



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

PRODUTO EDUCACIONAL

RADIOACTIVITY 1.0

RENATA BELMUDES SCHNEIDER

JOINVILLE, SC
2023

Instituição de Ensino: Universidade do Estado de Santa Catarina

Programa: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

Nível: Mestrado Profissional

Área de Concentração: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.

Linha de Pesquisa: Práticas Educativas e Processos de Aprendizagem no Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

Título: *Radioactivity 1.0*

Autor: Renata Belmudes Schneider

Orientador: Prof. Dr. Luiz Clement

Coorientador: Prof^a Dr^a Avanilde Kemczinski

Data: 24/03/2023

Produto Educacional: Sequência Didática

Nível de ensino: Ensino Médio

Área de Conhecimento: Física

Tema: Radioatividade e Energia Nuclear

Descrição do Produto Educacional:

A perspectiva didático-pedagógica do RPG orientou não só o planejamento das atividades, mas também a organização do Produto Educacional. Dessa forma, a Sequência Didática está estruturada em quatro etapas, denominadas episódios, cada uma delas com finalidades específicas e articuladas entre si, compondo a narrativa de uma aventura de RPG que explora temas relacionados à radioatividade e a energia nuclear a partir de uma problemática real: a crise hídrica no Brasil e seus impactos à geração de energia elétrica.

Biblioteca Universitária UDESC: <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

Publicação Associada: Role-Playing Game (RPG) em aulas de Física: promovendo qualidade motivacional e aprendizagens

URL: <http://www.udesc.br/cct/ppgecm>

Arquivo	*Descrição	Formato
3,5 Mb	Texto completo	Adobe PDF

Este item está licenciado sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual CC BY-NC-SA

RADIOACTIVITY 1.0
RADIOACTIVITY 1.0
RADIOACTIVITY 1.0
RADIOACTIVITY 1.0
RADIOACTIVITY 1.0
RADIOACTIVITY 1.0



RENATA BELMUDES SCHNEIDER

Autora

LUIZ CLEMENT

Orientador

AVANILDE KEMCZINSKI

Coorientadora

BIANCA SILVA DE MELLO

Diagramação

Joinville 2023

ÍNDICE

RADIOACTIVITY 1.0	2
1. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	2
2. ASPECTOS CONCEITUAIS	4
2.1 ROLE-PLAYING GAME (RPG)	4
2.3 BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)	6
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	10
3.1 SINOPSE	10
3.2 A AMBIENTAÇÃO/CENÁRIO	11
3.3 SISTEMA DE REGRAS	11
3.3.1 Perícias e Testes	12
3.3.2 Personagens	14
3.4 DINÂMICA DO JOGO	18
3.5 ESTRUTURA DA AVENTURA	20
3.6 PÚBLICO-ALVO E DURAÇÃO	21
EPISÓDIO I: RECEBENDO A MISSÃO	22
Parte I – A Convocação:	22
Parte II – Ponto Zero:	25
EPISÓDIO II: A MANIFESTAÇÃO	29
EPISÓDIO III: MÃOS À OBRA	33
Parte I – Uma Amostra Misteriosa:	33
Parte II – O Projeto da Usina Nuclear	39
EPISÓDIO IV: HORA DE SOLUCIONAR O CASO	42
DIÁRIO DOS PERSONAGENS	46
REFERÊNCIAS	47
ANEXO I	49
RECORTES DE REPORTAGENS SOBRE A CRISE HÍDRICA NO BRASIL	49
FONTES	51
APÊNDICE A	52
GUIA RÁPIDO PARA COMEÇAR A JOGAR A AVENTURA RADIOACTIVITY 1.0	52
O que é RPG?	52
Como jogar?	52
Quando e como realizar testes?	52
Quem ganha?	53

RADIOACTIVITY 1.0

1. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Caro professor(a),

Você está pronto para entrar em um mundo de aventuras, onde imaginação será seu barco, a diversão o vento propulsor e a aprendizagem a vela que o guiará na direção correta? Se a resposta for sim, seja bem-vindo(a) ao fantástico mundo do *Role Playing Game* (RPG)! Nele tudo é possível, até mesmo aprender e ensinar enquanto nos divertimos solucionando desafios, vivenciando histórias e representando personagens.

As atividades lúdicas, entre elas os jogos, estão presentes no cotidiano dos indivíduos desde a infância, auxiliando no desenvolvimento social e cognitivo. Assim, se bem planejadas e organizadas, elas também podem ser transpostas para o ambiente escolar, permitindo que os estudantes aprendam de forma lúdica, participativa e prazerosa (GRANDO; TAROUCO, 2008).

O RPG, em especial, caracteriza-se como um jogo que estimula a colaboração, a expressão oral, a resolução de problemas, o exercício da imaginação, da criatividade e do raciocínio lógico (AMARAL, 2013). Todos esses aspectos beneficiam o processo de ensino-aprendizagem e favorecem sua utilização como perspectiva didático-pedagógica. No entanto, sua aplicação em sala de aula demanda algumas adaptações e, principalmente, a criação de aventuras que, além de interessantes, sejam um pretexto para o estudo dos conteúdos, combinando ludicidade e aprendizagem.

Se você ficou interessado(a) e quer saber mais, aqui é o lugar certo! Este material apresenta uma proposta de aventura de RPG chamada *Radioactivity 1.0*, desenvolvida pensando em professores e professoras de Física que buscam por abordagens de ensino capazes de despertar o interesse dos alunos e atribuir significado ao conhecimento estudado na disciplina. Sua estrutura está dividida em quatro episódios, cada um deles com finalidades específicas e articuladas entre si, compondo a narrativa de um jogo de RPG e explorando os conceitos de radioatividade e física nuclear.

A seguir, você encontrará um guia completo para aplicação da aventura *Radioactivity 1.0* em aulas de Física no Ensino Médio, mas nada impede que ela possa ser adaptada e aplicada em outras disciplinas ou níveis de ensino. Esperamos que,

juntos, possamos levar inovação ao ambiente escolar e contribuir positivamente para o Ensino de Física.

Boa aventura e divirta-se!

2. ASPECTOS CONCEITUAIS

Nesta seção são apresentados os aspectos conceituais que guiaram a elaboração da aventura *Radioactivity 1.0*. Desse modo, inicialmente há uma breve introdução sobre o RPG, seus componentes principais e suas potencialidades quando utilizado para fins educacionais. Logo após, as competências e habilidades da BNCC relacionadas às quatro fases da aventura são identificadas.

2.1 ROLE-PLAYING GAME (RPG)

RPG é a sigla em inglês para *Role Playing Game* ou, em português, jogo de interpretação de papéis. Esse gênero de jogo foi criado em 1974, nos Estados Unidos, com o objetivo de possibilitar a passagem dos jogos que simulavam combates (*war games*) para jogos mais interativos onde, ao invés de controlar um exército todo, cada jogador ficaria responsável por representar e definir as ações de um único personagem (SÁ; PAULUCCI, 2021).

Após seu lançamento, o RPG espalhou-se pelo mundo e conquistou uma legião de fãs. Esse fato deve-se, ao menos em parte, aos muitos diferenciais que esse tipo de jogo apresenta. Nele os jogadores interagem e colaboram entre si para solucionar os desafios propostos e alcançar um objetivo em comum (ZANIN, 2015). Além disso, para jogar não há necessidade de materiais sofisticados, como tabuleiros, videogames ou computadores. O jogo de RPG acontece, principalmente, da imaginação dos seus jogadores.

Uma partida completa de RPG é chamada de aventura e dela participam o mestre e os jogadores. O mestre, também conhecido como narrador, tem a função de guiar a história, descrevendo seus cenários e desafios. Já os demais jogadores tomam decisões e comunicam as ações dos seus personagens conforme as situações vão sendo apresentadas pelo mestre. De acordo com Lourenço (2003, p. 5), é essa interação entre mestre e jogadores que define a dinâmica básica de um jogo de RPG:

Mestre e jogadores sentam-se ao redor de uma mesa e passam a contar uma história em conjunto. Ninguém sai por aí falando e fazendo coisas estranhas. O mestre descreve uma cena e pergunta a cada jogador o que seu personagem vai fazer. Então, os jogadores declaram as ações que serão tomadas por seus respectivos personagens. O mestre decide se as ações são possíveis ou não, bem-sucedidas ou não, e também o resultado de cada ação na história. Essas

decisões são determinadas pelas regras do jogo e pelo bom senso do mestre. Finalmente, o mestre narra para os jogadores o desfecho da cena.

Essa dinâmica permite considerar o RPG como um jogo para contar histórias e criar narrativas orais. Nas palavras de Rodrigues (2004, p.117), o RPG é “uma forma de produção literária interativa em que a história é construída por todos os participantes”. Assim, embora exista um roteiro semiestruturado, os jogadores possuem certa autonomia para interferir e modificar os rumos da história, o que exige do mestre preparo para saber lidar com as mais diversas situações.

