UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA (CCEN)
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA FUNDAMENTAL (DQF)
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA LICENCIATURA

LEANDRO MACIEL PONTES

GAMIFICAÇÃO E IMERSÃO EM SALA DE FUGA UTILIZADAS PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE

RECIFE
2023

LEANDRO MACIEL PONTES

GAMIFICAÇÃO E IMERSÃO EM SALA DE FUGA UTILIZADAS PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Oliveira da Silva

RECIFE
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Pontes, Leandro Maciel.
Gamificação e imersão em sala de fuga utilizadas para ensinar radioatividade / Leandro Maciel Pontes. - Recife, 2023.
53 p. : il., tab.

Orientador(a): Ricardo Oliveira da Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Química - Licenciatura, 2023.
Inclui referências, apêndices.

1. Aprendizagem baseada em jogos. 2. Metodologias ativas. 3. Sala de fuga. I. Silva, Ricardo Oliveira da. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

LEANDRO MACIEL PONTES

GAMIFICAÇÃO E IMERSÃO EM SALA DE FUGA UTILIZADAS PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovado em: 11 de maio de 2023.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Ricardo Oliveira da Silva (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco – CCEN/UFPE

_____

Profa. Dra. Marília Gabriela de Menezes Guedes (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco – CE/UFPE

_____

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco – CAA/UFPE

RESUMO

A utilização de metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Jogos (*Games Based Learning*, GBL) no processo de ensino-aprendizagem aliada a outras abordagens didático-pedagógicas, como as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) trazem aspectos que aguçam a curiosidade do estudante, instigando e motivando-os pela busca e construção do saber. A prática pedagógica elaborada e aplicada, consiste em uma sequência didática (SD) sobre o objeto de aprendizagem: radioatividade. Elementos didáticos das abordagens anteriormente citadas foram incluídas, como um ambiente virtual de aprendizagem, representando a sala de fuga (*escape room*) com diversos enigmas químicos aos quais os estudantes deveriam responder corretamente os questionamentos para que pudessem obter o código necessário à fuga. Na perspectiva das habilidades presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), houve um trabalho referente as habilidades “EF09CI07” e “EM13CNT103” no âmbito da Química no ensino fundamental e médio; e “EF09HI28” na área da História no ensino fundamental. A consolidação das aprendizagens durante a vivência de todo o processo pedagógico, cooperou para o enriquecimento do trabalho. Nesse contexto, as competências e habilidades da química foram vivenciadas, além de provocar e exercitar o trabalho em equipe junto aos estudantes. Ademais, estimou-se analisar os limites e possibilidades da SD utilizando uma experiência gamificada a partir de uma sala de fuga para trabalhar os conceitos de radioatividade; observar o desempenho dos estudantes e a aprendizagem dos conceitos químicos na aplicação das atividades da SD; e avaliar o poder argumentativo dos estudantes na aceitação ou não de um programa de energia nuclear no país.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em jogos; metodologias ativas; sala de fuga.

ABSTRACT

The use of active methodologies, such as Games Based Learning (GBL) in the teaching-learning process, combined with other didactic-pedagogical approaches, such as Digital Information and Communication Technologies (TDICs) bring aspects that sharpen curiosity of the student, instigating and motivating them to seek and build knowledge. The elaborated and applied pedagogical practice consists of a didactic sequence (SD) about the learning object: radioactivity. Didactic elements of the aforementioned approaches were included, such as a virtual learning environment, representing the escape room with several chemical puzzles to which students should correctly answer the questions so that they could obtain the necessary code for the escape. From the perspective of the skills present in the National Common Curricular Base (BNCC), there was a work referring to the skills “EF09CI07” and “EM13CNT103” in the scope of Chemistry in elementary and high school; and “EF09HI28” in the area of History in elementary education. The consolidation of learning during the experience of the entire pedagogical process, cooperated to enrich the work. In this context, chemistry skills and abilities were experienced, in addition to provoking and exercising teamwork with students. Furthermore, it was estimated to analyze the limits and possibilities of DS using a gamified experience from an escape room to work on the concepts of radioactivity; observe the students' performance and the learning of chemical concepts in the application of DS activities; and to evaluate the argumentative power of the students in accepting or rejecting a nuclear energy program in the country.

Keywords: active methodologies; escape room; games based learning.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**7**
2	**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**	**12**
2.1	METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA	12
2.2	RADIOATIVIDADE: HISTÓRICO E FUNDAMENTOS	19
2.2.1	**Aplicações da radioatividade**	**21**
3	**METODOLOGIA**	**25**
4	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	**32**
5	**CONCLUSÃO**	**37**
	REFERÊNCIAS	**39**
	APÊNDICE A – QUADRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	**42**
	APÊNDICE B – SLIDES EM GRUPAMENTO 01	**44**
	APÊNDICE C – SLIDES EM GRUPAMENTO 02	**45**
	APÊNDICE D – QUADRO DOS ENIGMAS DE QUÍMICA	**46**
	APÊNDICE E – QUADRO DOS ENIGMAS DE HISTÓRIA	**48**
	APÊNDICE F – IMAGENS DO *SOFTWARE GENIALLY*	**50**
	APÊNDICE G – IMAGENS DO *SOFTWARE VISUALG*	**51**
	APÊNDICE H – CÓDIGO FONTE EXECUTADO NO *SOFTWARE VISUALG*	**52**

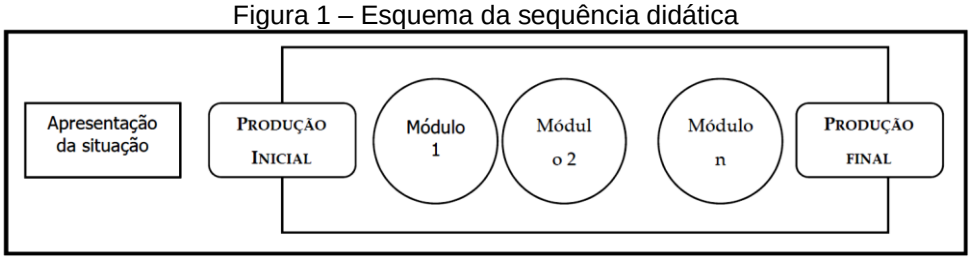
1 INTRODUÇÃO

O estudo das ciências da natureza, em especial, a Química, reúne um conjunto de informações e direitos de aprendizagem necessários para o exercício pleno da cidadania. No entanto, nem sempre se faz possível que o discente tenha uma aprendizagem efetiva a partir dos conteúdos programáticos estabelecidos, bem como o desenvolvimento de competências e habilidades planejadas. Para tal, é importante que haja um rearranjo no método de ensino na sala de aula, saindo do modelo passivo de aprendizado (BARROS *et al.*, 2004) para práticas modernas de ensino (CAVALCANTI e CLEOPHAS, 2020).

A partir desse contexto, é importante construir possibilidades para novas metodologias e que estas tenham uma maior eficiência no processo de ensino-aprendizagem. A Aprendizagem Baseada em Jogos, do inglês *Games Based Learning* (GBL), é uma forte aliada na elaboração de sequências didáticas (SD). Por exemplo, a GBL pode fazer uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) para pautar o protagonismo estudantil. A utilização dos jogos digitais oferece maior dinamismo à sala de aula, além do estudante ser um sujeito ativo na construção de sua aprendizagem, há o compartilhamento de ideias junto a outros participantes da atividade. Isso faz com que o aprendizado da química se torne mais divertido (CAVALCANTI e CLEOPHAS, 2020), aumentando a interação entre os pares e com o conteúdo propriamente dito.

Abordando sobre o aspecto da sequência didática (SD), Dolz, Noverraz e Schneuwly (2001) aborda em seu trabalho a importância da organização e sistematização das tarefas didáticas em uma sequência lógica. O dispositivo da SD se faz importante no contexto de construção de uma prática pedagógica, por exemplo, desde a elaboração de uma aula até a sua aplicação. Ter uma organização, um passo a passo dos momentos didáticos, seja com aulas teóricas-expositivas, experimentos, atividades avaliativas, entre outras possibilidades, faz-se significativo por trazer uma segurança maior segurança à prática docente. Segundo Dolz, Noverraz e Schneuwly (2001, p. 6) “Uma "seqüência didática" é um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito.”. No trabalho feito por Dolz, Noverraz e Schneuwly (2001), é representada uma imagem, *Figura 1*, que lembra o esboço de uma sequência didática na sua perspectiva inicial.

Figura 1 – Esquema da sequência didática



Fonte: Adaptação e tradução para o português a partir do trabalho de DOLZ, NOVERRAZ E SCHNEUWLY (2001).

Jiang, R. Stockwell e S. Stockwell (2017) afirmam que a resolução de problemas a partir de grupos é mais eficaz que do fazê-la de forma individual. As características grupais trazem consigo as inter-relações, fazendo com que os integrantes da equipe se comuniquem entre si e desenvolvam diversas habilidades a partir de um desafio inserido no enredo. Para além da atividade elaborada em grupo, a inserção dos jogos digitais no processo de ensino potencializa o aprendizado.

A síntese que se faz entre a Aprendizagem Baseada em Jogos, partindo das TDICs, deixa possibilidades para inclusão de estratégias didáticas que ajudem ainda mais no processo da aprendizagem. Um exemplo disso dá-se com a utilização do *escape room* (sala de fuga) em uma intervenção didática. Cavalcanti e Cleophas (2020) descrevem essa estratégia assim:

> Para escapar da sala, os participantes devem praticar trabalho em equipe, comunicação, delegação de tarefas, pensamento crítico e pensamento divergente para lidar com uma série de quebra-cabeças cada vez mais complexos, desde objetos ocultos, montagem de objetos físicos (quebra-cabeças), contagem e/ou correspondência de símbolos. Ao longo da atividade, o mestre do jogo observa o progresso dos participantes através de várias câmeras que estão fisicamente montadas em toda a sala. Os jogadores podem receber dicas visuais esporádicas, exibidas em um monitor de televisão na sala, que são fornecidas pelo mestre do jogo se os participantes não conseguirem progredir na solução de pistas ou se os participantes desejarem receber uma pista diretamente. (apud ZHANG *et al.*, 2018, p. 1)

A utilização das salas de fuga, nas atividades didáticas, serve como exemplo do uso de metodologias ativas na educação básica (ALMEIDA, ANDRADE e PASSOS, 2021) ajudando e facilitando no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Aqui, a aprendizagem vai além da apresentação do conteúdo, pois os estudantes precisam desenvolver e fazer uso de várias habilidades e competências, na resolução do problema proposto. A mudança junto ao deslocamento dos discentes de uma sala de aula tradicional para uma imersão que traz uma nova realidade, funciona como uma válvula de escape no cotidiano estudantil, fazendo parte da

Aprendizagem fora da Sala de Aula, do inglês: *Learning Outside the Classroom* (LOtC) (LOPES, 2015).

Correlacionar as diversas áreas da disciplina através da interação digital a partir das TDICs, torna-se um ponto fundamental na construção de uma SD que coloque o estudante como protagonista no processo de ensino-aprendizagem. Utiliza-se a sala de aula de forma ambientada para organização da sala de fuga (*escape room*), que tem como foco incluir e potencializar a experiência gamificada (*gamification*).

A construção de uma aula em função da aplicação do conceito de radioatividade, pauta-se na ideia de instigar o estudante como também aguçar a curiosidade dele para o objeto de aprendizagem pretendido. Nesse contexto, utilizar a metodologia ativa GBL para ensinar o conteúdo programático de radioatividade, faz-se interessante. A inserção do mundo digital na sala de aula tradicional é muito significativa, por isso constrói-se o trabalho utilizando a GBL e essa sendo auxiliada por abordagens como a *escape room* e as TDICs. Garcia (2015), apresenta a síntese:

> Foi então produzido um produto educacional, um jogo, com a utilização das novas tecnologias, como alternativa pedagógica para auxiliar o professor, buscando a promoção do desenvolvimento cognitivo do aluno e de habilidades, em um ambiente diferenciado, no qual a ação lúdica contribua para com novas aprendizagens, visando a inclusão social. (GARCIA, 2015, p.13)

O trabalho citado foi elaborado e aplicado em sala de aula, trazendo maior dinamismo para a construção junto ao objeto de aprendizagem: radioatividade. Os estudantes do Ensino Fundamental, 9º ano, puderam trabalhar com uma didática diferenciada em prol do maior engajamento deles, tornando-os sujeitos ativos da sua própria formação. A visão do docente pautou-se em mediar e orientar os estudos de radioatividade e suas aplicações.

Além disso, pode-se comentar sobre a importância de trabalhar as habilidades que possuam referências às áreas do conhecimento, sendo elas: as Ciências, as Ciências da Natureza e suas Tecnologias como também a História, no âmbito das Ciências Humanas. Sendo assim, analisou-se que, segundo a atualização da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017), as seguintes habilidades poderiam ser expressas neste trabalho, corroborando, assim, com o planejamento docente:

> (EF09CI07): Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.), compete ao ensino de química. (BNCC, 2017, p.351)

> (EM13CNT103): Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica, compete ao ensino de química. (BNCC, 2017, p.555)
>
> (EF09HI28): Identificar e analisar aspectos da Guerra Fria, seus principais conflitos e as tensões geopolíticas no interior dos blocos liderados por soviéticos e estadunidenses, compete ao ensino de história. (BNCC, 2017, p.433)

No aspecto da BNCC, é preciso entender o seu contexto de criação e mudanças que ocorreram ao longo do tempo. A Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988) discorre no artigo 210 sobre uma “formação básica comum”, o primeiro passo à BNCC; no ano de 1996 a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), 9.394, de 20 de dezembro de 1996, Art. 26 (BRASIL, 1996), foi sancionada a Lei que regulamentava uma base nacional a qual serviria para Educação Básica no país. Após alguns anos, e depois das contribuições de vários aspectos e setores da educação nacional, surge, em 2015, a 1ª versão da BNCC, em seguida chega a 2ª versão em 2016, por fim, no ano de 2018, é trazida a versão final da BNCC, a 3ª versão.

