. K. e OLIVEIRA, M. C. Brincadeira, jogos analógicos e digitais: entrelaçamentos conceituais. *Revista Humanidades e Inovação*, v. 10, n. 7, p. 366-375, 2023.

REDINS, L. *Radioactive: Marie & Pierre Curie, A Tale of Love and Fallout*. New York: It Books, 2010.

ROCHA, R. C. M.; CORRÊA, R. P.; ARAÚJO-JORGE, T. C. e FERREIRA, R. R. Possibilidades na educação durante a pandemia de COVID-19: as tecnologias digitais da comunicação e informação (TDICs). *Revista Humanidades e Inovação*, v. 9, n. 5, p. 256-267, 2022.

SALES, M. F.; SILVA, J. S.; HARAGUCHI, S. K. e SOUZA, G. A. P. Jornada radioativa: um jogo de tabuleiro para o ensino de radioatividade. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 4, n. 2, p. 74-87, 2020.

SAMPAIO, B. e GUIMARÃES, J. Diferenças de eficiência entre ensino público e privado no Brasil. *Economia Aplicada*, v. 13, n. 1, p. 45-68, 2009.

ZAPATEIRO, G. A.; FIGUEIREDO, M. C. e ROCHA, Z. F. D. C. Jogo didático *Cidade Radioativa*: aplicação e análise na visão de licenciandos em Química. *Ensino & Multidisciplinaridade*, v. 9, n. 1, p. 1-14, 2023.

Abstract: *Development and validation of a board game about radioactivity for high school.* The teaching of Chemistry has an important role in the development of citizens. The fact that Chemistry is taught in an abstract way contributes to making it uninteresting and difficult to understand for many students. In this context, motivation becomes fundamental for learning Chemistry. Games stand out among the teaching resources capable of motivating students to learn Chemistry. A didactic game can enhance learning and contribute to make it more effective. This work presents the steps that culminated in the development of a didactic game, which can integrate high school classes on radioactivity as a tool capable of making them more attractive to students, awakening their interest in the subject. The game was applied in two schools, one private and one public, and the results showed that it is a promising resource for teaching radioactivity.

Keywords: nuclear radiation, analogic game, student interaction