Durante o desenrolar da aventura, é comum os jogadores interagirem ainda com personagens não-jogadores, chamados NPCs, abreviação em inglês para *Non-Player Characters*. Esses personagens são interpretados pelo mestre e aparecem na história para enriquecê-la, trazendo novas informações e/ou desafios. Outros componentes importantes em uma aventura de RPG são as fichas de personagens, a ambientação e o sistema de regras.

De modo geral, cada jogador elabora uma ficha para o personagem que irá interpretar durante a aventura. Nela ficam descritas as características do personagem, como: idade, profissão, habilidades, história de vida e itens que o personagem carrega consigo. Se, por exemplo, o personagem sabe escalar ou pilotar aviões é na sua ficha que essas informações devem constar (AMARAL, 2013). Assim, podemos dizer que cada personagem possui uma identidade própria dentro da aventura.

A ambientação ou o cenário de um jogo de RPG consistem nos elementos narrativos que compõem o contexto fictício onde se passa a aventura. Em outras palavras, são o palco imaginário do RPG, definindo seus limites espaciais e temporais. Existe uma multiplicidade de cenários possíveis, desde galáxias distantes até masmorras e castelos medievais (MACKAY, 2001). O sistema de regras, por sua vez, é fundamental, pois difere o jogo da brincadeira e orienta os jogadores, delimitando suas ações e estipulando o que pode ou não ser feito (GRANDO; TAROUÇO, 2008).

Embora o primeiro RPG tenha sido criado ainda na década de 70, somente no final da década de 80 e início de 90 versões em português começaram a ser publicadas e comercializadas, ganhando popularidade no Brasil. Foi a partir dessa época também que pesquisadores brasileiros motivados, principalmente, pela essência colaborativa do jogo, começaram a desenvolver estudos sobre o uso do RPG na educação, mais tarde chamado de RPG Pedagógico (AMARAL; BASTOS, 2011).

Desde então, o RPG tem sido adaptado e explorado como uma perspectiva didático-pedagógica em diferentes áreas do conhecimento. De acordo com Sá e Palucci (2021), os resultados obtidos ao longo desses anos são positivos e demonstram que o RPG é capaz de contribuir significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, permitindo que os alunos vivenciem e apliquem os conceitos estudados:

O universo ficcional do jogo faz o aluno utilizar conceitos, muitas vezes apresentados de forma abstrata em aulas tradicionais, nas atividades de seu personagem, trazendo mais familiaridade e fazendo com que ele visualize uma aplicação prática para o seu conhecimento. Além disso, o aluno torna-se ativo sobre sua aprendizagem, e não mais espectador da aula ministrada pelo professor, através das ações e decisões a serem tomadas dentro do jogo (SÁ; PALUCCI, 2021, p. 2).

Fica evidente, portanto, que o RPG incentiva à interação, participação e colaboração de todos, levando inovação para o ambiente escolar e favorecendo o desenvolvimento de habilidades que vão além da apropriação conceitual. Para o Ensino de Física, em especial, essas características podem ser bastante úteis. Segundo Nascimento Júnior e Pietrocola (2005), esse tipo de jogo permite explorar de forma interdisciplinar e contextualizada tanto conteúdos de Física Clássica quanto Física Moderna, auxiliando os estudantes a construir representações coerentes para processos e fenômenos físicos antes considerados complexos.

2.3 BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) consiste em um documento normativo que, em conformidade com o Plano Nacional de Educação (PNE), busca orientar a elaboração dos currículos estaduais e municipais, de escolas públicas e privadas do Brasil. Desse modo, a BNCC estabelece o conjunto de aprendizagens essenciais, que precisam ser desenvolvidas por todos os estudantes do país ao longo da Educação Básica. O objetivo é reduzir as desigualdades educacionais, nivelando e elevando a qualidade do ensino (BRASIL, 2018).

Para assegurar uma formação básica comum a todos, a BNCC foi estruturada em competências que devem ser desenvolvidas de forma integrada à construção do conhecimento. A definição de competência é apresentada no documento como “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL,

2018, p. 8). Ao adotar esse enfoque, a BNCC propõe um ensino voltado à superação da fragmentação disciplinar, beneficiando a contextualização do conhecimento e a sua aplicação em situações reais e concretas.

Além das competências gerais para Educação Básica, a BNCC define ainda algumas competências específicas para cada componente curricular. Na etapa destinada ao Ensino Médio e, particularmente, na área de Ciências da Natureza, por meio de um olhar articulado entre Física, Química e Biologia, a BNCC define competências específicas e habilidades que permitem aos estudantes aprofundarem e ampliarem suas reflexões a respeito do conhecimento científico e tecnológico (BRASIL, 2018).

Em especial, as quatro fases do jogo *Radioactivity 1.0* foram construídas com base em situações-problema que buscam possibilitar aos alunos se apropriar não só de conceitos físicos relacionados à radioatividade e física nuclear, mas também de procedimentos e práticas próprios das Ciências da Natureza, como a construção e avaliação de hipóteses, a coleta e análise de dados, a investigação e a tomada de decisões. Logo, tais situações-problema também subsidiam o desenvolvimento de competências e habilidades¹ listadas na BNCC e sistematizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Competências e habilidades da BNCC relacionadas ao jogo *Radioactivity 1.0*.

COMPETÊNCIAS GERAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
COMPETÊNCIA 02	Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
COMPETÊNCIA 07	Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
COMPETÊNCIA 09	Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

1 Cada habilidade listada na BNCC está associada a uma competência específica e é identificada por um código alfanumérico. O código EM13CNT304, por exemplo, refere-se à quarta habilidade (04) relacionada à terceira competência específica (3) proposta na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), que pode ser desenvolvida em qualquer série do Ensino Médio (EM13).

COMPETÊNCIA 10	Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.
COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO	
COMPETÊNCIA 01	Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
COMPETÊNCIA 03	Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).
HABILIDADES	
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.
EM13CNT104	Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
EM13CNT106	Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
EM13CNT301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
EM13CNT302	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

EM13CNT303	Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
EM13CNT304	Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
EM13CNT310	Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Todas as competências e habilidades listadas no Quadro 1 podem ser trabalhadas ao longo da narrativa da aventura *Radioactivity 1.0*, tornando os estudantes protagonistas do seu próprio aprendizado. As habilidades contempladas por cada um dos quatro episódios estão especificadas na seção 3.5 deste material.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta seção tem o objetivo fornecer ao(a) professor(a) um guia completo para aplicação da aventura *Radioactivity 1.0* em aulas de Física no Ensino Médio. Dessa forma, inicialmente são apresentados os aspectos metodológicos do jogo, como sua dinâmica e seu sistema de regras. Logo após, cada uma das quatro fases da aventura é descrita na íntegra, juntamente com seus objetivos específicos, desafios propostos e sugestões de materiais ou atividades.

3.1 SINOPSE

Radioactivity 1.0 é uma aventura de RPG de mesa, desenvolvida para ser jogada com três personagens principais e destinada a disciplina de Física no Ensino Médio. Portanto, trata-se de um RPG Pedagógico que explora temas relacionados à radioatividade a partir de uma problemática real: a crise hídrica no Brasil e seus impactos à geração de energia elétrica.

Desde 2014, o Brasil enfrenta uma escassez de chuvas prolongada durante o ano, o que reduz drasticamente os níveis de água nos reservatórios das principais usinas hidrelétricas do país e compromete grande parte da sua capacidade de geração de energia elétrica. Dessa forma, para evitar a ocorrência de um apagão nacional, outras fontes de energia são acionadas. Normalmente, opta-se pelo uso das usinas termelétricas, que funcionam a partir da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e contribuem para emissão de gases causadores do efeito estufa.

Como alternativa para esse problema, a aventura apresenta a possibilidade de construção e implementação de mais usinas nucleares no Brasil. O próprio Plano Nacional de Energia (PNE) prevê a necessidade de diversificação da matriz elétrica brasileira a partir de investimentos em fontes complementares. Nesse cenário, a energia nuclear assume um papel de destaque e sua participação poderá crescer progressivamente até 2050 (BRASIL, 2020). Além disso, muitos países desenvolvidos usam a energia nuclear como sua principal fonte, não ficando reféns de condições climáticas e diminuindo, consideravelmente, a emissão de CO₂ para atmosfera.

Na aventura, os jogadores são membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e precisam avaliar e inspecionar a possibilidade de construção de uma

usina nuclear na Baía da Babitonga, localizada no norte do estado de Santa Catarina. Assim, a equipe terá de enfrentar situações-problema que envolvem não só fenômenos físicos, mas também questões sociais, econômicas, ambientais, culturais e históricas relacionadas à radioatividade e suas aplicações. O objetivo é trabalhar o tema de forma interdisciplinar e orientar os estudantes em direção ao desenvolvimento do pensamento crítico. Ao final, a equipe terá de decidir se investirá ou não no projeto de construção da usina nuclear na região, justificando sua escolha com base em dados e informações científicas.