A partir dessa perspectiva, fala-se sobre a forma ligeira a qual essa última versão da BNCC foi homologada. Havia, até então, um debate junto à diversos setores da educação no país, gestores, docentes, discentes, uma gama de indivíduos mobilizados a discutir e elaborar uma Base Nacional Comum Curricular que fosse coletiva, democrática, igualitária, inclusiva e justa. Entretanto, o que ocorrera foi uma imposição do Governo Federal na promulgação acelerada da BNCC sem que houvesse uma discussão ampla junto à sociedade brasileira.

> Uma “aprendizagem homogênea” pode ser garantida num país tão diverso, no que diz respeito a questões referentes a território, oferta de oportunidades, acesso à cultura, aspectos sociais e financeiros? Ainda assim, se cada Estado tivesse as mesmas condições, recebesse os mesmos investimentos e valorização, voltados à educação, uma base comum (por si mesma) garantiria o acesso e o êxito de todos?
> Partindo desses questionamentos, voltamo-nos para uma questão há muito demandada: um sistema único para a educação brasileira. [...] (BRANCO *et al.*, 2019, p. 272)

Por fim, entende-se que, a estrutura curricular da educação, no Brasil, vem em um processo de frenagem dos seus investimentos desde a aprovação da Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 55/2016 (BRASIL, 2016). Essa, aplicou um limite no teto de gastos públicos, incluindo a área da educação. O caminhar na contramão do processo de progressão educacional, traz cada vez mais a influência do mercado sob

a educação no país. O abismo entre a rede pública e particular de ensino (IBGE, 2018) ficou cada vez maior, há uma grande ausência em melhorias necessárias, um exemplo se dá na falta de qualidade dos equipamentos tecnológicos nas escolas do Estado. Tudo isso, sob os moldes empresariais, elucida o conceito de uma educação neoliberal, instalada no país há décadas, que se dá por ser cada vez mais excludente e injusta; Branco *et al.* (2020) cita isso em seu trabalho,

> Os sites dos principais agentes públicos que dinamizaram o debate até então indicam praticamente os mesmos “parceiros”. Instituições financeiras e empresas — Itaú [Unibanco], Bradesco, Santander, Gerdau, Natura, Volkswagen, entre outras — além de Fundação Victor Civita, Fundação Roberto Marinho, Fundação Lemann, CENPEC, Todos pela Educação, Amigos da Escola. (apud MACEDO, 2014, p. 1540)

As habilidades, anteriormente citadas, correspondem a Química (EF09CI07 e EM13CNT103) no ensino fundamental e médio, respectivamente; e a História (EF09HI28), no ensino fundamental. Além dessas habilidades, há um dispositivo presente na BNCC e que foi amplamente utilizado em sala de aula, as TDICs (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação).

> Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BNCC, 2018, p. 9)

A sequência didática projetou uma aula a partir da dinâmica do e*scape room* em que os estudantes precisavam responder questões (enigmas) das áreas dos conhecimentos citados, trabalhando, assim, as pretendidas habilidades. O objetivo era pautado na descoberta de um código que só a partir daí a situação-problema posta, poderia ser solucionada e os estudantes iriam obter êxito no processo.

Dessa forma, o trabalho desenvolvido tem como objetivo analisar os limites e possibilidades da sequência didática utilizando uma experiência gamificada a partir de uma sala de fuga para trabalhar os conceitos de radioatividade. Nessa perspectiva, deve-se elaborar e aplicar uma SD sobre radioatividade com ênfase no protagonismo estudantil. Para além disso, observar o desempenho dos estudantes, a aprendizagem dos conceitos químicos na aplicação das atividades da SD e avaliar o poder argumentativo dos estudantes na aceitação ou não de um programa de energia nuclear no país.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA

O ensino das ciências se dá, em sua grande maioria, a partir de um ensino tradicional que visa olhar para o estudante como um agente receptor no processo de ensino. Esse fato fica perceptível quando Saviani (1991) afirma que o ensino tradicional está alocado na transmissão do conhecimento, ou seja, pautado no estigma do professor-aluno, apenas. Fazendo uma analogia, o estudante seria considerado como uma esponja que "absorve" o conhecimento revelado pelo docente, semelhante ao que Freire (1996) aborda na obra "Pedagogia da Autonomia". Mizukami (1986) define assim:

> A abordagem tradicional é caracterizada pela concepção de educação como um *produto* [...]. Trata-se, pois, da transmissão de ideias selecionadas e organizadas logicamente. Este tipo de concepção de educação é encontrado em vários momentos da história [...] (MIZUKAMI, 1986, p. 11)

Além disso, Mizukami também contempla a influência que permeia no tocante à posição do estudante em sala de aula,

> [...] atribui-se ao sujeito um papel insignificante na elaboração e aquisição do conhecimento. Ao indivíduo que está "adquirindo" conhecimento compete memorizar definições, enunciados de leis, sínteses e resumos que lhe são oferecidos no processo de educação formal [...] (MIZUKAMI, 1986, p. 11)

Os fatos apresentados fizeram e ainda fazem parte do processo educacional do século XXI. No entanto, a postura dos docentes, diretores, centro educacionais, inclusive, na atuação da formação sistemática de professores, tem trazido uma nova roupagem a esse processo, sendo as metodologias ativas no ensino, uma grande aliada, seja ela para uma área geral ou com uma especificidade no exemplo, as ciências da natureza (HAUSCHILD e VIVIAN, 2017).

Ocorre que, em muitas instituições, ainda se faz necessário o uso de metodologias convencionais de ensino como, a "transmissão" do conhecimento para os alunos. O profissional da educação, na posição de docente, por muitas vezes não vê saída a não ser seguir a educação bancária, por insegurança de quebrar um padrão já estabelecido na educação (FREIRE, 1970). A forma mecânica e automatizada de ensino, trouxe um processo que é contrário ao criativo, ao novo, como diz Freire na obra "Pedagogia do Oprimido",

> [...] Só existe saber na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros. Busca esperançosa também. Na visão "bancária" da educação, o "saber" é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da

> ideologia da opressão – a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro. [...] (FREIRE, 1987, p. 38)

Ainda sobre a educação bancária, Freire (1970) comenta que o docente, tendo em vista o processo arcaico montado na educação, deve “lutar por sua libertação”, visto que há grande contradição na educação bancária, prega algo inerente à educação. Sendo assim, se faz possível entender a síntese dessa fala com a argumentação sobre uma educação problematizadora que faz com que traga o estudante para o processo de ensino-aprendizagem e não o deixe à margem de conteúdos programáticos memorizáveis.

> Em verdade, não seria possível à educação problematizadora, que rompe com os esquemas verticais característicos da educação bancária, realizar-se como prática da liberdade, sem superar a contradição entre o educador e os educandos. Como também não lhe seria possível fazê-lo fora do diálogo. É através deste que se opera a superação de que resulta um termo novo: não mais educador do educando do educador, mas educador-educando com educando-educador. Desta maneira, o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa. Ambos, assim, se tornam sujeitos do processo em que crescem juntos e em que os “argumentos de autoridade” já, não valem. Em que, para ser-se, funcionalmente, autoridade, se necessita de estar sendo com as liberdades e não contra elas. (FREIRE, 1987, p. 44)

Nessa perspectiva, ainda há como citar a influência do ensino por investigação já que o mesmo trabalha na ênfase da busca e construção do conhecimento, dando o destaque para o estudante; sendo o objetivo do processo, que o aluno seja um indivíduo ativo no processo de ensino-aprendizagem.

> [...] é necessário conduzir as aulas de laboratório de maneira oposta às tradicionais. Isso significa que o professor deve considerar a importância de colocar os alunos frente a situações-problema adequadas, propiciando a construção do próprio conhecimento. No entanto, para que tais situações-problema possam ser criadas, é fundamental que se considere a necessidade de envolvimento dos alunos com um problema (preferencialmente real) e contextualizado. (FERREIRA, HARTWIG e OLIVEIRA, 2009, p. 101)

As metodologias ativas, funcionam como um apoio ao desenvolvimento do aprendizado do estudante durante a sua formação crítica (BORGES e ALENCAR, 2014).

> [...] A utilização dessas metodologias pode favorecer a autonomia do educando, despertando a curiosidade, estimulando tomadas de decisões individuais e coletivas, advindos das atividades essenciais da prática social e em contextos do estudante. Dentre umas das Metodologias Ativas utilizadas está a problematização, que tem como objetivo instigar o estudante mediante problemas, pois assim ele tem a possibilidade de examinar, refletir, posicionar-se de forma crítica. (BORGES e ALENCAR, 2014, p.120)

Ou seja, o uso de metodologias ativas na educação faz parte da inserção de uma educação mais autônoma que traga a curiosidade e a descoberta para estudante; além da participação ativa, a formação de equipes e trabalho colaborativo, tornando mais eficaz o ensino (BORGES e ALENCAR, 2014). Volpato e Dias *et al.* (2017) abordam o fato de que as metodologias ativas foram criadas a partir do método Freiriano que trata da pedagogia libertadora, criativa e inclusiva. Um outro fato de destaque se faz na problematização também sendo utilizada como alicerce às metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem, instigando o estudante na busca e construção do seu conhecimento.

> [...] surgem as metodologias ativas como proposta para focar o processo de ensinar e aprender na busca da participação ativa de todos os envolvidos, centrados na realidade em que estão inseridos. (VOLPATO, DIAS *et al.*, 2017, p. 67)

No trabalho de Diesel, Baldez e Martins (2016), um esquema sobre metodologias ativas na educação é elaborado pelos autores e reproduzido na *Figura 2*. Dentre as perspectivas no uso das metodologias ativas, faz-se importante destacar um dos seus aspectos mais importantes, a reflexão. Muito se fala abordo do fazer, no entanto, o fato pauta-se de uma melhor maneira no pensar para o fazer, no fazer e sobre o fazer. Ou seja, a reflexão perpassa por todos os quesitos trabalhados nas metodologias ativas de ensino.

Figura 2 – Metodologias ativas e os seus princípios norteadores

Fonte: DIESEL, BALDEZ e MARTINS (2016).

Um aspecto importante dentro do uso das metodologias ativas na educação se dá na formulação dos argumentos. As práticas pedagógicas possuem um leque de

possibilidades para os estudantes, a partir disso, hora ou outra, faz-se necessário utilizar do poder argumentativo desses. O artifício do argumento traz o contexto da afirmação como também da justificativa sobre uma perspectiva observada ou vivenciada pelo discente.

> Assumimos que uma adequada aprendizagem é capaz de promover um pensamento coerente e fundamentado em argumentos sobre determinado contexto. Essa capacidade é básica, porém não é inata nem de desenvolvimento espontâneo, portanto, precisa ser construída na relação pedagógica. (PEREIRA, 2010, p. 13)

A partir da contribuição escrita de Neves e Freire no *e-book* de Dias *et al.* (2020), a gamificação trata de trabalhar os elementos de um jogo, mas não a utilização do jogo propriamente dita. Ou seja, as características, técnicas e critérios do jogo são levados em consideração, como, o esquema de fases, pontuação, premiação, *ranking*, entre outros artifícios. Já a aprendizagem baseada em jogos, faz o uso do jogo, seja ele digital ou analógico, com o objetivo de elevar a experiência vivenciada pelo estudante; sendo seu uso através de pergunta e reposta, problematização ou até mesmo de simulações, por exemplo (HAYES, 2014).

O termo originário do inglês *Games Based Learning* (GBL) traz à tona uma metodologia ativa para educação. A aprendizagem baseada em jogos passa a ter mais valor quando é percebido que os estudantes conseguem ter uma maior interação nos *games* e deixa sua atenção para tal coisa. Sendo assim, fazia-se funcional trabalhar com jogos, além de interagir os estudantes, era possível construir linhas de raciocínio para buscar e construir o seu aprendizado. Cunha (2012) comenta

> Os jogos, de modo geral, sempre estiveram presentes na vida das pessoas, seja como elemento de diversão, disputa ou como forma de aprendizagem. (CUNHA, 2012, p. 93)

Nessa perspectiva, o jogo não é algo meramente ilustrativo, dependendo da situação proposta, é possível ter-se uma intencionalidade pedagógica. Utilizar esse tipo de estratégia, inclui na didática um maior processo de engajamento dos estudantes, visto que a realidade da sala de aula, como um ambiente físico imutável, pode ser alterada. Ainda assim, os jogos conseguem trazer a parte lúdica e educativa, contudo que o docente como mediador do processo, esteja atento às regras e orientação aos estudantes.

> É importante ressaltar nesse conceito a presença dos aspectos lúdicos e educativos, mas, sobretudo, a presença de regras claras e explícitas que devem orientar os jogos. Essa característica nos parece fundamental para demarcar uma diferenciação do jogo na escola de outras atividades como

> jogos educativos, que se diferenciam das atividades didáticas destinadas à sala de aula. (CUNHA, 2012, p. 94)

Dessa forma, a aprendizagem baseada em jogos trata-se como algo inovador que contribui de forma geral para a educação básica. As possibilidades trazidas dessa metodologia, consegue aguçar a curiosidade dos jovens estudantes como também os instigar na busca do seu aprendizado. Ou seja, de uma forma dinâmica se faz possível mudar o cenário clássico escolar, deixando o processo de ensino mais proativo para o estudante que precisa ser ativo nesse meio.