3.2 A AMBIENTAÇÃO/CENÁRIO

Na aventura *Radioactivity 1.0* também optamos por utilizar um cenário real: a cidade de Joinville e a Baía da Babitonga, ambas localizadas no norte do estado de Santa Catarina. A ambientação foi escolhida propositalmente e não serve apenas como um plano de fundo para o desenrolar do jogo, interferindo na narrativa e na tomada de decisões pelos jogadores. Para situar e auxiliar professores e alunos, a aventura conta com imagens e mapas da região.

3.3 SISTEMA DE REGRAS

O estabelecimento de um sistema de regras claro e objetivo é fundamental para tornar a aplicação do RPG em sala de aula viável. Nesse sentido, Sá e Palucci (2021) ressaltam que os sistemas comerciais não se mostram adequados para o uso em aventuras pedagógicas devido a sua extensão e complexidade. O *Dungeons & Dragons*, por exemplo, consiste no sistema de RPG mais conhecido no mundo todo e conta com três livros de mais de duzentas páginas cada para descrição completa de suas regras. Assim, adaptá-lo para fins educacionais não só é trabalhoso como exige que o docente esteja minimamente familiarizado com esse tipo de jogo.

Nascimento Júnior e Pietrocola (2005), chamam atenção ainda para o fato da maioria dos sistemas comerciais utilizarem universos de fantasia que podem acabar apresentando visões distorcidas ou equivocadas sobre assuntos científicos para os estudantes. Dessa forma, o RPG Pedagógico demanda a elaboração de sistemas de

regras simplificados, que eliminem elementos não essenciais ou prejudiciais à aprendizagem, mas mantenha a essência lúdica do jogo.

Levando em consideração tais aspectos, desenvolvemos um sistema de regras específico para acompanhar e orientar a aplicação da aventura *Radioactivity 1.0* em sala de aula. Uma leitura atenciosa é suficiente para compreensão das regras. No entanto, cabe mencionar que elas não são rígidas e podem ser adaptadas de acordo com os interesses e necessidades de cada professor.

3.3.1 Perícias e Testes

Durante uma aventura de RPG é impossível prever todas as situações que podem acontecer, pois os jogadores possuem autonomia para decidir as ações dos seus personagens dentro da história. Assim, em alguns momentos o mestre poderá ter dúvidas se o personagem conseguirá ou não executar a ação pretendida e, para solucionar o impasse, recorre aos testes envolvendo jogadas de dados. Em particular, todos os testes que compõem este sistema de regras utilizam rolagens de dois dados de seis faces, abreviados como 2d6.

O primeiro teste, chamado de nível de dificuldade (ND) representa o quão difícil é para um personagem conseguir realizar determinada ação dentro do jogo e deve ser usado somente quando os jogadores fazem escolhas que podem levar a aventura para caminhos não desejados ou quando as ações pretendidas são passíveis de falhas. Abrir uma porta ou chutar uma bola de futebol são ações simples que dificilmente algum personagem não conseguiria realizar, logo não exigem testes. Porém, abrir uma porta que está trancada ou tentar chutar uma bola de futebol em um planeta cuja aceleração da gravidade é diferente da Terra são tarefas que podem exigir testes.

Nesses casos, o mestre deve solicitar que o jogador role os dados e, em função do resultado obtido, definir o desenrolar da cena e suas consequências. Se o resultado da soma obtida na rolagem dos dados for maior ou igual ao nível de dificuldade da ação pretendida, o personagem foi bem sucedido no teste e conseguirá fazer o que desejava. Se o resultado for menor que o nível de dificuldade do desafio, ele falhou. O ND de cada ação é definido pelo mestre e pode ir de muito fácil até o quase impossível, conforme ilustra o quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Níveis de dificuldade em testes de rolagem de dados

ND	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
4	Muito Fácil	Caminhar pequenas distâncias (500m)
6	Fácil	Dirigir um carro
8	Difícil	Abrir fechaduras ou cadeados sem chaves
10	Muito Difícil	Escalar um paredão de rochas íngremes
12	Quase impossível	Saltar do quinto andar de um prédio e não sofrer ferimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para determinar o nível de dificuldade (ND) das ações pretendidas pelos jogadores, o mestre deve pautar-se no bom senso. Dessa forma, ao identificar que uma ação é importante para o andamento da história, o mestre deve escolher um ND baixo ou, ao contrário, definir um ND alto para evitar ações que atrapalhariam o desfecho da aventura. Além disso, obter um valor inferior a 4 na rolagem de dados significa uma falha instantânea.

Esse sistema de regras prevê ainda um outro tipo teste, chamado perícia e utilizado sempre que os jogadores querem usufruir de determinadas habilidades dos seus personagens. Por exemplo, um personagem que possui a habilidade da pesquisa pode solicitar uma perícia para poder utilizá-la e obter informações sobre um tema na internet. O teste de perícia pode ser solicitado a qualquer momento pelos próprios jogadores e também consiste na rolagem de dois dados de seis faces. No entanto, o valor a ser obtido é fixo e está identificado junto às fichas dos personagens. As habilidades e os respectivos valores de perícia são apresentados a seguir.

Por fim, cabe destacar que o mestre deve estar atento para que os jogadores não abusem no uso de determinadas habilidades dos seus personagens, levando vantagem para resolver os desafios e as situações-problema propostas. Lembre-se que, por se tratar de um RPG Pedagógico, é essencial que os estudantes elaborem e avaliem hipóteses ao invés de memorizarem respostas prontas extraídas de livros ou da internet. Assim, sugerimos que o professor ou professora restrinja o uso das perícias para uma ou, no máximo, duas vezes por jogador a cada episódio.

3.3.2 Personagens

Em uma aventura de RPG, os personagens devem estar em sintonia com o estilo e os objetivos da história na qual estão inseridos e para isso, seu processo de criação segue critérios bem definidos pelo próprio sistema de regras do jogo. No entanto, o domínio dessas regras e a posterior criação dos personagens são tarefas que demandam tempo e podem acabar dificultando ou até mesmo desincentivando professores que não estão familiarizados com o RPG a aplicá-lo em sala de aula.

Nesse contexto, Sá (2017) apresenta quatro orientações básicas para simplificar o processo de criação de personagens em aventuras de RPG Pedagógico:

1. Todos os personagens devem possuir o mesmo número de habilidades;
2. Uma dessas habilidades deve envolver um teste de perícia e estar relacionada a profissão do personagem;
3. As demais habilidades podem estar voltadas a destacar características da personalidade do personagem, como carisma, autocontrole, poder de persuasão, entre outras;
4. Para ajudar os jogadores a entrarem no clima do jogo é interessante fornecer um breve histórico do personagem, ou seja, um resumo da sua vida ficcional.

O objetivo é auxiliar o professor interessado em desenvolver suas próprias aventuras de RPG a criar personagens de forma rápida e equilibrada, permitindo que todos os jogadores tenham iguais oportunidades de participar e contribuir com a história. Em especial, a aventura que compõem este material, chamada *Radioactivity 1.0*, conta com fichas de personagens prontas (ver Apêndice A), elaboradas a partir das orientações listadas acima. As principais características e funções de cada personagem são apresentadas a seguir.

- **Bióloga:**

Responsável por realizar o levantamento das características do meio e avaliar os impactos ambientais causados por empreendimentos humanos, como a construção de novas usinas.

Características:

Mulher, 29 anos

Habilidades:

1. Domínio das ciências naturais: a personagem possui amplo conhecimento científico relacionado à origem, evolução, preservação e manutenção da vida no planeta;
2. Pesquisa: a personagem possui a habilidade de obter informações importantes a partir de pesquisas rápidas em livros e/ou na internet. No entanto, para que a personagem possa utilizar essa habilidade e executar uma pesquisa é necessário obter êxito em um teste de perícia com valor maior ou igual a 6;
3. Cautela: a personagem é cuidadosa, sensata, organizada e está sempre atenta aos detalhes, alertando o grupo para os possíveis riscos e benefícios das decisões tomadas.

Histórico do personagem:

A personagem cresceu em contato com a natureza e os animais em uma pequena comunidade de pescadores no litoral sul da Bahia. Por esse motivo, cursou biologia e se especializou em gestão ambiental. Atualmente, trabalha desenvolvendo projetos e concedendo licenças ambientais para empresas e órgãos públicos, entre eles o Conselho Nacional Energia Nuclear (CNEN). O carisma é um dos traços marcantes de sua personalidade e o seu *hobby* favorito é fotografar paisagens.

- **Economista:**

Lida com as questões econômicas e financeiras do empreendimento de construção de uma nova usina, realizando estudos sobre o setor elétrico brasileiro e definindo as melhores estratégias para o seu crescimento.

Características:

Mulher, 32 anos

Habilidades:

1. Análise de dados: a personagem é capaz de interpretar dados obtidos a partir de gráficos ou tabelas, extraindo deles resultados e informações relevantes;
2. Raciocínio lógico: essa habilidade confere a personagem facilidade em encontrar caminhos para resolver problemas, organizar e analisar ideias, dados, argumentos, entre outros;

3. **Negociação:** a personagem possui a habilidade em negociar e conciliar interesses de grupos diferentes, buscando a melhor solução para todos. Para saber se obteve sucesso em suas negociações, a personagem deverá realizar um teste de perícia com valor maior ou igual a 6.

Histórico do personagem:

A personagem nasceu na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul e estudou economia para seguir os passos do seu pai. Depois de formada morou alguns anos nos Estados Unidos, onde se especializou em planejamento estratégico e comércio exterior. Atualmente faz parte do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e é responsável pelo estudo da viabilidade econômica de projetos. A capacidade de negociação é um traço marcante da sua personalidade e seu *hobby* favorito é jogar vôlei.

- **Engenheiro Nuclear:**

Responsável por projetar, gerenciar e supervisionar uma usina nuclear. Além disso, também atua em questões relacionadas à manutenção e o funcionamento de equipamentos diversos.

Características:

Homem, 35 anos

Habilidades:

1. **Solução de problemas:** o personagem domina o uso de técnicas e ferramentas de suporte e, com isso, possui a capacidade de buscar soluções rápidas e eficientes para problemas de engenharia;
2. **Domínio das ciências exatas:** o personagem possui conhecimento científico e matemático, sendo capaz de resolver problemas complexos envolvendo dados numéricos e cálculos. Essa habilidade prevê o uso de calculadora. Porém, para isso, o jogador responsável pelo personagem terá que obter sucesso em um teste de perícia com valor maior ou igual a 6;
3. **Liderança:** o personagem é capaz de assumir o controle das situações, aconselhando, organizando e motivando os demais membros da equipe.

Histórico do Personagem:

O personagem é natural da cidade São Paulo e ainda jovem mudou-se para o Rio de Janeiro para realizar seu sonho de cursar engenharia nuclear. Após formado, trabalhou na supervisão das usinas de Angra I e Angra II até tornar-se membro efetivo do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A liderança é um dos traços marcantes de sua personalidade e seu *hobby* favorito é o ciclismo.

Todas essas informações encontram-se reunidas também nas fichas de personagens (Apêndice I), que devem ser impressas e distribuídas antes do início do jogo. Nelas existe um espaço para que os alunos atribuam nomes aos seus personagens, porém, essa tarefa não é obrigatória. Por fim, disponibilizamos ainda uma ficha em branco, que permite a criação de novos personagens caso seja de interesse do(a) professor(a).

Regra de ouro:

Todas as regras contidas neste material podem ser ignoradas ou modificadas, de acordo com as necessidades de cada professor(a). O objetivo principal do RPG Pedagógico é aliar diversão e aprendizagem, portanto, se alguma regra atrapalha ou prejudica o grupo, retire-a, substitua-a ou crie uma de seu interesse.

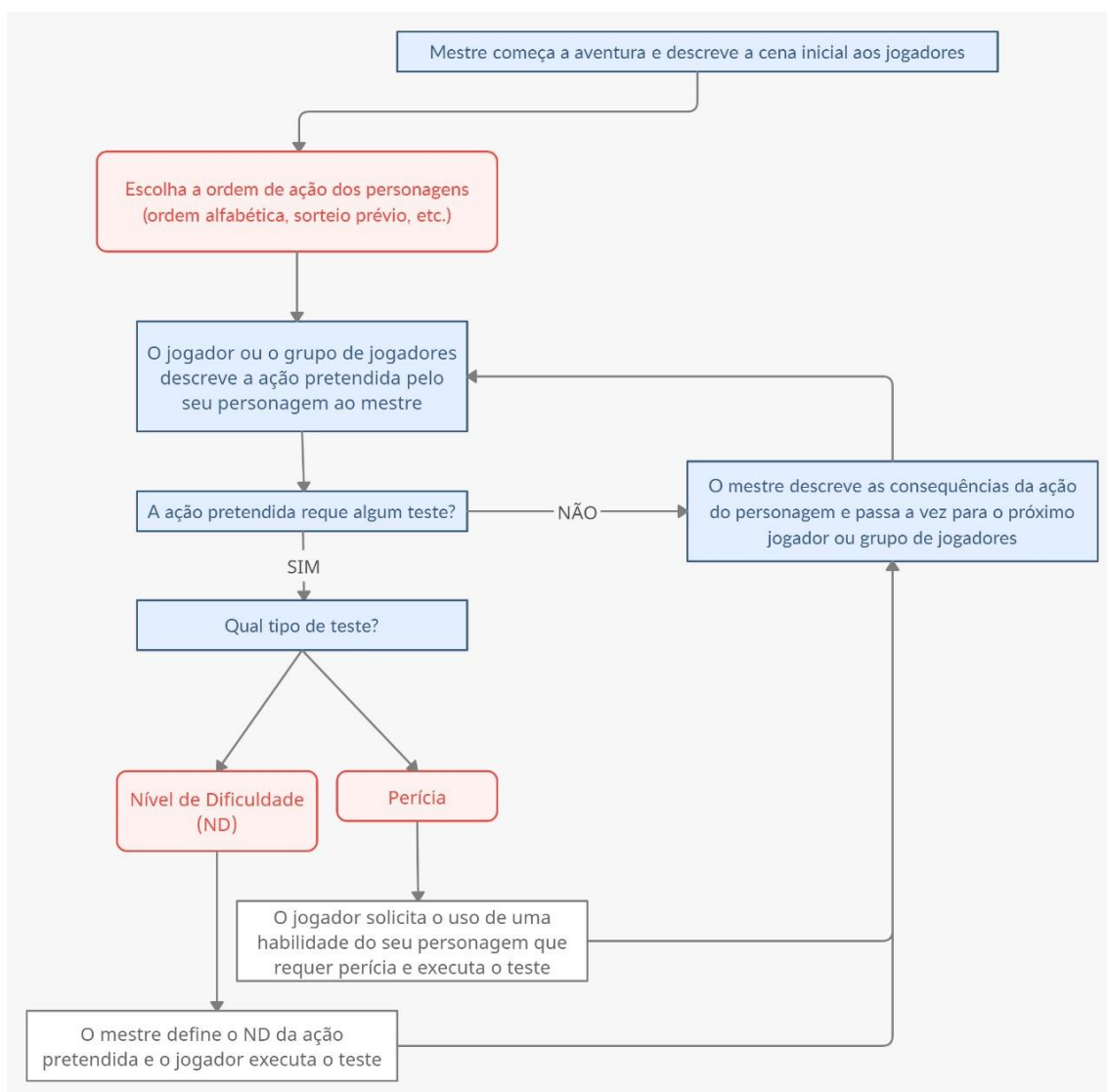
3.4 DINÂMICA DO JOGO

A dinâmica básica de um jogo de RPG segue três passos que se repetem ao longo de toda aventura: 1) o mestre descreve a cena e apresenta os desafios; 2) cada jogador, no seu turno, comunica ao mestre a ação que seu personagem pretende executar; 3) o mestre então determina as consequências das ações daquele personagem e passa a vez para o próximo jogador. A Figura 1 apresenta um fluxograma que retrata esse processo.

No caso do RPG Pedagógico e, em particular, da aventura *Radioactivity 1.0*, recomenda-se que o professor(a) assuma o papel de mestre do jogo. Para isso, é importante estar familiarizado com o cenário, os desafios e o sistema de regras, garantindo que a narrativa se desenvolva sem muitas interrupções e que todos tenham a oportunidade de participar.

Para tornar a aplicação em sala de aula viável, sugere-se ainda que os alunos sejam divididos em três grupos e que cada grupo fique responsável por interpretar um dos personagens que compõem a aventura. Dessa forma, os integrantes do grupo terão de decidir em conjunto e de forma democrática as ações que serão tomadas frente as situações-problema apresentadas. Esse tipo de arranjo permite que os estudantes exercitem o diálogo, a argumentação e o respeito entre si. No entanto, o professor deve ficar atento e intervir caso perceba que alguns jogadores não estão participando das decisões do seu grupo.

Figura 1 – Fluxograma representando a dinâmica básica da aventura *Radioactivity 1.0*.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Observação: Se você, professor ou professora, pretende aplicar aventura *Radioactivity 1.0* em sala de aula, mas nunca teve a oportunidade de jogar ou mesmo presenciar uma partida de RPG antes, a internet pode ajudar. Há canais do *Youtube*² dedicados ao tema, onde grupos de jogadores gravam suas partidas e disponibilizam para o público assistir.

2 *Game Chinchila* é um dos muitos canais do *Youtube* que produzem vídeos ensinando os internautas a jogar RPG de mesa. Disponível em: <https://www.youtube.com/c/GameChinchila>. Acesso em: 30 nov. 2021.

3.5 ESTRUTURA DA AVENTURA

A aventura *Radioactivity 1.0* está estruturada em quatro episódios, cada um deles com finalidades específicas e articuladas entre si, compondo a narrativa de um jogo de RPG. Os conteúdos abordados, bem como objetivos e as respectivas habilidades que norteiam cada um dos episódios, encontram-se sistematizados no Quadro 3.