Ainda na abordagem sobre os jogos didáticos, vale ressaltar que, eles podem fazem parte da educação no geral, ou seja, cabe nas diversas áreas de ensino como é citado por Cunha (2012),

> Os professores podem utilizar jogos didáticos como auxiliares na construção dos conhecimentos em qualquer área de ensino. Na matemática, é muito comum a sua utilização, principalmente nos primeiros anos de escolaridade. A biologia e as ciências no ensino fundamental também fazem uso desse recurso com certa frequência. Na física e na química, os jogos são um pouco menos utilizados, mas seu uso tem aumentado bastante nos últimos anos.
> Na química, uma referência às primeiras propostas de jogos no ensino pode ser encontrada em um artigo publicado na Revista Química Nova, no ano de 1993 (Craveiro *et al.*), com o jogo: Química: um palpite inteligente, que é um tabuleiro composto por perguntas e respostas. (CUNHA, 2012, p. 92)

A partir disso, entende-se que, os jogos didáticos não podem e nem deve ser tratado como uma atividade qualquer que não tenha um mínimo de organização possível. Pois, há uma intencionalidade pedagógica por parte do docente na aplicação daquele jogo, objetivos de aprendizagens, entre outras habilidades, por exemplo. Dessa forma a inclusão dos jogos didáticos na perspectiva da sala de aula se dá como uma fonte geradora de estímulo para os estudantes, trabalhando o desenvolvimento físico, intelectual e moral como aborda Cunha (2012).

A aprendizagem significativa dos estudantes, de forma colaborativa e positiva, é gerada a partir de atividades pedagógicas e essas, são beneficiadas e potencializadas quando se tem um aporte de recursos (VOLPATO, DIAS, *et al.*, 2017). Nessa perspectiva, a palavra “recursos” pode apontar diversas linhas de pensamento, seja ele desde algo arcaico como mais moderno. Ainda na ideia inicial de que o docente também é um recurso disponível na construção do saber, tem-se que,

> Independentemente da metodologia ativa adotada, a mudança de postura é o fator principal, o professor passará a ter um papel de orientador e conforme Morin, (2015) de curador, buscando separar dentre tantas informações, o que será relevante ao trabalho do aluno, para que os mesmos encontrem sentido nas atividades realizadas. (VOLPATO, DIAS *et al.*, 2017, p. 107)

Ensinar exige preparação que, por sua vez, demanda trabalho e é daí que surgem ferramentas que auxiliam a vida profissional de um docente. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) servem como um auxílio para prática docente, visto que o dia a dia de um professor é bastante desafiador nas suas tarefas nas escolas que leciona. Um exemplo de ferramenta auxiliadora seriam os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), proporcionando um maior dinamismo a sala de aula, sem necessariamente sair ou criar um ambiente físico. Hoje, tem-se a possibilidade de navegar na *internet* e buscar *sites* que trabalham com apresentações, jogos, simulações, entre outras funções. Pinto (2020) cita a importância de serem realizados *links* com as metodologias ativas, podendo incluir a GBL. Um exemplo disso seriam as TDICs. Apesar das duas serem distintas, a GBL ser tratada como metodologia e as TDICs como uma ferramenta, isso não traz demérito nenhum, seja para GBL ou TDICs, aliás, são estratégias pedagógicas complementares.

> As metodologias ativas, aliadas às tecnologias digitais, são poderosos instrumentos para buscarmos tais objetivos transformadores na formação do profissional atual. A obra analisada propõe uma reflexão, a partir de uma abordagem teórico-prática, “sobre como ensinar e aprender com metodologias ativas, envolvendo contribuições de abordagens que utilizam resolução de problemas, projetos, programação, ensino híbrido, *design thinking* e jogos, entre outros” (apud BACICH e MORAN, 2018, p. 22)

Abordando a GBL, é possível trazer para a metodologia o *escape room*, o qual pode ser útil, criando uma nova roupagem na interação da aprendizagem baseada em jogos. Ainda como aliada aos dois processos, tem-se as TDICs no suporte como ferramenta, recurso didático. Todas essas estruturas irão culminar em uma sala de aula diferente daquela citada por Mizukami (1986), pois nesse modelo há uma imersão do próprio estudante e ele como agente ativo, o qual participa do processo de construção do seu aprendizado. Surge daí, um desafio perante as metodologias ativas, construir um jogo em uma sala de fuga, a *escape room* (ALMEIDA, ANDRADE e PASSOS, 2021).

As etapas que fundamentam a proposta das salas de fuga, seguem um passo lógico para construção de uma sequência didática com êxito, por exemplo, como mostra a *Figura 3*. Cavalcanti e Cleophas (2020) mostram as etapas e o detalhamento de um *escape room* e como isso pode ser adaptado e moldado para a sala de aula. Uma característica importante da sala de fuga se dá no estímulo à tensão a qual é abordada por Huizinga (1999). O autor retrata a tensão como um acaso ou até mesmo

uma incerteza, trazendo para o *escape room*, muitas vezes, se chega em uma etapa do processo que dúvidas começam a surgir, como sair dessa sala?

Dessa forma, o elemento tensão é uma peça fundamental a ser utilizada nos jogos, pois “aumenta a importância do jogo, e esta intensificação permite ao jogador esquecer que está apenas jogando” (HUIZINGA, 1999, p. 41). Ou seja, o estudante fica preso ao que está sendo feito, trazendo toda a sua atenção para atividade presente.

> [...] 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 quotidiana". (HUIZINGA, 1999, p. 24)

Os autores, anteriormente citados, elaboraram uma prática pedagógica para graduandos, graduados e pós-graduados em química a qual tinha como objetivo desafiar os participantes a sair da sala de fuga. Tudo isso, a partir de diversos enigmas os quais foram baseados nos conteúdos químicos, a exemplo da estequiometria.

Figura 3 – Esquema das etapas de elaboração do *escape room*

Fonte: CAVALCANTI e CLEOPHAS (2020).

A partir da escrita de Cavalcanti e Cleophas (2020), é possível compreender que a prática abordada, no seu texto, não trata de um espaço virtual, ou seja, a sala de fuga elaborada na imersão do artigo é proposta em um ambiente físico. Faz-se importante ressaltar que, caso haja uma utilização de ambiente virtual na ferramenta processual do *escape room*, isso trará uma nova dinâmica ao processo, sendo observado a inclusão das tecnologias digitais de comunicação e informação.

2.2 RADIOATIVIDADE, HISTÓRICO E FUNDAMENTOS

A radioatividade é uma área da química que estuda tanto a desintegração como a junção de um núcleo atômico, podendo ocorrer de forma natural ou não, o qual tem a possibilidade de emitir partículas, ondas eletromagnéticas, ou ambas para o meio. Os estudos sobre a radioatividade começaram nos anos de 1895, com o físico alemão Wilhelm Conrad Röentgen que trabalhava com as descargas elétricas em um tubo de raios catódicos, descobrindo, posteriormente, os raios X. Em 1896, Antoine Henri Becquerel aprofundou os estudos de radioatividade utilizando um minério de urânio. Pouco tempo depois, torna-se pública a aparição do casal Curie, Pierre e Marie juntos deram a descoberta dos raios que urânio emitia e impressionava o filme de "radioatividade" (MARTINS, 1990).

> Os raios urânicos foram freqüentemente chamados raios de Becquerel. Pode-se generalizar esse nome, aplicando-o não apenas aos raios urânicos mas também aos raios tóricos e a todas as radiações semelhantes. Chamarei de radioativas as substâncias que emitem raios de Becquerel. O nome de hiperfosforescência, que foi proposto para o fenômeno, parece-me dar uma falsa idéia de sua natureza. (apud CURIE, 1899, p. 42)

Os estudos feitos, anteriormente, por Becquerel e Marie Curie, ainda não tinham uma grande nebulosidade nas ideias visto que, não se sabia sobre o núcleo atômico. No ano de 1898, Ernest Rutherford ao observar o efeito do campo elétrico em detrimento às emissões radioativas acaba por descobrir e nomear três tipos de radiação: alfa (α), beta (β) e gama (γ) (ATKINS e JONES, 2012).

A *Tabela 1* apresenta as principais emissões radioativas e suas características, destacando o grau de penetração de cada emissão, visto que quanto maior o poder de penetração, via de regra, maiores são as chances de danos quando ocorre uma exposição.

Tabela 1 – Emissões radioativas $\boldsymbol{\alpha, \beta\ e\ \gamma}$ e suas representações

Emissão	Grau de penetração	Simbologia	Número de massa	Carga	Poder relativo de penetração	Proteção necessária
Alfa	Não penetrante, porém causa danos	$\alpha, {}_{2}^{4}\alpha, {}_{2}^{4}\mathrm{He}^{2+}$	4	+2	1	Papel, pele
Beta	Moderadamente penetrante	$\beta, {}_{-1}^{0}\beta, \mathrm{e}^{-}$	0	-1	100	3 mm de alumínio
Gama	Muito penetrante, com frequência é acompanhada de outro tipo de radiação	$\gamma, \mathrm{fóton}$	0	0	10.000	Concreto, chumbo

Fonte: O autor com adaptações da obra de ATKINS e JONES, 2012 (2023).

O comparativo entre as reações químicas e reações nucleares, existe. Caso haja uma reação química com isótopos diferentes de um mesmo elemento químico, haverá as mesmas reações químicas; na análise dos seus núcleos, isso se difere pelo fato de que, irão sofrer alterações nucleares significativas. A transmutação nuclear é um exemplo disso, quando um átomo "núcleo pai" emite radiações α ou β, é gerado um "núcleo filho", ou seja, diferente daquele que o originou, alterando o número de prótons do átomo. Como exemplo segue a expressão (ATKINS e JONES, 2012):

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\,\alpha$$

A emissão de partículas α ou β resultam em transmutação do núcleo pai em núcleo filho. No caso de emissão alfa α, o núcleo produzido terá o número de massa 4 unidades menor e o número 2 unidades menor que o núcleo-pai, ou seja, "A – 4" e "Z – 2". Sendo emissão beta (β), o número de massa se mantém, enquanto o número atômico aumenta uma unidade. Em contrapartida, nenhuma alteração nos números de massa ou atômico são observadas quando ocorre emissão gama (γ). O decaimento nuclear dessas estruturas ocorre pelo fato de que a razão *n/p* tende a ficar mais próxima da banda de estabilidade (ATKINS e JONES, 2012).

A energia nuclear, conhecida por estar presente nas usinas termonucleares, é tida como uma fonte de energia alternativa aos combustíveis fósseis. Esse tipo de matriz energética requer uma pequena disponibilidade de combustível para produzir uma parcela enorme de energia. Como qualquer tipo de energia, há benefícios (como os citados), no entanto os riscos também estão presentes na sua geração, grandes desafios e barreiras técnicas além das possibilidades de acidentes que, quando ocorrem, causam muitos danos. Em uma usina termonuclear, por exemplo, a energia nuclear é transformada em energia térmica, que é transformada em energia mecânica e, por fim, essa transforma-se em energia elétrica que abastece residências e plantas industriais (ATKINS e JONES, 2012).

Um exemplo, interessante e curioso sobre a eficiência da energia proveniente da radioatividade, dá-se no gasto energético entre a energia nuclear e a energia provinda dos combustíveis fósseis. Atkins e Jones (2012), comentam sobre esse fato,

> Outra diferença importante entre as reações nucleares e as reações químicas é que as variações de energia são muito maiores para as reações nucleares do que para as reações químicas. Por exemplo, a combustão de 1,0 g de metano (CH_4) produz cerca de 52 kJ de energia, na forma de calor. Em contrapartida, uma reação nuclear de 1,0 g de urânio-235 produz cerca de $8{,}2 \times 10^7$ kJ de energia, mais de um milhão de vezes superior. (ATKINS e JONES, 2012, p. 708)

A quebra de um núcleo atômico, pode ocorrer por fissão nuclear. Como citado anteriormente, em uma usina termonuclear ocorre a fissão do núcleo atômico, ou seja, partículas de nêutrons incidem sobre o átomo e o núcleo de maior tamanho, passa a ter pequenos fragmentos depois da sua “quebra”, esse processo gera uma grande quantidade de energia e foi percebido por Lise, Meitner, Hahn e Strassman, em 1938. Os núcleos de urânio-233, urânio-235 e plutônio-239 são combustíveis presentes nas usinas nucleares e são chamados de núcleos físseis, o nêutron viaja com menor velocidade (ATKINS e JONES, 2012).

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{141}_{56}\mathrm{Ba} + ^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Na equação nuclear apresentada, há liberação de três mols de nêutrons a cada mol de U-235 que sofreu fissão. Assim, esses três mols de nêutrons podem promover a fissão de mais três mols de U-235. É isso que acontece numa reação nuclear em cadeia. Ainda sobre o tópico da fissão nuclear, é importante ressaltar que, os reatores de fissão são muito eficientes na geração de energia, entretanto geram um resíduo radioativo (também conhecido como lixo radioativo) que necessita de um armazenamento especial como também de espaço físico. Em contrapartida, estudos avançam sobre outra forma de gerar energia a partir da radioatividade, que é a reação de fusão nuclear. Essa reação é definida como a combinação (fusão) de dois núcleos leves, resultando numa espécie nuclear mais pesada que os núcleos que se combinaram. Essa reação ocorre com forte liberação de energia, livre dos resíduos radioativos que possuem altos valores de tempo de meia-vida, que são comuns nos processos de fissão nuclear. Além disso, pode ser obtida com a água do mar em que se utiliza os núcleos de hidrogênio para formar núcleos de hélio. Vale ressaltar que, por mais que haja possibilidade de a fusão nuclear acontecer, ainda é muito difícil dessa ser obtida visto que, os núcleos são arremessados entre eles com uma energia cinética elevada ao extremo (ATKINS e JONES, 2012).

2.2.1 Aplicações da radioatividade

O termo radioatividade é muito associado a questões negativas vistas na sociedade, como acidentes em usinas termonucleares e seu uso bélico. Há o entendimento, equivocado, que a exposição a algum tipo de radiação sempre faz mal à saúde e por isso ela deve ser condenada. Isso não é de todo verdade e a escola deve se preocupar em combater essa visão preconceituosa e dotar os estudantes de informações mais precisas, de forma que ele possa, se for o caso, tomar decisões cientificamente sustentáveis sobre o tema. Os hospitais, por exemplo, utilizam a

radiação gama para eliminar células cancerígenas dos indivíduos que possuem a doença. No entanto, faz-se importante frisar que o tratamento radioterápico não será direcionado 100% às células cancerosas, também atinge tecidos saudáveis, causando assim efeitos (colaterais) biológicos da radiação: náuseas, vômitos, sangramentos, entre outros sintomas (ATKINS e JONES, 2012).

Tudo isso, depende de como o tratamento é feito *Tabela 1*, como Atkins e Jones (2012) explicam no seu livro,

> O dano depende da intensidade da fonte, do tipo de radiação e do tempo de exposição. Os três tipos principais de radiação nuclear têm capacidade diferente de penetrar a matéria. (ATKINS e JONES, 2012, p. 715)

O emprego da radioatividade nos cuidados à saúde vai além da radioterapia, sendo tão importante que há um campo específico denominado de Medicina Nuclear. Aqui, estão os radiofármacos, os radiotraçadores usados em exames/testes de diagnóstico. Atkins e Jones (2012) mencionam...

> [...] Os traçadores radioativos são usados para medir a função dos órgãos. O sódio-24, por exemplo, é usado para monitorar o fluxo sanguíneo e o estrôncio-87, para estudar o crescimento dos ossos. Porém, o impacto mais importante dos radioisótopos no diagnóstico foi no campo da obtenção de imagens. O tecnécio-99m é o nuclídeo radioativo mais utilizado na Medicina, especialmente para obter imagens de ossos. (ATKINS e JONES, 2012, p. 714)

Além disso, é citado por Atkins e Jones (2012) que o cobalto-60 utilizado na medicina, consegue destruir tumores cerebrais sem que seja utilizado bisturi, em locais do cérebro que, às vezes, não é possível realizar a cirurgia.

> O processo é indolor e o paciente pode ficar acordado durante o tratamento. A cabeça do paciente não tem de ser raspada e a recuperação é rápida. (ATKINS e JONES, 2012, p. 714)

Outro avanço substancial na medicina nuclear, se dá pelos exames de diagnóstico por imagem, um exame muito requisitado na oncologia é o *Pet-Scan* (Tomografia por Emissão de Pósitrons). O avanço está na obtenção de imagens que são bem mais detalhadas e definidas do que as elaboradas com raios X, na Tomografia Computadorizada, por exemplo. No processo do escaneamento PET, é comum a utilização do radioisótopo flúor-18. Além da utilização do flúor, também tem o boro-10 como é descrito por Atkins e Jones (2012),

> Vários tipos de terapia do câncer utilizam radiação para destruir células malignas. A *terapia por captura de nêutrons pelo boro* é diferente pelo fato que o boro-10, o isótopo injetado, não é radioativo. Entretanto, quando o boro-10 é bombardeado com nêutrons, emite partículas α com alto poder destrutivo. Na terapia por captura de nêutrons pelo boro, o boro-10 é incorporado a um composto que é absorvido preferencialmente pelos

> tumores. O paciente é, então, exposto a breves períodos de bombardeamento por nêutrons. Assim que o bombardeamento cessa, o boro-10 para de gerar partículas α. (ATKINS e JONES, 2012, p. 714)

Além do uso medicinal, os radioisótopos estão presentes em diversas áreas da indústria. O radioisótopo Américo-243 é utilizado nos detectores de fumaça, pode-se utilizar a radiação para esterilização de alimentos. O carbono-14 é utilizado para datar material orgânico, saber idade de fósseis, rochas, entre outros materiais. Ou seja, a aplicabilidade vai além da energia e/ou indústria.

> Os radioisótopos são usados como fontes de aquecimento de longa duração, no estudo do meio ambiente e no acompanhamento de movimentos. Eles são usados na biologia como traçadores em caminhos do metabolismo, na química para acompanhar mecanismos de reação e na geologia para determinar a idade das rochas. (ATKINS e JONES, 2012, p. 721)

A *Tabela 2* tem como função mostrar quais as unidades de radiação utilizadas pela ciência. As nomenclaturas grifadas em vermelhos na tabela são denominações antigas e "Q" é definido como a eficiência biológica relativa da radiação.

Tabela 2 – Unidades de radiação

Propriedade	Nome da unidade	Símbolo	Definição
Atividade	becquerel, curie	Bq, Ci	1 desintegração por segundo, $3{,}7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo
Dose absorvida	gray, dose de radiação absorvida	Gy, rad	1 $J \cdot kg^{-1}$, 10^{-2} $J \cdot kg^{-1}$
Dose equivalente	sievert, roentgen equivalente no homem	Sv, rem	Q x dose absorvida, Q x dose absorvida

Fonte: ATKINS e JONES (2012).

Por fim, um outro fato interessante é a medida da radiação a qual está sendo exposta em um ambiente e/ou objeto. O primeiro cientista a realizar essa medição foi Becquerel, no tocante ao grau de radiação escurecer um filme fotográfico. A seguinte reação redox representa esse processo:

$$\mathrm{Ag^+ + Br^- \xrightarrow{luz} Ag + Br}$$

> [...] exceto que a oxidação inicial dos íons do brometo é causada pela radiação nuclear, e não pela luz. A técnica de Becquerel ainda é usada nos filmes contidos nos dispositivos que monitoram a exposição dos trabalhadores à radiação. (ATKINS e JONES, 2012, p. 717)

Uma outra forma de medição, conhecida, se faz por um contador Geiger,

> A radiação ioniza os átomos do gás dentro de um cilindro e permite um fluxo rápido de corrente entre os eletrodos. O sinal elétrico resultante pode ser registrado diretamente ou convertido em um estalo audível. A frequência dos estalos indica a intensidade da radiação. Uma limitação dos contadores Geiger é que eles não respondem bem aos raios γ. Somente cerca e 1% de

> fótons dos raios γ são detectados, enquanto que todas as partículas β incidentes sobre o contador são detectadas. Como a eficiência de um contador Geiger depende do tamanho do tubo, um contador usado para monitorar várias atividades geralmente possui dois tubos de tamanhos diferentes. (ATKINS e JONES, 2012, p. 717)

O uso da radioatividade no cotidiano, traz o fato da produção e geração de energia por parte das usinas nucleares. Essas, funcionam a partir do processo de fissão nuclear com o bombardeamento de nêutrons no núcleo atômico, sendo esse, o combustível da usina. A usina nuclear é instalada próxima à região hídrica (mares); a partir da reação em cadeia iniciada no reator nuclear, a água perpassa em um circuito secundário que vai resfriando o reator, no circuito primário; gerando assim, o vapor. Esse vapor é canalizado para mover as turbinas as quais levam energia para um gerador elétrico que daí, chega nos polos industriais e residenciais. Ou seja, a energia química é transformada em energia térmica a qual se transforma em energia mecânica e por último, essa transforma-se em energia elétrica (ALMEIDA, LANA, *et al.*, 2016).

No Brasil, há um complexo de usinas nucleares, Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), sendo localizado na praia de Itaorna em Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro. Nesse complexo, há três usinas, Angra I (em funcionamento desde 1985), Angra II (em funcionamento desde 2001) e Angra III (construção iniciada em 1984, porém não finalizada e ainda inativa) (ELETRONUCLEAR, 2023). Muitas vezes, o embargo ou atraso nas obras das usinas nucleares, se dá pela falta de informações sobre o respectivo tema, como aborda Carvalho (2012) em seu trabalho, na perspectiva da discussão a partir das “falácias e fatos sobre a energia nuclear”.

3 METODOLOGIA

A construção da sequência didática, para uma aula sobre o objeto de aprendizagem: radioatividade, permitiu trabalhar conteúdos de História, além da química. Nesse momento, tivemos a participação efetiva do professor de História, Fabiano Palácio, contribuindo para a atividade proposta na ação de incrementar o trabalho com enigmas (*Apêndices D* e *E*) sobre o histórico da radioatividade. Entende-se, dessa forma, que não se configura como um trabalho interdisciplinar ou multidisciplinar, mas sim, um trabalho de Química com contribuições da História.

A SD visou fazer um *link* com os objetos de conhecimento entre duas disciplinas de áreas distintas, a Química e a História. A disciplina de química, como já mencionado, trabalhou os conceitos mais teóricos e específicos da radioatividade, enquanto com História, foram trabalhados Segunda Guerra Mundial e Guerra Fria; ambos os conteúdos trouxeram uma correlação entre o que foi vivenciado em sala de aula e momentos teóricos-expositivos. O título atribuído para a SD foi: *Toda História tem seu Lado Atômico*. Essa pluralidade mostrou a importância de mesclar diferentes áreas do conhecimento em busca de uma maior interação com os estudantes, além de incluir e trazer maior dinamismo à prática pedagógica. Na elaboração da aula, foram designados nomes à usina nuclear, ao diretor-fundador, bem como ao reator. Para isso, surgiu a ideia de homenagear algumas figuras importantes do estado de Pernambuco. Mesmo que não houvesse uma conexão intrínseca ou relação direta, foi escolhido “Chico Science”, como diretor-fundador da “Usina Nuclear Maracatu Atômico” e que possuía um reator nuclear conhecido por “Da Lama ao Caos”.

Cada aula, em questão, possuiu um tempo médio de 50 minutos e no total foram necessárias sete aulas. Para preparação e organização do ambiente físico e também virtual foram utilizados os seguintes materiais:

1. Cadeira (20 unidades);
2. Caixa de som (1 unidade);
3. Computador/Notebook (7 unidades);
4. Faixa seccionada, cor: amarela, preta (1 unidade);
5. Jogo de luzes (1 unidade);
6. Máquina de fumaça (1 unidade);
7. Mesa, tamanho: grande (1 unidade);
8. Mesa, tamanho: pequeno (6 unidades);
9. Ornamentação geral da sala de aula (livre);
10. Placa perigo de radioatividade (1 unidade);
11. Projetor (1 unidade);
12. Tecido TNT, cor preta (7 metros).

A SD está descrita, momentos (aulas), em um quadro no *Apêndice A* deste trabalho. O primeiro momento foi pautado nas “Aulas 01 e 02*”,* que versavam sobre o conteúdo programático de radioatividade, histórico, emissões radioativas, leis das emissões radioativas, decaimento nuclear, meia-vida, reações nucleares e usina nuclear. Nas aulas teóricas-expositivas de Química, foram utilizadas apresentações no formato de sequenciamento de *slides* (*Apêndices B* e *C*) para trabalhar com os estudantes os conceitos mais específicos da temática sobre radioatividade.

O segundo momento, “Aula 03”, foi focado no espaço tira-dúvidas, os estudantes, a partir do primeiro momento, traziam seus questionamentos sobre os objetos de aprendizagem vistos nas aulas teóricas-expositivas. O objetivo era fazer com que os discentes pudessem assimilar o conteúdo estudado junto às questões que estão presente nos vestibulares de modo que, observem a contextualização que é feita nas avaliações estaduais e nacionais externas.

No terceiro momento, “Aula 04”, promoveu-se uma divisão em equipes para uma suposta atividade que seria vivenciada na aula posterior “Aula 05”. Os docentes comunicaram aos estudantes que haveria um debate na aula seguinte e que eles precisariam pensar sobre o seguinte questionamento: “O que vocês sabem sobre o uso da energia nuclear no Brasil?”. Os estudantes foram divididos em seis equipes, três delas seriam contrárias a instalação de novos reatores nucleares no Brasil e as outras três seriam a favor (posicionamento das equipes, contra ou a favor, foram selecionados aleatoriamente).

O debate, na verdade, foi um momento para estudo e reflexão dos estudantes fora do ambiente escolar, sendo trabalhada a pesquisa em grupo e montagem de argumentos para fazer o combate ou a defesa do posicionamento atribuído. Sendo assim, o discente, estaria preparado para participar da “Aula 05”, na qual houve uma imersão ao *escape room*. Ou seja, ocorreu uma dinâmica diferente da proposta, uma experiência gamificada; o objetivo era justamente trabalhar com o estigma da surpresa, do novo, criar uma quebra de paradigma para os estudantes, não houve o debate, mas sim, a sala de fuga.

A “Aula 05” utilizou um ambiente de sala de aula comum. No entanto, a ornamentação da sala de aula foi feita para que se assemelhasse à uma usina nuclear, como mostram as *Figuras 4, 5, 6* e *7*. A ideia de ornamentação é trazer uma nova forma para a sala de aula de modo que, o estudante possa sair do parâmetro físico do cotidiano, na escola.