Quadro 3 – Objetivos gerais e habilidades dos episódios da aventura *Radioactivity 1.0*.

EPISÓDIO	CONTEÚDOS	HABILIDADES	OBJETIVOS
Recebendo a missão	Radioatividade e energia nuclear: riscos e benefícios	EM13CNT103 EM13CNT106 EM13CNT310	Apresentar a aventura para os alunos (objetivos, personagens, sistema de regras e dinâmica do jogo); Dividir os estudantes em grupos; Iniciar a narrativa da aventura, situando os alunos da problemática e da ambientação; Propor desafios que exijam dos estudantes o uso de reflexões críticas sobre os riscos e benefícios do uso de tecnologia nuclear para geração de energia elétrica.
A manifestação	Acidentes radioativos	EM13CNT103 EM13CNT302 EM13CNT303	Avançar na narrativa da aventura; Conhecer e analisar criticamente marcos históricos relacionados à radioatividade e sua aplicação para geração de energia elétrica.
Mãos à obra	Introdução à radioatividade: radioisótopos, natureza das radiações, decaimento radioativo, meia-vida e fissão nuclear	EM13CNT104 EM13CNT301 EM13CNT302	Colocar os jogadores diante de situações-problema cuja resolução exige o uso de conhecimentos científicos e matemáticos; Trabalhar os conceitos de <i>decaimento radioativo, meia-vida e fissão nuclear</i> .
Hora de solucionar o caso	Aplicações da radioatividade	EM13CNT106 EM13CNT304	Analisar e debater, com base em argumentos, concepções propagadas pelo senso comum sobre a radioatividade e suas aplicações; Concluir a narrativa da aventura e propor uma discussão final.

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Por fim, cabe mencionar que em cada um dos episódios da aventura os estudantes irão se deparar com situações-problemas envolvendo a temática de estudo e só poderão avançar na narrativa após resolvê-las. Para isso, será necessário fazer uso de

conhecimentos científicos e matemáticos, da criatividade, do raciocínio lógico, da comunicação e da colaboração com os demais.

3.6 PÚBLICO-ALVO E DURAÇÃO

A aventura *Radioactivity 1.0* tem como público-alvo professores e professoras de Física do Ensino Médio que buscam por abordagens de ensino inovadoras. Além disso, ela foi pensada para ser desenvolvida em até seis encontros com duas horas-aula cada: i) apresentação da aventura aos estudantes e narrativa do primeiro episódio; ii) narrativa do segundo episódio; iii) narrativa do terceiro episódio; e iv) conclusão da aventura a partir da narrativa do quarto episódio e da discussão final sobre as atividades propostas. Entretanto, o(a) professor(a) tem total liberdade para adequar a duração da aventura de acordo com seus interesses e necessidades.



EPISÓDIO I: RECEBENDO A MISSÃO



Justificativa: O ponto de partida da aventura *Radioactivity 1.0* é a problemática da crise hídrica enfrentada pelo Brasil nos últimos anos e seus impactos à capacidade de geração de energia elétrica do país. É a partir desse cenário, que os personagens do jogo são convocados para uma missão e passam a se deparar com diversos desafios.

Antes de iniciar a aventura, o professor deve discutir com os estudantes os objetivos pedagógicos pretendidos com essa atividade, ou seja, o que se deseja alcançar em termos de aprendizagem, apresentar os personagens e as regras do jogo. Para facilitar esse processo, o Apêndice A desse material consiste em um guia rápido de jogo. Por fim, é aconselhável que o professor mantenha as regras sempre ao seu alcance, podendo consultá-las facilmente quando surgirem dúvidas.

Parte I – A Convocação:

O desenvolvimento tecnológico, o avanço industrial e o crescimento do padrão de vida de uma população são acompanhados pelo aumento no consumo de energia elétrica. Assim, a demanda energética de um país está diretamente relacionada à sua capacidade econômica e pode ser considerada um elemento indispensável para o progresso e a modernização das sociedades. Entretanto, o processo de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica exige planejamento e envolve múltiplos fatores (FINKLER et al., 2016).

No Brasil, a produção de energia elétrica é proveniente, em sua maior parte, de fontes renováveis. Em especial, destacam-se as usinas hidrelétricas que correspondem, atualmente, a mais de 62% da matriz elétrica nacional (ANEEL, 2021). Esse índice é consequência direta da exploração do potencial hídrico do país, rico em rios e afluentes, e resultado de investimentos governamentais ao longo dos anos. Contudo, a geração de energia em hidrelétricas está sujeita a influência de variáveis ambientais e climáticas, o que pode prejudicar o desempenho do setor elétrico e, consequentemente, o fornecimento de eletricidade (MORAIS, 2015).

Desde 2014, a combinação de baixos índices pluviométricos, principalmente durante o verão, a ausência de planejamento adequado para o gerenciamento dos recursos hídricos nacionais, o grande crescimento da demanda de água e a falta de consciência coletiva dos brasileiros para o seu uso racional deram origem a chamada crise hídrica. Seus impactos são diversos e podem ser sentidos tanto pela população em geral, a partir da redução significativa na oferta de água potável para o consumo, como pela indústria, agricultura e setor elétrico (MARENGO et al., 2015).

A crise hídrica reduz, drasticamente, os níveis de água nos reservatórios das hidrelétricas e compromete grande parte da capacidade de geração de energia do Brasil. Para contornar essa situação e evitar um apagão nacional, o governo acaba optando pelo acionamento de usinas termelétricas, cujo uso prolongado aumenta a emissão de gases do efeito estufa e impacta diretamente nas tarifas de energia, elevando o custo da eletricidade paga pelo consumidor (MORAIS, 2015).

Recentemente, a mídia noticiou que o Brasil enfrenta a pior seca dos últimos 91 anos³, o que pode levar ao racionamento de energia nos horários de maior demanda. Como solução, novamente as usinas termoelétricas entraram em ação e a tarifa de energia teve um reajuste de 52%, tornando-se a mais cara da história do país e custando aos brasileiros R\$ 9,49 para cada 100kwh consumidos⁴. Essa situação comprova que mesmo sete anos após a crise hídrica de 2014, o cenário não mudou e a falta de eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos nacionais ainda é uma realidade.

Dica:



Nesse momento, o professor pode disponibilizar recortes de reportagens que falam sobre a crise hídrica no Brasil e suas consequências à geração de energia (ANEXO I). Podem ser utilizadas notícias publicadas tanto em 2014 quanto em 2021, comparando-as. Logo após, a leitura e discussão do texto principal devem ser retomadas. Em síntese, os recortes de reportagens servem como artifícios para facilitar a visualização da dramaticidade da crise hídrica, familiarizando os estudantes com o assunto.

3 FANTÁSTICO. Pior seca no Brasil em 91 anos acende um alerta: existe risco de um novo apagão? **G1 – Globo**. Disponível em: [encurtador.com.br/oqwWX](https://g1.globo.com/brasil/noticia/2021/07/07/pior-seca-no-brasil-em-91-anos-acende-um-alerta-existe-risco-de-um-novo-apagao-g1.html). Acesso em: 07 jul. 2021.

4 FLASH, N. Tarifa da bandeira vermelha 2 terá reajuste de 52%, para R\$ 9,49 por 100kwh. **CNN Brasil**. Disponível em: [encurtador.com.br/mDRST](https://www.cnnbrasil.com.br/energia/2021/07/07/tarifa-da-bandeira-vermelha-2-ter-a-reajuste-de-52-para-r-9-49-por-100kwh/). Acesso em: 07 jul. 2021.

Segundo um estudo desenvolvido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change*⁵, mudanças climáticas intensas estão previstas para metade do século XXI, caso as emissões globais de gases do efeito estufa não sejam freadas. Nos cenários estudados, há mais de 50% de chance de o aquecimento global atingir ou ultrapassar o limite de 1,5°C até 2040, tornando mais frequentes e intensos os impactos causados por ondas de calor e secas severas (IPCC, 2018). Dessa forma, a tendência é que a crise hídrica enfrentada pelo Brasil se agrave, o que demonstra a clara e urgente necessidade de diversificar a matriz elétrica nacional, tornando-a menos dependente de recursos hídricos e combustíveis fósseis.

Preocupado em elaborar um planejamento energético eficiente para o futuro, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) estuda, entre outras medidas, a possibilidade de construir novas usinas nucleares em regiões estratégicas do Brasil. Atualmente, o país conta com apenas duas, localizadas na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto em Angra dos Reis-RJ, o que corresponde a apenas 1,13% da matriz elétrica nacional (ANEEL, 2021).

Para ampliar essa porcentagem, o Plano Nacional de Energia (PNE) para 2050 prevê investimentos progressivos em energia nuclear e estima que sua participação poderá crescer em até cinco vezes (BRASIL, 2020). Entre os argumentos utilizados para defender e impulsionar esse projeto destacam-se: i) o fato das usinas nucleares serem classificadas como fontes de energia limpa, que não emitem CO₂ e, portanto, não contribuem para o aquecimento global; e ii) a significativa reserva de urânio presente no Brasil, que está entre as maiores do mundo. Além disso, muitos países desenvolvidos, como França, China e Estados Unidos, apostam principalmente em termonucleares para garantir confiabilidade aos seus sistemas elétricos.