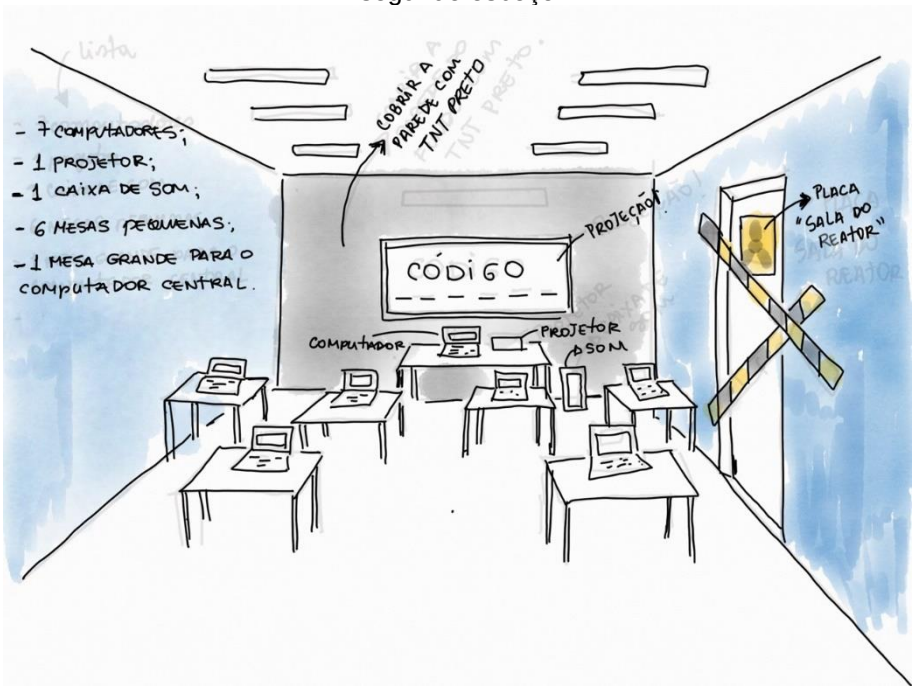
Figura 4 – Descrição do ambiente (físico) externo da sala de aula em primeiro esboço

Fonte: O autor com colaboração do professor de História, Fabiano Palácio (2022).

Figura 5 – Registro do ambiente (físico) externo da sala de aula

Fonte: O autor (2022).

Figura 6 – Descrição do ambiente (físico) interno da sala de aula com recursos digitais em um segundo esboço



Fonte: O autor com colaboração do professor de história, Fabiano Palácio (2022).

Figura 7 – Registro do ambiente (físico) interno da sala de aula com recursos digitais

Fonte: O autor (2022).

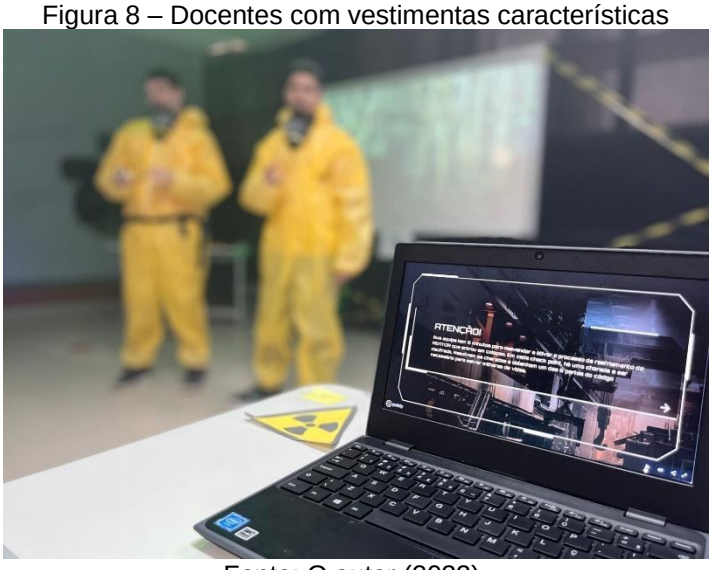
No quarto momento “Aula 05”, os estudantes a partir da imersão física, simulando uma usina nuclear, deveriam utilizar os computadores (ambiente virtual) para descobrir os códigos e assim escapar da sala de fuga. A ideia do *escape room* atrelada à GBL é justamente fazer com que o escape não seja, totalmente ou apenas, no ambiente físico, mas também no virtual. Criou-se também uma ideia de que a simulação se pauta em uma usina que estava com seu reator nuclear superaquecido e precisava descobrir o código dos computadores para que fosse possível ativar o resfriamento do reator nuclear em questão. Assim, seria possível evitar um acidente

que prejudicaria toda a Região Metropolitana do Recife (RMR), como também a própria escola, os estudantes, os docentes e os funcionários.

Trabalhando junto com as TDICs, foram utilizados dois *softwares* computacionais, um no *browser* e outro no sistema operacional. O aplicativo *Genially* foi uma ferramenta fundamental para montar o mapa da usina nuclear “Apêndice F”, o *app* possui música de fundo com imagens que buscam ser fiéis à realidade de uma usina nuclear com diversos aparelhos, com um cenário característico. Tudo isso, traz uma maior imersão (digital) para o estudante na vivência prática.

Com o computador, o *Genially Figura 8* era executado e havia cinco fases em que os estudantes deveriam desvendar os enigmas (questões), cada um deles possuíam quatro alternativas, se acertasse passava para próxima fase, caso errasse voltava para a pergunta *Apêndice F*. Após concluir o processo, era obtido um código no computador utilizado, cada máquina possuía um código. A soma dos seis códigos (seis equipes) foi digitada no computador central da “usina”, esse aparelho utilizou um *software* com uma linguagem básica de programação para iniciantes, a partir de um código fonte criado pelo autor do trabalho, conhecido como *VisuAlg* (*Apêndices G* e *H*). Por fim, os estudantes que colocaram os códigos na sequência correta, puderam visualizar a seguinte mensagem: “Sequência correta, o reator “Da Lama Ao Caos” será resfriado imediatamente!”. Caso não, era visualizado “Sequência incorreta, (*risco eminente*). O reator “Da Lama Ao Caos” não pode ser resfriado!”.

Figura 8 – Docentes com vestimentas características



Fonte: O autor (2022).

Foi delimitado um tempo, de cinco minutos, para que os estudantes pudessem resolver os enigmas; havia um cronômetro no navegador chamado de *onlinealarmkur*

que marcou o tempo que as equipes deveriam concluir o desafio. A equipe que conseguiu completar a tarefa, obteve êxito. Do contrário, havia um sinal de alerta sonoro sendo emitido (semelhante ao barulho que soa em uma usina nuclear). Além disso, houve uma simulação de acidente nuclear a qual foi iniciada com a ajuda de uma máquina de fumaça e de vestimentas como macacões e máscaras *Figura 9*.

Figura 9 – Docentes com vestimentas características

Fonte: O autor (2022).

O quinto momento, vivenciado na *Aula 06*, foi para que os estudantes, em equipe, pudessem argumentar sobre o combate ou defesa da instalação de um reator nuclear no Brasil. Faz-se importante ressaltar que os discentes participaram de toda a experiência na aula anterior. Além disso, a pesquisa feita para o debate que não houve, efetivamente, também contribui para a construção dos argumentos. Para esse momento, foram feitas perguntas às equipes e diversas discussões surgiram a partir do tema, além de ter sido realizada uma atividade através de um formulário virtual em que os estudantes deveriam responder três perguntas:

1. Na imersão *escape room* vivenciada, seu grupo era contra ou a favor da execução de um novo programa de energia nuclear no Brasil?
2. Registre os argumentos que foram construídos por sua equipe para combater ou defender um novo programa de energia nuclear para o Brasil.
3. A partir da experiência vivenciada na aula, o que vocês enquanto estudantes conseguiram aprender com a temática “Toda História tem seu lado Atômico”?

O sexto e último momento, *Aula 07*, ocorreu como uma visitação aos conteúdos programáticos que os estudantes tiveram um menor desempenho nos argumentos tratados no formulário virtual. A análise foi feita por todas as equipes participantes e

foram elencados os argumentos menos e mais utilizadas pelos estudantes, tanto para quem tinha como função defender ou ser contrário ao uso da energia nuclear no país. Desse modo, os conteúdos sobre radioatividade, na aula teórica-expositiva de Química, foram retomados e vivenciados novamente.

A atividade realizada atribuiu uma porcentagem de até 100% para os estudantes. Sendo 25% para a participação e engajamento na experiência gamificada; 25% pelos argumentos fundamentados no formulário *online* sobre a defesa ou combate aborda da energia nuclear no país; por fim, o restante dos 50% se deu em uma avaliação somativa teórica que foi mesclada com questões dissertativas e objetivas. Um ponto de fundamental importância se deu na impossibilidade do *software Genially* de armazenar as respostas dos estudantes a cada tentativa. Caso fosse possível essa ação, haveria uma diretriz sobre quais alternativas funcionaram como distratores e quais caminhos eles tentaram seguir até concluir a atividade.

Por fim, há um critério avaliativo (resultado) que vai para além da atribuição percentual feita junto aos estudantes. O trabalho das habilidades socioemocionais e a escuta dos discentes sobre a prática pedagógica, foi um outro ponto enriquecedor da atividade realizada. Ter o *feedback*, não só conceitual, dos estudantes, é de uma importância sem tamanho, já que mostra a forma em que o processo foi construído e qual a ótica desses discentes para o que foi vivenciado nessa experiência gamificada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A organização do trabalho teve o seu desenvolvimento pautado a partir de uma sequência didática a qual foi produzida e reproduzida para uma aula sobre radioatividade. Esse momento foi pensando para estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, com idade entre 13 e 15 anos, em uma escola particular no município de Recife-PE. A instituição privada em questão possui uma ampla gama de recursos didáticos, tecnológicos e pedagógicos. Os discentes, em sua maioria, estão inseridos no grupo socioeconômico designado como classe média, tendo fácil acesso a recursos tecnológicos, no seu dia-a-dia.

A experiência vivenciada pelos estudantes da educação básica possuiu duas etapas avaliativas. A primeira, uma participação ativa do estudante na imersão em uma sala de fuga gamificada e a segunda de forma escrita, através de um formulário virtual. As equipes precisavam argumentar o motivo das ideias defendidas, nesse caso, o argumento se alimenta de uma afirmação seguida por uma justificativa, sendo essa pautada em aspectos epistêmicos e que devem emergir do conteúdo, saberes e contextos da radioatividade. Os dados obtidos na atividade geral trouxeram uma gama de resultados passíveis de análises e interpretação daquilo que foi trabalhado e construído, tanto na sala de aula teórica-expositiva, quanto na imersão da atividade lúdica-pedagógica.

A primeira pergunta partia do ponto de qual equipe seria contra ou a favor da execução de um novo programa de energia nuclear no Brasil. O cenário organizacional *Tabela 3* foi de 36 equipes em 6 turmas distintas da A até a turma F, sendo 6 estudantes por equipe. Os docentes definiram as equipes e designaram qual a função de cada uma delas, ou seja, 18 equipes eram contrárias e 18 equipes a favor de um novo programa de energia nuclear no Brasil.

Tabela 3 – Análise quantitativa

Contra	**A favor**
18 (50%)	18 (50%)

Fonte: O autor (2022).

A partir dos estudos realizados pelos estudantes para o possível debate que aconteceria no dia da intervenção didática, eles construíram uma opinião sobre a situação proposta. Os dados por si só não trazem informações sobre o entendimento dos estudantes, na escolha prévia feita pelos docentes, no tocante às suas posições a partir de uma temática bem específica, delicada e complexa que é a energia nuclear.

Dessa forma, faz-se necessário analisar um outro dado obtido no formulário que seriam as respostas argumentativas que contemplam a segunda pergunta realizada pelos discentes.

As *Tabelas 4* e 5 apresentam os principais argumentos usados pelos estudantes. Eles se reuniram para escrever os argumentos sobre o combate ou a defesa de uma maior utilização da energia nuclear no Brasil.

Tabela 4 – Análise argumentativa do combate ao programa de energia nuclear

Argumentos	**Quantidade de equipes**
Altos níveis de radiação por diversos anos	5 (27,8%)
Resíduo do lixo radioativo gerado na fissão nuclear	8 (44,4%)
Poluição térmica no sistema de refrigeração	9 (50,0%)
Surgimento de diversas doenças como, o câncer	11 (61,1%)
Acidentes em usinas nucleares	12 (66,7%)

Fonte: O autor (2022).

Os registros da *Tabela 4* elencam algumas características importantes no estudo da radioatividade na disciplina de Química. O primeiro ponto a ser mencionado está relacionado com o medo de antigas experiências ruins como os acidentes que resultaram em explosões de usinas nucleares. Esses argumentos de combate ao tipo de energia foram utilizados por 66,7% das equipes, mostrando que há uma forte comoção dos acidentes que ocorreram ao longo da história e que ninguém pretende vivenciá-los novamente.

A menção às doenças provocadas pela exposição à radioatividade foi usada por 61,1% das equipes. O exemplo mais citado foi o câncer. Isso se faz muito interessante pelo fato dos estudantes apenas associaram a exposição às radiações como algo ruim e esqueceram (ou desconheciam) o fato de que a radiação também é utilizada como forma de terapia oncológica. A radioterapia e o *Pet-Scan*, entre outras estratégias, fazem uso de radioatividade no campo denominado Medicina Nuclear.

A poluição térmica foi citada por 50% das equipes. Nas aulas teóricas-expositivas, foi abordado o funcionamento de uma usina nuclear. Dessa forma, os estudantes puderam comentar sobre a importância de olhar para a água aquecida que sai das usinas, pois elas contribuem para o desarranjo da fauna aquática.

Na usina nuclear, depois da fissão do núcleo de urânio, haverá o lixo nuclear. Os estudantes, em menor quantidade (44,4%), utilizaram o argumento que esse armazenamento é perigoso e preocupante para o uso desse tipo de energia. Ou seja, a discordância pauta-se no ponto de alguma forma possa haver um vazamento de

material ou talvez ausência de locais físicos disponíveis para armazenamento em segurança.

Um argumento que foi pouco explorado no combate à energia nuclear tratou da grande exposição da radiação por longos intervalos de tempo, pois sabe-se que diversas cidades não se recuperaram após uma grande exposição à radiação. Nesse fato, faltaram as equipes (apenas 27,8% argumentaram) falarem mais sobre o quão prejudicial seria se não houvesse mais possibilidade de ter vida em um determinado local por décadas, como exemplo.

As equipes que ficaram com a incumbência de defender a energia nuclear utilizaram, como fortes argumentos, dois pontos: a pouca emissão de gases poluentes (66,7%). Essa fala foi pautada no quesito de que não havia utilização de combustíveis fósseis e que a quantidade de poluentes emitidos era drasticamente menor do que se via em outras fontes produtoras de energia. O segundo ponto, a grande disponibilidade de urânio na natureza (61,1% das equipes), esse foi inclusive citado como o Brasil tem vantagem sobre isso já que há grandes fontes de minério de urânio no país, ou seja, seria muito difícil ou iria demorar décadas e mais décadas até que fosse esgotada as fontes de urânio. A *Tabela 5* apresenta esses dados.

Tabela 5 – Análise argumentativa da defesa ao programa de energia nuclear

Argumentos	**Quantidade de equipes**
Geração de energia com pouca quantidade de combustível	6 (33,3%)
Maior segurança nas usinas nucleares	7 (38,9%)
Não dependem de condições climáticas	8 (44,4%)
Grande disponibilidade de urânio na natureza	11 (61,1%)
Pouca emissão de gases poluentes	12 (66,7%)

Fonte: O autor (2022).

Um outro fator bastante mencionado (44,4%) foi o fato de que as usinas nucleares não dependem de fatores climáticos para o seu funcionamento. ou seja, os estudantes argumentavam sobre não precisar de incidência solar, grandes volumes de chuvas, regiões acidentadas com ventos em constância e assim por diante, para obtenção de energia. O argumento sobre o aumento da segurança nas usinas nucleares (38,9%) teve pouca incidência nas equipes que defendiam o programa de energia nuclear no país. Isso, poderia ter sido mais explorado visto que, o Brasil tem um histórico positivo em relação à segurança das usinas nucleares e inclusive, é um forte contra argumento ao combate do programa que cita, em maior porcentagem, os acidentes nas usinas nucleares como maior argumento para combater o programa.

Sobre a grande disponibilidade do urânio (33,3%), as equipes não fizeram o devido *link* na construção das respostas entre esse argumento e a grande disponibilidade de urânio na natureza. Esse dado traz uma potencialidade ao argumento, pois faz uma relação perfeita entre consumo, demanda e disponibilidade. Ou seja, a importância de além de pesquisar, filtrar os aspectos mais importantes acerca do que se fala sobre radioatividade e sua aplicabilidade.

É importante ressaltar que os estudantes utilizaram bons argumentos, em geral. Sejam eles favoráveis ou desfavoráveis em relação à energia nuclear. Os discentes conseguiram construir um raciocínio lógico sobre a temática trabalhada na sequência didática. Um questionamento interessante se faz em, como o processo de gamificação poderia ter contribuído para o trabalho? É um fato entender que os estudantes fizeram o estudo de aulas teóricas-expositivas sem um certo protagonismo no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, construir os conceitos de radioatividade, em aula comuns, posteriormente propor uma pesquisa orientada e a junção desses fatos resultar em uma experiência gamificada, trouxe uma grande contribuição para o desenvolvimento dos indivíduos referente à radioatividade.

O trabalho teve como objetivo instigar os estudantes a buscarem alternativas para os questionamentos que eram feitos na plataforma. Ou seja, era preciso ter rapidez e eficiência para resolver os problemas propostos; como também, observar a organização dos computadores para colocar em sequência correta os códigos no computador central e aí assim concluir a atividade com sucesso. A metodologia GBL ajudou na interação dos estudantes com eles mesmo e também melhorou no engajamento dos mesmos. É importante, também, considerar o engajamento dos estudantes durante o processo, desde o levantamento de hipóteses até as discordâncias e negociação das respostas entre as equipes.

Os resultados obtidos, também foram importantes para ressaltar em sala de aula, alguns tópicos do que foi estudado, caso houvesse um trecho do conteúdo que fixou argumentos sem tanto embasamento, por parte dos estudantes, esses seriam revisitados. A partir disso, os conteúdos programáticos de radioatividade foram vivenciados em uma nova oportunidade, na sala de aula, dando enfoque naquilo que os estudantes tinham maior dificuldade. Dessa forma, pode-se enxergar a prática de imersão, no conjunto geral, como uma estratégia didática de bom alcance.

Um último ponto, ademais de tudo o que já foi discutido, pauta-se no trabalho em equipe por parte dos estudantes. Para sair da situação problema proposta, os

estudantes, em equipes de seis, cada, precisavam responder aos enigmas. Ao total, haviam seis turmas (de A até F), cada turma possuía 6 equipes e cada equipe, aproximadamente seis estudantes.

A *Tabela 6* resumo a conclusão da prática no tocante a resolução dos enigmas. Entre as seis turmas, 3 delas conseguiram concluir (equipes efetivas) a atividade proposta, acertando todos os enigmas e digitando o código no computador central em até 5 minutos. Já outras três turmas, não conseguiram finalizar a atividade em tempo hábil (equipes não-efetivas).

Tabela 6 – Resolução da situação-problema (quantidade de equipes)

Equipes efetivas	**Equipes não-efetivas**
18 (50%)	18 (50%)

Fonte: O autor (2022)

Resume-se que, a diferença entre as turmas que obtiveram sucesso e as que não alcançaram dá-se no processo de coletividade entre as equipes. Nas turmas efetivas, os estudantes saiam dos seus computadores e iriam ajudar os demais colegas na resolução dos problemas. Já as turmas que permeava o individualismo, os estudantes como um todo (o conjunto) não atingiram seus objetivos. No final, uma reflexão foi feita junto aos estudantes: a partição e o trabalho em equipe, foram fatores primordiais para a conclusão do objetivo inicial.

5 CONCLUSÃO

A partir dos objetivos, geral e específico, do trabalho, houve um resultado satisfatório no tocante à aplicação da sequência didática. A ideia de trabalhar o protagonismo estudantil, fazendo com que esse seja o sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem foi realizada com sucesso. Além disso, o uso das metodologias ativas no ensino de ciências como a GBL, sendo sua ferramenta aliada às TDICs, mostraram que o dinamismo tomou conta da atividade pedagógica.

Uma intervenção didática-pedagógica visa atingir o estudante como foco central do processo, nesse ponto foi possível visualizar que, os discentes buscaram aprofundar-se nos conteúdos abordados sobre a radioatividade a partir de como o conteúdo foi apresentado a eles. Instigar e aguçar a curiosidade do aluno não é tarefa fácil, por isso que o trabalho com etapas e desafios juntos aos enigmas fez sucesso com os estudantes. Ao mesmo tempo, dependia de cada indivíduo e do trabalho em equipe para responder corretamente os questionamentos feitos no *games* e assim foi possível que os estudantes escapassem da sala de fuga virtual.

Continuando o trabalho de análise, os resultados obtidos nas respostas do formulário foram muito bem utilizados para traçar parâmetros quanto a utilização de alguns termos comentados como também ausência de outros. Foi bastante interessante que os estudantes, que foram aleatoriamente escolhidos para serem contrários ou a favor da instalação de um novo reator nuclear no Brasil, conseguiram criar argumentos nas suas explicações.

Ainda assim, houve pontos que não obtiveram sucesso ou destaque nas falas descritas, sendo preciso serem trabalhados posteriormente em sala. A ação de permissividade de análise que a atividade traz, faz com que o docente consiga entender como o seu estudante está caminhando com os objetos de aprendizagem da sua disciplina. Poder revisitar conteúdos já discutidos e trabalhados em sala, só reforça mais ainda o sucesso do trabalho no todo, visto que já estava pressuposto na sequência didática essa ação.

Ademais, os estudantes ficaram entusiasmados com a participação na atividade e o engajamento deles, foi notório para os docentes. É importante ressaltar que, o simples fato da saída de um aluno de uma sala de aula tradicional para uma ambientada (espaço físico) com tecnologias digitais e jogos que, permitem maior interação, trabalho em equipe e também inteligência emocional. Em todo esse

processo, efetiva-se a grande participação do estudante para que o professor mediador possa contribuir na sua formação como indivíduo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. L. A. D. et al. **Usina nuclear: obtençao de energia e resíduos gerados**. Universidade FUMEC. Belo Horizonte, p. 1-10. 2016.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BORGES, T. S.; ALENCAR, G. **Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior**. Cairu em Revista, JUL/AGO 2014. 119-143.

BRANCO, E. P. et al. **Sistema nacional de educação: críticas no contexto da implantação da bncc. Debates em Educação**. Maceió: [s.n.]. 2019. p. 271-294.

BRASIL. **Lei N° 9.394, de 20 de dezembro de 1996, Art. 26, 1996**. Disponivel em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/ldb.pdf>. Acesso em: MAI 2023.

BRASIL. **Art. 210, 1998**. Disponivel em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: MAI 2023.

BRASIL. **Proposta de Emenda à Constituição (PEC) Nº 55, 2016**. Disponivel em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2016/12/13/pec-que-restringe-gastos-publicos-e-aprovada-e-vai-a-promulgacao>. Acesso em: MAI 2023.

BRENT R. STOCKWELL, M. S. S. E. J. **Group Problem Solving in Class Improves Undergraduate Learning**. ACS (American Chemical Society) Central Science, New York, v. 3, p. 614-620, MAI 2017.

CARVALHO, J. F. D. **O espaço da energia nuclear**. Estudos Avançados. [S.l.]: [s.n.], 2012. p. 293-307.

CAVALCANTI, M. D. G. C. E. E. L. D. **Escape Room no Ensino de Química**. Química Nova na Escola, v. 42, n. 1, p. 45-55, FEV 2020.

CUNHA, M. B. D. **Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula**. Química Nova na Escola, 25 ABR 2012. 92 - 98.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma a bordagem teórica**. Revista Thema, Lajedo, 2017. 268 - 288.

DOLZ-MESTRE, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. **Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento**. Bruxelas: Mercado de Letras, 2001.

EDUCAÇÃO, M. D. **Base Nacional Comum Curricular**. 1. ed. Brasília: [s.n.], v. 1, 2017.

EDUCAÇÃO, M. D. **Base Nacional Comum Curricular**. 1. ed. Brasília: [s.n.], v. 1, 2018.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. D. **Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada**. Química Nova na Escola, v. 32, n. 2ª, p. 101-106, SET 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17ª. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra S/A, v. 23, 1970.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 25ª. ed. São Paulo: Paz e Terra S/A, 1996.

GARCIA, A. **Gamificação como prática pedagógica docente no processo ensino e aprendizagem na temática da inclusão social**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, p. 91. 2015.

HAUSCHILD, L. P.; VIVIAN, D. **As metodologias ativas e o seu impacto na área do ensino**. Universidade do Vale do Taquari - Univates. Lajedo, p. 18. 2017.

HAYES, P. **The global leadership of virtual teams in avatarbased virtual environments**. 1st International Conference On Hci In Business. Greece: [s.n.]. 2014. p. 390-400.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura**. São Paulo: Perspectiva S.A., 1999.

J. ACACIO DE BARROS, J. R. G. S. F. D. S. J. R. T. **Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Juiz de Fora, v. 26, n. 1, p. 63-69, MAR 2004.

JEAN CARLOS DA SILVA MONTEIRO, S. E. S. M. **Jogos digitais como recurso didático para potencialização da aprendizagem**. Anais do I Simpósio Internacional e IV Nacional de Tecnologias Digitais na Educação, São Luís, p. 4050-4064, JUL 2019.

LOPES, A. I. A. **A relevância da metodologia de aprendizagem ativa e fora da sala de aula para a eficácia da Educação Ambiental**. Universidade de Lisboa. Lisboa. 2015.

LOSCHI, M. **Taxa de ingresso ao nível superior é maior entre alunos da rede privada**. Agência IBGE Notícias, 2018. Disponivel em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/23300-taxa-de-acesso-ao-nivel-superior-e-maior-entre-alunos-da-rede-privada>. Acesso em: MAI 2023.

MARIZE LYRA SILVA PASSOS, M. B. A. E. O. F. D. A. **O Desafio das Metodologias Ativas: construção de um jogo de Escape Room**. Informática na Educação - Teoria & Prática, Porto Alegre, v. 24, n. 3, p. 102-120, NOV 2021.

MARTINS, R. D. A. **Como Becquerel não descobriu a radioatividade**. Instituto de Física “Gleb Wataghin” UNICAMP. Campinas, p. 27-45. JUN/1990.

MIZUKAMI, M. D. G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. 12. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., v. 1, 1986.

NEVES, A. S. F.; FREIRE, C. **Aprendizagem baseada em Jogos (GBL) vs Gamificação - Oportunidades e desafios**. In: PINTO, H. G., et al. Investigação, Práticas e Contextos em Educação 2020. 1ª. ed. [S.l.]: ESECS / Politécnico de Leiria, v. I, 2020. p. 139-146.