Diante do exposto, você, como membro do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), está sendo convocado com urgência para avaliar e inspecionar a possibilidade de construção de uma usina nuclear na Baía da Babitonga, localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina. *Preparados? A aventura vai começar!*

5 Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

Parte II – Ponto Zero:

A aventura começa com os personagens desembarcando no pequeno aeroporto de Joinville-SC e sendo recepcionados por um guia turístico local, que vai acompanhá-los em uma inspeção inicial à Baía da Babitonga e fornecer informações importantes sobre a região.

Informações de jogo:



A Baía da Babitonga, localizada no litoral norte de Santa Catarina, configura-se como um dos maiores estuários⁶ do estado e é cercada pelos municípios de Araquari, Balneário Barra do Sul, Garuva, Itapoá, Joinville e São Francisco do Sul, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa da localização da Baía da Babitonga.



Fonte: Adaptada de Bandeira et al. (2018, p. 212).

6 Estuários são zonas alagadas caracterizadas pelo encontro da água doce dos rios com a água salgada do mar. Esses ambientes desempenham uma função importante como viveiros para muitos peixes, mariscos, anfíbios, répteis e aves.

O canal principal da Baía da Babitonga possui aproximadamente 24 km de extensão e 3,8 km de largura média. Além disso, possui uma única ligação com o Oceano Atlântico, pois a conexão que existia na porção sul do estuário, conhecida como Canal do Linguado, foi fechada na década de 1930 para a construção da rodovia BR 280 (FACHI et al., 2018).

O entorno da Baía da Babitonga abriga importantes remanescentes de Mata Atlântica e a maior área de manguezal catarinense. Os manguezais, em particular, são ecossistemas de transição do ambiente terrestre para o marinho e podem ser considerados os mais complexos, férteis e diversificados do planeta, servindo de abrigo para diversas espécies. No caso especial da Baía da Babitonga, eles constituem o ecossistema mais importante e atuam diretamente em suas funções biológicas, preservando a biodiversidade da região (KILCA et al., 2011).

As características naturais da Baía Babitonga fazem dela refúgio de aves, peixes e golfinhos. Entre as espécies marinhas existentes no local, destaca-se a toninha (*Pontoporia Blainvillei*), um golfinho ameaçado de extinção (FACHI et al., 2018). A Baía da Babitonga também proporciona condições favoráveis à pesca e ao turismo. Todas estas características e peculiaridades fazem dela uma área de grande relevância socioeconômica para região.

Dica:



As informações descritas acima devem ser narradas pelo mestre que, neste momento, estará interpretando um NPC, o guia turístico. Além disso, durante essa inspeção inicial à Baía da Babitonga, é interessante projetar um mapa e imagens do local, permitindo que os alunos se familiarizem com a ambientação da aventura.

Desafio #1:



Após concluírem sua visita à Baía da Babitonga e realizarem um levantamento inicial de informações sobre o local, os membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) seguem direto para um hotel na cidade de Joinville. Alguns minutos depois, enquanto ainda aguardam no saguão do hotel pela liberação dos quartos onde

ficarão acomodados, os personagens recebem, simultaneamente, uma mensagem em seus celulares. Trata-se de um e-mail:

Prezados membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN),

Primeiramente, gostaria de cumprimentá-los pela rápida e eficiente locomoção até cidade de Joinville, dando início ao árduo trabalho de avaliar e inspecionar a possibilidade de construção de uma usina nuclear na Baía da Babitonga. Não é a toa que confiamos essa missão a vocês!

No entanto, também estou entrando em contato para solicitar que vocês retornem este e-mail com uma lista contendo 3 vantagens e 3 desvantagens relacionadas à construção da usina na região. O objetivo é que cada um de vocês fique responsável por dois itens dessa lista (um pró e um contra), de acordo com as habilidades da sua respectiva área de atuação.

Preciso dessas informações para discutir o futuro do projeto com os demais membros do Comitê.

Atenciosamente,

Diretor Geral do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE).

Dicas:



- i) Para facilitar a visualização do desafio pelos estudantes, o professor(a) pode projetá-lo em um slide ou ainda disponibilizá-lo a partir de cópias impressas;
- ii) Os estudantes devem ter tempo suficiente para discutir a tarefa com o seu grupo e definir em conjunto a vantagem e a desvantagem que será apresentada pelo seu personagem ao Diretor Geral do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE);
- iii) Nesse momento, o(a) professor(a) não deve fornecer respostas prontas, mas atuar como um mediador, esclarecendo dúvidas, auxiliando na busca por informações confiáveis e direcionando os alunos na construção e organização dos argumentos;
- iv) A seguir elencamos algumas sugestões de vantagens e desvantagens relacionadas à construção da usina nuclear que poderiam ser citadas por cada um dos personagens da aventura, de acordo com suas áreas de atuação. Porém, elas têm o intuito apenas de orientar o trabalho docente e não de limitá-lo:

Economista

- Desvantagem: o investimento e o tempo necessários para construção de uma usina nuclear e seu posterior custo de manutenção (pode ser comparado com o investimento inicial, o tempo de construção e o custo de manutenção de outras usinas, como termelétricas e hidrelétricas);
- Vantagem: criação de empregos e crescimento da economia da região.

Bióloga

- Desvantagem: risco de acidentes nucleares, seus efeitos biológicos e impactos ambientais causados por esse tipo de empreendimento (principalmente a chamada poluição termal, que consiste no despejo de água em temperaturas mais elevadas que as condições ambientes em rios, mares e lagos, o que pode gerar o desequilíbrio de ecossistemas);
- Vantagem: contribuir para redução da emissão de gases do efeito estufa.

Engenheiro Nuclear:

- Desvantagem: controle de segurança da usina nuclear (como evacuar a população próxima à usina em caso de acidentes e/ou garantir o gerenciamento seguro dos rejeitos radioativos);
- Vantagem: eficiência energética do urânio (pode ser comparada com a de outros combustíveis fósseis, como carvão) e/ou regime constante de geração de energia, que independe de condições climáticas.

v) Após cada grupo ter definido a vantagem e desvantagem que será apresentada por seu personagem, sugere-se que a turma discuta os resultados obtidos e elabore o e-mail para o Diretor Geral do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). Assim, todos os estudantes têm acesso a diferentes pontos de vistas sobre o uso de tecnologia nuclear para geração de energia.

EPISÓDIO II: A MANIFESTAÇÃO

Justificativa: Em 2011, após um inesperado acidente na usina de Daiichi Fukushima, no Japão, o medo e a rejeição pública ao uso de tecnologia nuclear para geração de energia elétrica aumentou consideravelmente em todo o mundo. O evento em questão foi provocado por um terremoto seguido de um tsunami de grandes proporções, que atingiu a estrutura da usina e danificou seus reatores, causando vazamento de material radioativo. O fato teve repercussão mundial. Na época, foram realizadas manifestações contra a construção de novas usinas nucleares e a favor do fechamento das já existentes em diversos países, como França, Alemanha e Brasil.

O segundo episódio da aventura *Radioactivity 1.0* usa esse acidente como temática. O objetivo é contribuir para construção do conhecimento histórico, cultural e científico do fenômeno da radioatividade, divulgando seus benefícios para sociedade e orientando quanto aos seus riscos à saúde e meio ambiente.

Após uma tranquila noite de sono no hotel, os cinco membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) se reúnem para tomar café da manhã juntos e discutir os próximos passos da missão. No entanto, alguns minutos depois começam a ouvir gritos vindos do saguão do hotel: “*Outra Fukushima não!*”, “*Energia nuclear não!*”.

Para o mestre saber:

Nesse momento, o(a) professor(a) deve perguntar quais serão as ações dos personagens diante dessa situação. Espera-se que eles decidam averiguar o que está acontecendo, mas caso isso não ocorra e as decisões tomadas venham a mudar completamente o rumo da aventura, o(a) professor(a) pode intervir dizendo que um funcionário do hotel se aproxima da mesa onde os membros do CNEN estão reunidos:



“Bom dia! Meu nome é Rogério, sou o gerente do Joinville Plaza Hotel e peço desculpas por atrapalhar o café da manhã de vocês, mas preciso informá-los que há uma manifestação contra a construção da usina nuclear na cidade ocorrendo no saguão. O tumulto está ficando cada vez maior e alguns hóspedes já ligaram para recepção reclamando da confusão. Os manifestantes exigem falar com os responsáveis pelo projeto”.