NOSSAS Atividades: Angra I, Angra II e Angra III. **Eletronuclear: energia limpa, 2023**. Disponivel em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/default.aspx>. Acesso em: MAI 2023.

PEREIRA, R. G. **O conhecimento mobilizado por estudantes do Ensino Médio na formulação de argumentos sobre temas científicos e sociocientíficos**. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, p. 108. 2010.

PINTO, L. B. F. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Revista de formação e prática docente, Porto Alegre, 2020. 89 - 91.

SAVIANI, D. Escola e democracia. 24. ed. São Paulo: São Paulo, v. 1, 1991.

VOLPATO, A. N. et al. **Práticas Inovadoras em Metodologias Ativas**. Florianópolis: Contexto Digital, 2017.

VOLPATO, A. N.; DIAS, S. R.; BERNINI, D. S. D. **Práticas Inovadoras em Metodologias Ativas**. Florianópolis: Contexto Digital, 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUADRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Aulas/Momentos	Conteúdos/objetos do conhecimento	Atividades	Recursos Didáticos
Aula 01 (50 min)	Análise dos conhecimentos prévios dos estudantes, juntamente com a assimilação de novos objetos de aprendizagem	Aula teórica-expositiva abordando o conteúdo de radioatividade: histórico, emissões radioativas e leis das emissões radioativas	Quadro (físico ou virtual); Apresentação em slides; Vídeos-documentário.
Aula 02 (50 min)	Continuação da *Aula 01* com objetivo de continuação do conteúdo programático	Aula teórica-expositiva abordando o conteúdo de radioatividade: decaimento nuclear, meia-vida, reações nucleares e usina nuclear	Quadro (físico ou virtual); Apresentação em slides; Vídeos-documentário.
Aula 03 (50 min)	Síntese das *Aulas 01 e 02* com enfoque na resolução e tira-dúvidas de exercícios contextualizados	Aula teórica-expositiva abordando o conteúdo de radioatividade (já trabalhando aspectos os quais seriam revisitados no *escape room*)	Quadro (físico ou virtual); Formulário virtual; Ficha em papel; Anotação em caderno.
Aula 04 (50 min)	Preparatório para imersão que ocorrerá na *Aula 05*, momento de divisão de equipes	As equipes ficarão a favor e contra a utilização de energia nuclear no Brasil, os estudantes são informados que haverá um debate na próxima aula, o que não ocorrerá, no entanto será feita a imersão em sala de fuga	Formulário virtual; Anotação em caderno.

Aulas/Momentos	Conteúdos/objetos do conhecimento	Atividades	Recursos Didáticos
Aula 05 (50 min)	Atividade prática, imersão à sala de fuga utilizando a aprendizagem baseada em jogos (GBL)	Aula prática com a experiência gamificada (*gamification*) em sala de fuga (*escape room*), a sala como ambiente físico e os computadores como ambiente virtual	Quadro (digital); Computador; Conexão à internet.
Aula 06 (50 min)	Desenvolvimento e escrita das respostas presentes no formulário digital	Os estudantes respondem ao questionário com os argumentos sobre o combate ou defesa do uso da energia nuclear no Brasil	Formulário digital.
Aula 07 (50 min)	Análise de dados e revisitação dos conteúdos programáticos	Discussão e revisitação dos objetos de aprendizagem, acerca do trabalho realizado, com enfoque nos principais argumentos utilizados pelos estudantes no formulário digital	Dados obtidos na *Aula 05*.

APÊNDICE B – SLIDES EM GRUPAMENTO 01

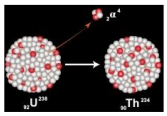
Introdução

Os estudos sobre a radioatividade começam nos anos de1895 com o físico alemão Wilhelm Conrad Röentgen que trabalhava com as descargas elétricas em um tubo de raios catódicos. Posteriormente, no ano de 1896, Antoine Henri Becquerel aprofundou nos estudos de radioatividade utilizando um minério de urânio. Pouco tempo depois, torna -se pública a aparição do casal Curie, Pierre e Marie juntos com Becquerel deram a descoberta dos raios que urânio emitia e impressionava o filme de "radioatividade". Atualmente a radioatividade é definida como fenômeno natural ou não em que o núcleo de um átomo emite partículas, ondas eletromagnéticas, ou ambas para o meio.

Emissões Radioativas

Emissão alfa (α): é constituída de duas cargas positivas (prótons) e dois nêutrons. A partícula alfa equivale a um núcleo de hélio (2 prótons e 2 nêutrons, com massa igual a 4).

$$^{4}_{2}\alpha + 2e^{-} \longrightarrow {}^{4}_{2}He$$

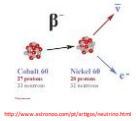


https://brasilescola.uol.com.br/quimica/emissao-alfa.htm

Emissões Radioativas

Emissão beta (β): é constituída por carga negativa a ser atraída por um campo elétrico positivo e repelida pelo negativo, a sua massa é muito menor que a partícula alfa.

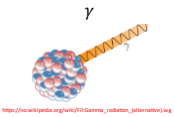
$$^{1}_{0}N \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\nu$$



http://www.astronoo.com/pt/artigos/neutrino.html

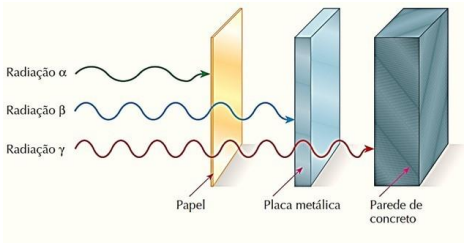
Emissões Radioativas

Emissão gama (γ): não apresenta massa nem carga elétrica e possui alta penetrabilidade. As emissões gama, na verdade são ondas eletromagnéticas as quais são emitidas sempre que ocorre emissão *alfa* ou *beta*. Como essa radiação não altera número atômico, massa, em geral, ela não é representada na equação.



https://no.wikipedia.org/wiki/Fil:Gamma_radiation_(alternative).svg

Emissões Radioativas



https://www.todamateria.com.br/radioatividade/

Emissões Radioativas

Radiações α, β e γ

Radiação	Carga	Penetração	Velocidade
α	+2	baixa	$c = 2 \cdot 10^{8}\ m/s$
β	-1	moderada	$c = 2{,}85 \cdot 10^{8}\ m/s$
γ	nula	alta	$c = 3 \cdot 10^{8}\ m/s$

APÊNDICE C – SLIDES EM GRUPAMENTO 02

Leis das Emissões Radioativas

Lei de Soddy: quando um núcleo instável emite a partícula *alfa*, o seu número atômico diminui em 2 unidades e sua massa em 4 unidades e assim dá-se um novo elemento.

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha $$

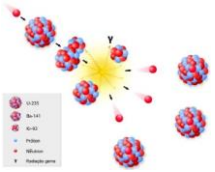
Lei de Soddy, Fajans e Russel: quando um núcleo instável emite a partícula *beta*, o seu número atômico aumenta em 1 unidade e sua massa permanece constante, assim dá-se um novo elemento isóbaro do primeiro.

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}\beta $$

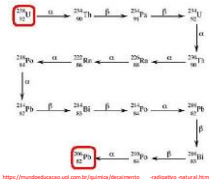
Decaimento Nuclear

É a transformação de um núcleo em outro a partir das emissões de partículas *alfa*, *beta* ou *gama*.

$$ {}^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\alpha $$



https://brasilescola.uol.com.br/fisica/fissao -nuclear.htm

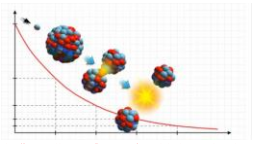


https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/decaimento -radioativo-natural.htm

Meia Vida

É o tempo necessário para que o número de átomos de um isótopo radioativo desintegre-se pela metade.

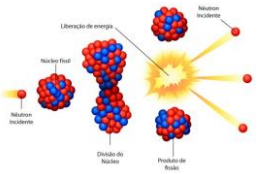
$$ \left[N_n = \frac{N_0}{2^n}\right] / \left[\Delta t = n \cdot t_{1/2}\right] / \left[m_n = \frac{m_0}{2^n}\right] $$



https://www.manualdaquimica.com/fisico -quimica/meia -vida-dos-elementos -radioativos.htm

Reações Nucleares

Fissão nuclear: *ocorre pela quebra do núcleo do átomo, é um processo exotérmico que libera grande quantidade de energia.*



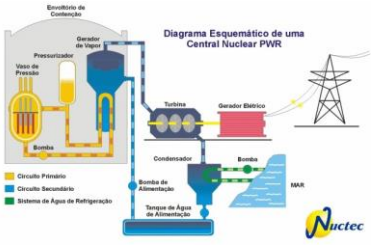
https://pt.quora.com/Qual -a-diferen%C3%A7a -entre-fus%C3%A3o-nuclear -e-fus%C3%A3o -nuclear

Reações Nucleares

Fusão nuclear: *ocorre pela união de núcleos atômicos, originando um novo átomo com maior massa e também liberando grande quantidade de energia.*

https://www.todamateria.com.br/fusao -nuclear/

Usina Nuclear



https://caldeiradigital.wordpress.com/2011/03/20/usina -nuclear/

APÊNDICE D – QUADRO DOS ENIGMAS DE QUÍMICA

Perguntas	Respostas
A partir dos estudos de radioatividade, qual das emissões radioativas tem o maior poder de penetração?	a) Alfa b) Beta c) Gama d) Raios X
Em uma usina nuclear o processo radioativo que ocorre no reator é chamado de ...?	a) Fissão nuclear b) Fissão radioativa c) Fusão radioativa d) Fusão nuclear
Quais das emissões radioativas, provindas de um núcleo, consegue atingir a velocidade da luz?	a) Alfa b) Beta c) Gama d) Raios X
No ano de 1987 ocorreu, no Brasil, um dos acidentes que viria a ser o maior acidente nuclear (fora de uma usina) na história do país e do mundo. Qual isótopo radioativo estava presente no material radioativo?	a) Carbono-14 b) Césio-137 c) Cobalto-60 d) Urânio-235
A partícula radioativa beta, ao estar próxima de um campo elétrico, se aproxima do polo ...?	a) Negativo b) Neutro c) Nulo d) Positivo
Na ocorrência de um acidente nuclear o isótopo de boro-10 ajuda a combater um desastre nuclear pela absorção de ...?	a) Elétrons b) Nêutrons c) Número atômico d) Prótons
O tempo de meia-vida do iodo-131 é aproximadamente 8 dias, supondo que se passaram 960h, quantas meias-vidas houve desde o início da desintegração?	a) 5 meias-vidas b) 8 meias-vidas c) 10 meias-vidas d) 16 meias-vidas
Um átomo de rádio-226 libera duas partículas alfa durante um processo de fissão nuclear, qual o número atômico resultante desse processo?	a) 80 b) 82 c) 84 d) 86

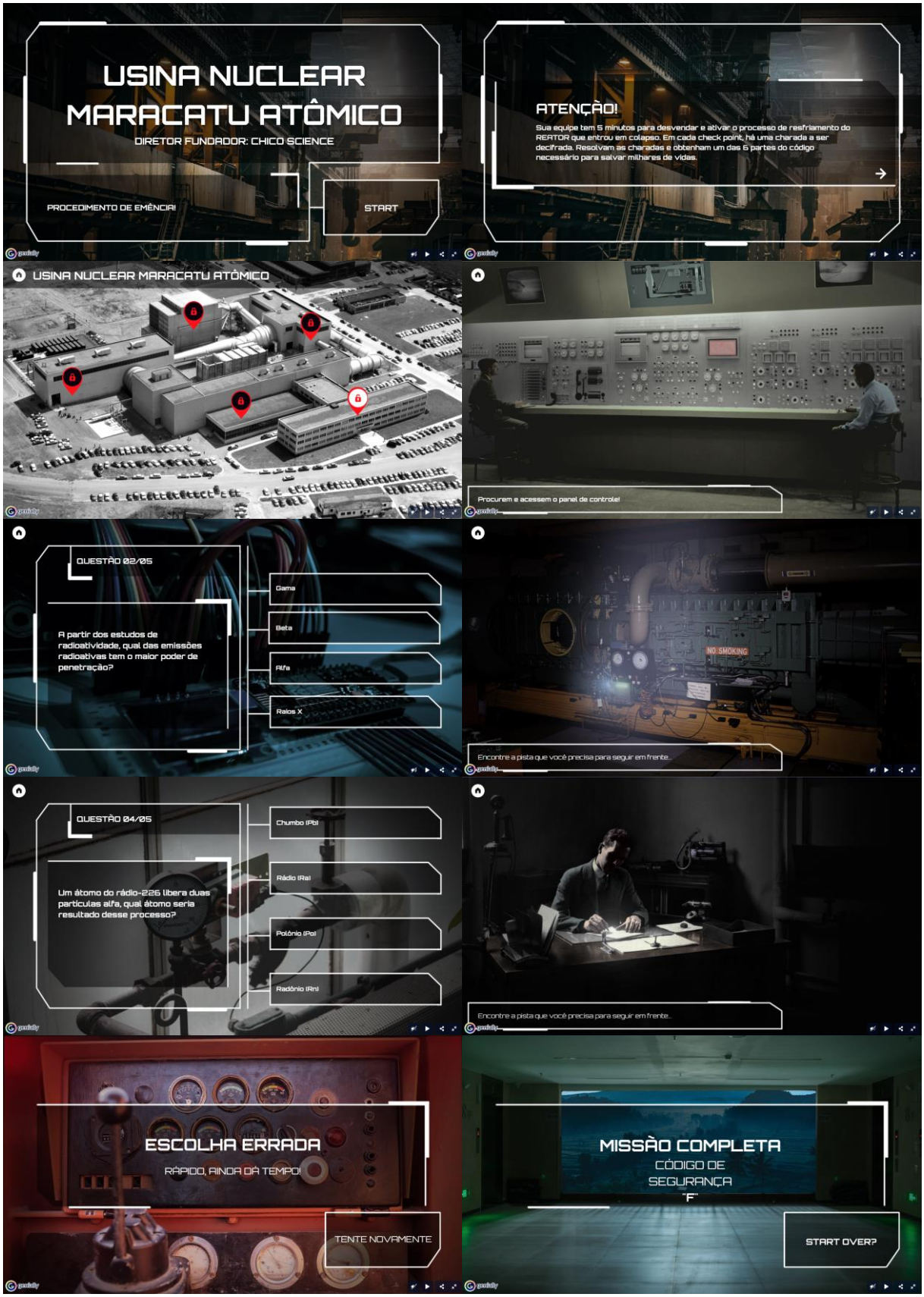
Perguntas	Respostas
A fusão nuclear aborda sobre a junção de dois isótopos de um átomo *X* para gerar um nêutron e um átomo de hélio, que átomo *X* seria esse?	a) Boro b) Hélio c) Hidrogênio d) Lítio
Um átomo do rádio-226 libera duas partículas alfa, a partir desse processo, em que átomo resultaria?	a) Chumbo (Pb) b) Polônio (Po) c) Rádio (Ra) d) Radônio (Rn)
Na equação a seguir, determine quem é a partícula (ou emissão) *"X"*: $^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{226}_{88}Ra + X$.	a) Alfa b) Beta c) Gama d) Raios X
Na fissão do ^{235}U há liberação de nêutrons, essas partículas subatômicas continuam o processo de decaimento nuclear, bombardeando ...?	a) Camadas eletrônicas b) Eletrosfera atômica c) Ligações químicas d) Núcleo atômico
Em uma usina nuclear há pontos positivos e negativos abordo do seu funcionamento. Um problema recorrente na instalação desta, seria?	a) A água que circula dentro do circuito primário b) Grande área a ser inundada c) Lixo radioativo gerado d) Vapor gerado decorrente da fissão
A usina nuclear pode apresentar alguns problemas no seu funcionamento, qual impacto para com o meio ambiente é recorrente em uma usina nuclear?	a) Águas oceânicas b) Animais terrestres c) Árvores florestais d) Produção de energia
Existe um isótopo químico radioativo que está presente nos seres vivos, esse isótopo permite a datação de fósseis que existiram na terra há algum tempo. Que isótopo seria esse?	a) Carbono-14 b) Césio-137 c) Cobalto-60 d) Urânio-235