Chegando ao saguão do hotel, os personagens se deparam com um grupo de cerca de 50 pessoas segurando cartazes e faixas com frases contra o uso da energia nuclear. Alguns manifestantes usam também máscaras de gás como forma de protesto. Ao avistar os membros do CNEN, o organizador da manifestação pede silêncio aos seus companheiros e, com ajuda de um megafone, fala:

“O acidente radioativo na usina nuclear de Fukushima, no Japão, mostra o que pode acontecer no Brasil. Não precisamos desse tipo de tecnologia, que produz resíduos radioativos capazes de matar milhares de pessoas. Joinville merece energia limpa! Queremos saber quais as verdadeiras intenções de vocês com a nossa cidade. Queremos respostas e esclarecimentos sobre esse projeto de construção de uma usina nuclear aqui na nossa cidade. Não deixaremos que esse absurdo se concretize!”

Dicas:



i) Essa fala será narrada pelo mestre que, neste momento, estará interpretando outro NPC, o organizador da manifestação contra a construção da usina nuclear na Baía da Babitonga-SC;

ii) Para uma melhor compreensão por parte dos estudantes sobre o acidente nuclear na usina de Daiichi, em Fukushima, o professor pode disponibilizar materiais de apoio. No entanto, é fundamental que o professor busque se manter imparcial tanto com relação as escolhas feitas pelos alunos sobre o futuro do projeto de construção da usina nuclear na Baía da Babitonga, quanto em outras ações, como discussões no decorrer da aventura. Dessa forma, devem ser evitados também materiais muito tendenciosos, isto é, que sejam nitidamente contrários ou favoráveis ao uso de tecnologia nuclear como fonte de geração de energia.

Nesse caso, sugere-se a exibição de dois vídeos. O primeiro, produzido pela BBC NEWS e intitulado *Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um desastre triplo*⁷, tem duração de aproximadamente 22 min e conta detalhes sobre o acidente na usina de Fukushima em março de 2011. O segundo, chamado *O Problema da Energia Nuclear*⁸ e produzido pelo canal Ciência Todo Dia, comenta sobre os prós e contras do uso da energia nuclear e tem duração de 10 min. A escolha pelos vídeos, disponíveis no YouTube, preza pela neutralidade e por não persuadir os alunos na sua decisão final.

7 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rmL881wVgk8>. Acesso em: 20 jul. 2021.

8 Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=wtn_JIouN5Q. Acesso em 20 jul. 2021.

Desafio #2:



O organizador da manifestação solicita então que vocês, membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), prestem esclarecimentos sobre o uso de tecnologia nuclear para geração de energia elétrica. Para isso, faz-se necessário produzir um manifesto, explicando aspectos relacionados à radioatividade e ao acidente de Fukushima, no Japão.

Informações de jogo:



Manifesto é um gênero textual que consiste em uma declaração pública e formal, usada para transmitir ideias e opiniões de um ou mais autores para um grande grupo, com o intuito sensibilizá-lo ou convencê-lo. Além disso, é considerado uma importante ferramenta democrática, pois possibilita o posicionamento e a expressão pública frente a uma problemática, seja ela de cunho social, político, econômico, cultural e/ou religioso. Sua estrutura é composta por: a) Título; b) Identificação da problemática; c) Análise da problemática; d) Argumentação dos autores sobre o assunto; e) Apresentação de supostas soluções; e f) Local, data, identificação e assinatura de todos os autores do manifesto.

Dica:



Para auxiliar na construção do manifesto, o(a) professor(a) pode disponibilizar questões problematizadoras sobre o tema de estudo e incentivar que os alunos respondam a elas criticamente, utilizando as respostas para embasar a escrita do texto. Abaixo são apresentadas algumas sugestões:

1. O que é radioatividade? Por que ela causa tanto medo às pessoas?
2. O que levou à ocorrência do acidente na usina nuclear de Fukushima?
3. Quais foram as consequências do acidente de Fukushima?
4. É possível que um acidente semelhante ao de Fukushima ocorra no Brasil?
5. As usinas nucleares são o único método de produção de energia que pode causar acidentes e trazer impactos negativos à sociedade e meio ambiente?

6. Que medidas devem ser tomadas para evitar que novos acidentes radioativos ocorram?
7. Por que o Brasil está cogitando construir mais usinas nucleares?
8. Quais são os objetivos de vocês, membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN)? Por que estão na região?

Após a entrega do manifesto, o(a) professor(a) pode concluir esse episódio com um teste do tipo *nível de dificuldade (ND)*. Para isso, basta definir o ND da tarefa e efetuar a rolagem dos dados. Um sucesso no teste significa que a entrega do manifesto tranquilizou, ao menos momentaneamente, o grupo de manifestantes, que deixará o saguão do hotel e aguardará a decisão final dos membros do CNEN quanto a construção de uma usina nuclear na Baía da Babitonga. Caso contrário, o texto não foi interpretado como esperado e o grupo de manifestantes organizará um abaixo-assinado pedindo a suspensão do projeto e a convocação de um plebiscito⁹ pelas autoridades responsáveis.

EPISÓDIO III: MÃOS À OBRA

Justificativa: O aprofundamento teórico de conhecimentos científicos relacionados à radioatividade e ao processo de geração de energia elétrica em usinas nucleares é necessário para dar continuidade à aventura. Portanto, este terceiro episódio é dividido em duas partes e destinado a discussão e definição dos conceitos de decaimento radioativo, meia-vida e fissão nuclear.

Parte I – Uma Amostra Misteriosa:

Alguns dias se passaram desde a confusão causada pela manifestação no saguão do hotel e os membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) possuem alguns compromissos importantes para cumprir. O primeiro deles consiste em visitar uma empresa de mineração da cidade, a *Joinville Minérios LTDA*.

Recentemente, funcionários da empresa encontraram, em uma pedreira próxima à cidade, uma rocha bastante diferente das habituais, com coloração azulada. Preocupados que pudesse se tratar de um material radioativo, isolaram o local, notificaram as autoridades responsáveis e solicitaram a emissão de um laudo técnico.

Desafio #3:



Por estarem de passagem na cidade e possuírem competência técnica suficiente para solucionar o caso, vocês, membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), foram chamados para avaliar as propriedades radioativas do material em questão. Para isso, é necessário representar graficamente o decaimento radioativo de uma amostra extraída da rocha e, logo após, determinar sua meia-vida.

Dica:



Como não é possível trabalhar com amostras de elementos radioativos na escola, este desafio utiliza um experimento simples como forma de simular o decaimento radioativo: em um copo são colocados 30 dados, que funcionam como uma analogia aos átomos instáveis presentes na amostra rochosa. Os dados são então soltos sobre uma

mesa. Todos aqueles que caem com o lado “número um” virado para cima representam, simbolicamente, os átomos que sofreram decaimento. Já os demais dados, que caem com qualquer outra face para cima, dizemos que não decaíram. Assim, os dados que não decaíram são colocados de volta no copo e repete-se o procedimento até não restar mais nenhum. Fazendo-se um gráfico do número de dados que não decaíram em função do número de jogadas, é possível obter uma representação do que seria o decaimento exponencial da amostra com o passar do tempo. A seguir, disponibilizamos um roteiro com todas as instruções para realização do experimento.

Roteiro Experimental

Materiais necessários:

- 30 dados de seis faces;
- Folhas de papel milimetrado;
- 1 copo plástico;



Procedimentos:

1. Coloque todos os dados no copo plástico;
2. Solte os dados sobre a superfície da mesa;
3. Separe e guarde todos os dados que caírem com a face “número 1” voltada para cima. Eles representam os átomos que sofreram decaimento radioativo;
3. Anote na tabela abaixo o número de dados que não decaiu em cada uma das jogadas, ou seja, o número de dados que ficou com qualquer outra face voltada para cima exceto a referente ao “número 1”;

Jogadas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Átomos que não decaíram	30												

4. Repita os procedimentos anteriores pelo menos doze vezes ou até que todos os dados sejam retirados do jogo;
5. Monte o gráfico no papel milimetrado seguindo a quantidade de dados que não decaíram em cada uma das jogadas;

Questionamentos:



1. Compare o gráfico obtido durante o experimento com o gráfico de decaimento radioativo disponível na seção “informações de jogo” e formule hipóteses de semelhanças e diferenças entre eles.
2. Considerando que cada jogada equivale a um dia, determine o tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da amostra rochosa encontrada pela empresa *Joinville Minérios LTDA*.
3. Compare o resultado obtido para o tempo de meia-vida da amostra rochosa em questão com os dados da Tabela 1 e defina de qual radioisótopo possivelmente ela é composta. Use o radioisótopo com tempo de meia-vida mais próximo do seu resultado.

Tabela 1 – Meia-vida de alguns radioisótopos usados na medicina.

Radioisótopo	Meia-vida
Tecnécio-99 (^{99m}Tc)	6 horas
Ouro-198 (^{198}Au)	2,7 dias
Bismuto-210 (^{210}Bi)	5 dias
Iodo-131 (^{131}I)	8 dias
Bário-140 (^{140}Ba)	12,8 dias
Fósforo-32 (^{32}P)	14,3 dias
Rubídio-86 (^{86}Rb)	18,8 dias
Fósforo-33 (^{33}P)	25,4 dias
Césio-137 (^{137}Cs)	30 anos

Fonte: Adaptada de Okuno e Yoshimura (2010, p. 62).