APÊNDICE E – QUADRO DOS ENIGMAS DE HISTÓRIA

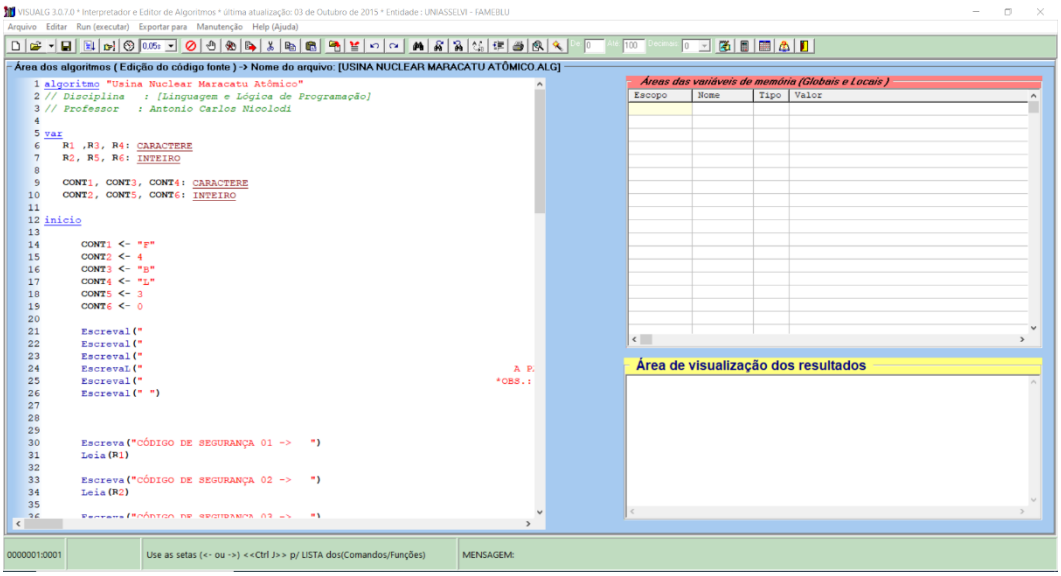
Perguntas	Respostas
Qual nome da primeira usina nuclear do mundo?	a) Arkansas Nuclear One b) Balakovo c) Nobilis Obrinks d) Zaporizhzhia
Onde fica a primeira usina nuclear do mundo?	a) Cidade da Energia b) Cidade das Ciências c) Cidade do Amanhã d) Cidade do Futuro
Quantos reatores nucleares Chernobyl possuía?	a) Três b) Quatro c) Cinco d) Sete
Qual o país que hoje é o maior usuário de energia nuclear do mundo?	a) Estados Unidos da América b) França c) Japão d) Ucrânia
O nome do cientista que mandou uma carta para o presidente americano falando dos perigos da energia nuclear?	a) Albert Einstein b) Ettore Majorana c) Friedrich Hund d) Robert Bacher
A energia nuclear é responsável por ... da energia utilizado no mundo.	a) 7% b) 10% c) 13% d) 27%
Durante muito tempo os resíduos radioativos eram descartados em tonéis jogados em alto mar, só no ano de ... essa prática foi abolida.	a) 1945 b) 1972 c) 1993 d) 2002
Quem foi a primeira pessoa da história a falar que todas as coisas eram compostas por átomos?	a) Aristóteles b) Demócrito c) Pitágoras d) Tales de Mileto
O nome do herói que ganhou seus poderes depois de ser banhado por raios gamas?	a) Dr. Manhattan b) Godzilla c) Homem Radioativo d) O Incrível Hulk

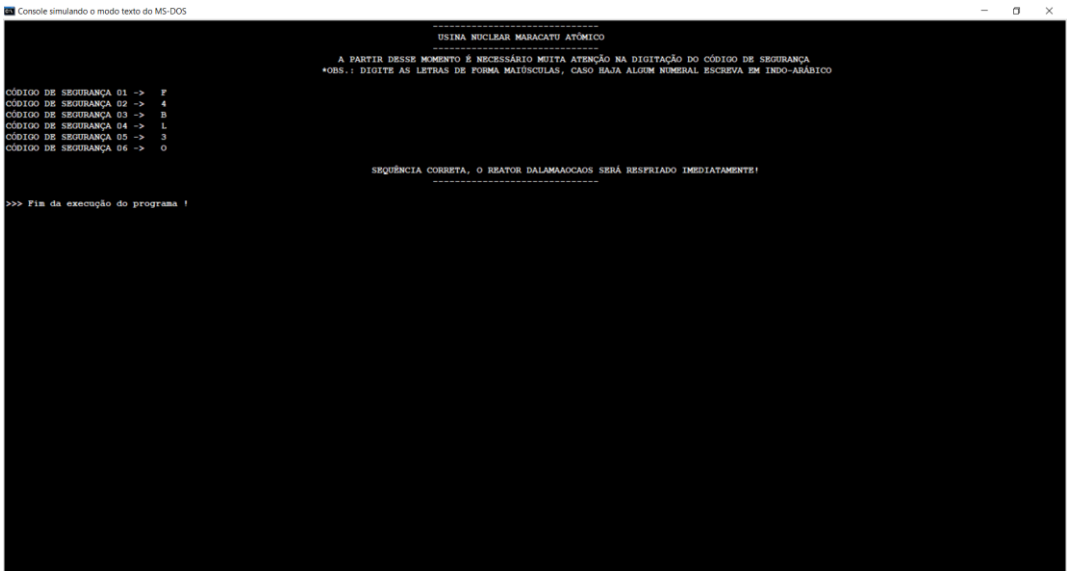
Perguntas	Respostas
O nome da usina nuclear onde trabalha o pai de Bartholomew Jo-Jo Jay Simpson?	a) Angra III b) Chernobyl c) Usina Nuclear de Springfield d) Usina Nuclear de Winden
Quem foi Marie Skłodowska-Curie?	a) É uma filósofa, feminista, escritora e acadêmica brasileira b) Foi a primeira mulher do mundo a ganhar um Prêmio Nobel c) Foi a responsável por calcular a trajetória da missão Apollo 11, a primeira a pousar na Lua d) Foi uma pintora mexicana retratava em seus quadros as tragédias de sua vida
Ano e local dos respectivos acidentes nucleares de Chernobyl, Fukushima e Three Mile Island.	a) 1979 no Estados Unidos, 1986 na Ucrânia e 2011 no Japão b) 1985 na Ucrânia, 2014 no Japão e 1976 no Estados Unidos c) 1986 na Ucrânia, 2011 no Japão e 1979 no Estados Unidos d) Ucrânia em 1986, Japão em 2011 e EUA em 1979
O que é um inverno nuclear?	a) Foi uma expressão criada para descrever o cenário climático em Hiroshima depois da bomba atômica b) Foi uma expressão criada para descrever os efeitos do acidente com Césio 137 em Goiana c) Foi uma expressão criada por um grupo de pesquisadores que relataram o cenário climático da Ucrânia depois do acidente de Chernobyl d) Foi uma expressão criada por um grupo de pesquisadores que relataram um suposto cenário climático da Terra depois de uma possível guerra nuclear
Este, não é um filme sobre uma guerra nuclear: Dr. Fantástico, O Dia Seguinte, Trinity and Beyond, A Estrada…	a) A Estrada b) Dr. Fantástico c) O Dia Seguinte d) Trinity and Beyond
Candidato à presidência do Brasil o qual defendia em seu programa de governo que o Brasil deveria fabricar suas próprias armas nucleares?	a) Enéias Carneiro b) Eurico Gaspar Dutra c) Franklin Delano Roosevelt d) Getúlio Vargas

APÊNDICE F – IMAGENS DO *SOFTWARE GENIALLY*



APÊNDICE G – IMAGENS DO *SOFTWARE VISUALG*





APÊNDICE H – CÓDIGO FONTE EXECUTADO NO *SOFTWARE VISUALG*

```
algoritmo "Usina Nuclear Maracatu Atômico"

var
   R1 ,R3, R4: CARACTERE
   R2, R5, R6: INTEIRO

   CONT1, CONT3, CONT4: CARACTERE
   CONT2, CONT5, CONT6: INTEIRO

inicio

      CONT1 <- "F"
      CONT2 <- 4
      CONT3 <- "B"
      CONT4 <- "L"
      CONT5 <- 3
      CONT6 <- 0

      Escreval("                                                    ------------------------------
")
      Escreval("                                                        USINA NUCLEAR
MARACATU ATÔMICO ")
      Escreval("                                                    ------------------------------
")
      EscrevaL("                                              A PARTIR DESSE MOMENTO É
NECESSÁRIA MUITA ATENÇÃO NA DIGITAÇÃO DO CÓDIGO DE SEGURANÇA")
      Escreval("                                               *OBS.: DIGITE AS LETRAS DE
FORMA MAIÚSCULAS, CASO HAJA ALGUM NUMERAL ESCREVA EM INDO-ARÁBICO")
      Escreval(" ")

      Escreva("CÓDIGO DE SEGURANÇA 01 ->   ")
      Leia(R1)

      Escreva("CÓDIGO DE SEGURANÇA 02 ->   ")
      Leia(R2)

      Escreva("CÓDIGO DE SEGURANÇA 03 ->   ")
      Leia(R3)

      Escreva("CÓDIGO DE SEGURANÇA 04 ->   ")
      Leia(R4)

      Escreva("CÓDIGO DE SEGURANÇA 05 ->   ")
      Leia(R5)

      Escreva("CÓDIGO DE SEGURANÇA 06 ->   ")
      Leia(R6)
```

```
    Escreval("  ")

    Se (R1=CONT1) e (R2=CONT2) e (R3=CONT3) e (R4=CONT4) e (R5=CONT5) e
(R6=CONT6) entao
            Escreval("                                    SEQUÊNCIA CORRETA,
O REATOR DALAMAAOCAOS SERÁ RESFRIADO IMEDIATAMENTE!")

    senao
      Escreval("                                    SEQUÊNCIA INCORRETA,
(*RISCO EMINENTE*) O REATOR DALAMAAOCAOS NÃO PODE SER
RESFRIADO!")
    Fimse

    Escreval("                                    ------------------------------
")

fimalgoritmo

Se (R1=CONT1) entao
     Se (R2=CONT2) entao
      Se (R3=CONT3) entao
       Se (R4=CONT4) entao
        Se (R5=CONT5) entao
         Se (R6=CONT6) entao
       Escreval("                                    SEQUÊNCIA CORRETA, O
REATOR DALAMAAOCAOS SERÁ RESFRIADO IMEDIATAMENTE!")
         senao
        senao
       senao
      senao
     senao
    senao
      Escreval("                                    SEQUÊNCIA INCORRETA,
RISCO EMINENTE O REATOR DALAMAAOCAOS NÃO PODE SER RESFRIADO!")
    Fimse
     Fimse
      Fimse
       Fimse
        Fimse
         Fimse
    Escreval("                                    ------------------------------
")

        CONT1, CONT2, CONT3, CONT4, CONT5, CONT6: CARACTERE
```