4. Após identificar de qual radioisótopo é constituída a amostra rochosa analisada, cite uma aplicação para esse material.

Dica:



Recomenda-se que o(a) professor(a) forneça o material contido na seção “informações de jogo” aos estudantes, de modo que eles possam consultá-lo.

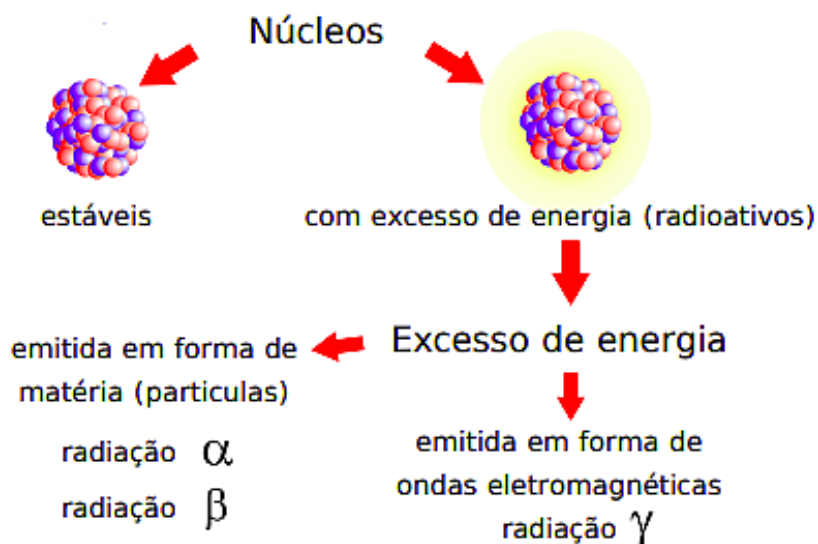
Informações de jogo:



- Radioatividade

A radioatividade é um fenômeno natural, que consiste na capacidade de determinados elementos com núcleos instáveis emitirem energia sob a forma de partículas e/ou ondas eletromagnéticas, buscando atingirem a estabilidade. A Figura 3 a seguir, representa esse processo.

Figura 2 – Núcleo de um elemento radioativo.



Fonte: Cardoso (2005, p. 15).

Um dos processos de estabilização de átomos radioativos se dá através da emissão de partículas alfa (α) ou beta (β), resultando na transmutação do núcleo atômico e na formação de novos elementos químicos. Porém, existe ainda uma outra forma de estabilização, que geralmente ocorre após a emissão das partículas α e β e consiste na

liberação de energia na forma de uma onda eletromagnética, denominada radiação gama (γ). Neste último caso, o núcleo não sofre transmutação. O Quadro 4 sintetiza as principais características dessas três formas de radiação nuclear.

Quadro 4 – Natureza das radiações alfa, beta e gama.

Radiação	Características	Massa relativa	Carga relativa	Poder de penetração
Alfa	Constituída por dois prótons e dois nêutrons, são na realidade núcleos de hélio (He)	4	+2	Pequeno
Beta	Constituída por uma partícula negativa, ou seja, um elétron	0	-1	Médio
Gama	São ondas eletromagnéticas	0	0	Alto

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

- Decaimento Radioativo e Meia-Vida

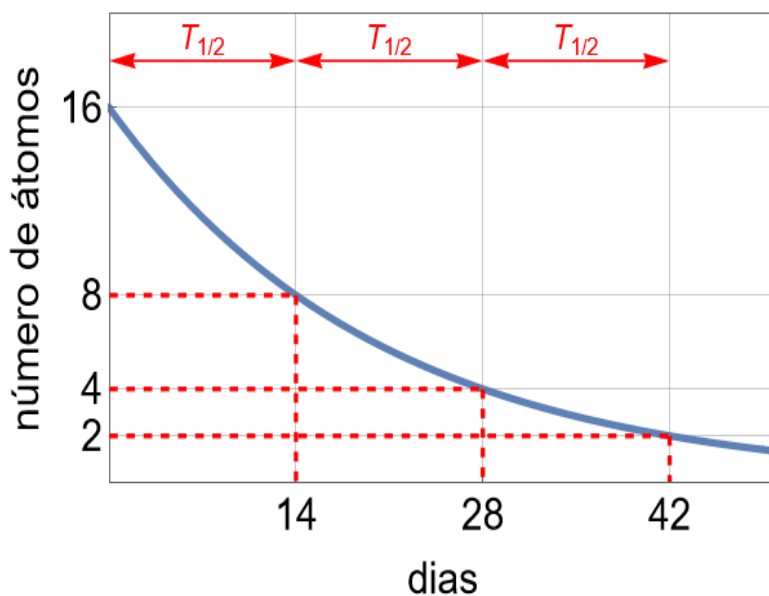
Conforme mencionado anteriormente, núcleos com excesso de energia (radioativos) tendem a se estabilizar. Para isso, um dos processos de estabilização consiste na emissão de um grupo de partículas chamadas alfa (α) e beta (β). Em cada emissão de uma dessas partículas há uma variação do número de prótons no núcleo, isto é, o elemento se transforma ou se transmuta em outro, com comportamento químico diferente.

Essa transmutação também é conhecida como *decaimento radioativo*. No entanto, cada elemento radioativo, seja natural ou obtido artificialmente, decai com uma velocidade característica. Para acompanhar a duração ou a “vida” de um elemento radioativo foi preciso estabelecer uma forma de medição, que ficou conhecida como *meia-vida*.

A meia-vida ($T_{1/2}$ ou P) é o intervalo de tempo necessário para que metade dos átomos de uma amostra radioativa sofra decaimento. Por exemplo, se há 50 átomos radioativos em uma amostra, a meia-vida será o tempo decorrido até que 25 átomos tenham decaído. Esse processo pode levar alguns segundos ou até mesmo milhares de anos.

À medida que a amostra sofre decaimento, a quantidade de radiação por ela emitida vai diminuindo. Isso significa que, para cada meia-vida que passa, a atividade da amostra vai sendo reduzida à metade da anterior, até atingir um valor insignificante, que não permite mais distinguir suas radiações das provenientes do meio ambiente. Por esse motivo, um aspecto extremamente importante para manipulação de dejetos radioativos consiste em determinar o seu período de meia-vida. O Gráfico 1 ilustra uma curva de decaimento radioativo.

Gráfico 1 – Decaimento radioativo de um elemento.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para cada meia-vida que passa, a massa de uma amostra radioativa também vai sendo reduzida à metade da anterior. Por exemplo, se tomarmos 100 gramas de uma amostra radioativa, após um intervalo de tempo de uma meia-vida apenas 50 gramas do material continuarão a emitir radiação. Passado um período de duas meias-vidas, 25 gramas da amostra continuarão a emitir radiação e assim sucessivamente, até atingir a configuração de equilíbrio.

As diferentes meias-vidas dos elementos radioativos, conhecidos como radioisótopos, são utilizadas em várias aplicações, entre elas está a datação de objetos arqueológicos através da medição dos valores de Carbono-14 (^{14}C) presente em fósseis. Essa técnica é bastante eficiente para datar amostras que tenham idades estimadas em até 50 ou 70 mil anos.

Dica:

Caso o(a) professor(a) busque por um material complementar sobre a temática, sugerimos a apostila educativa “*Energia Nuclear e suas Aplicações*”, elaborada pelo Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e disponível em: encurtador.com.br/xBG47.

Parte II – O Projeto Da Usina Nuclear

Após avaliar as propriedades radioativas da rocha encontrada em uma das pedreiras da empresa *Joinville Minérios LDTA* e emitir um laudo técnico sobre o material, os membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) seguem apressados para o último compromisso do dia. Trata-se de uma reunião importante, que poderá definir o futuro do projeto de construção da usina nuclear na região.

Temendo uma represália por parte da população e preocupados com a proporção tomada pelas manifestações contra o uso de tecnologia nuclear para geração de energia, os prefeitos das seis cidades localizadas em torno da Baía da Babitonga (Araquari, Balneário Barra do Sul, Garuva, Itapoá, Joinville e São Francisco do Sul) decidem convocar os membros do CNEN para uma reunião extraoficial. O objetivo é compreender o princípio de funcionamento de uma termonuclear e discutir a viabilidade do projeto.

Para o mestre saber:



Caso o(a) professor(a) tenha introduzido o teste de rolagem de dados ao final do episódio II e obtido um valor menor que o ND definido, pode dizer que os manifestantes já conseguiram reunir mais de 300 mil assinaturas no abaixo-assinado pedindo a convocação de um plebiscito para tratar do projeto de construção de uma usina nuclear na Baía da Babitonga, e agora estão usando as mídias sociais para cobrar um posicionamento dos governantes locais.

Independente do caminho escolhido pelo mestre, é preciso enfatizar aos personagens a importância de conquistar a confiança e o apoio dos prefeitos locais.

Desafio #4:



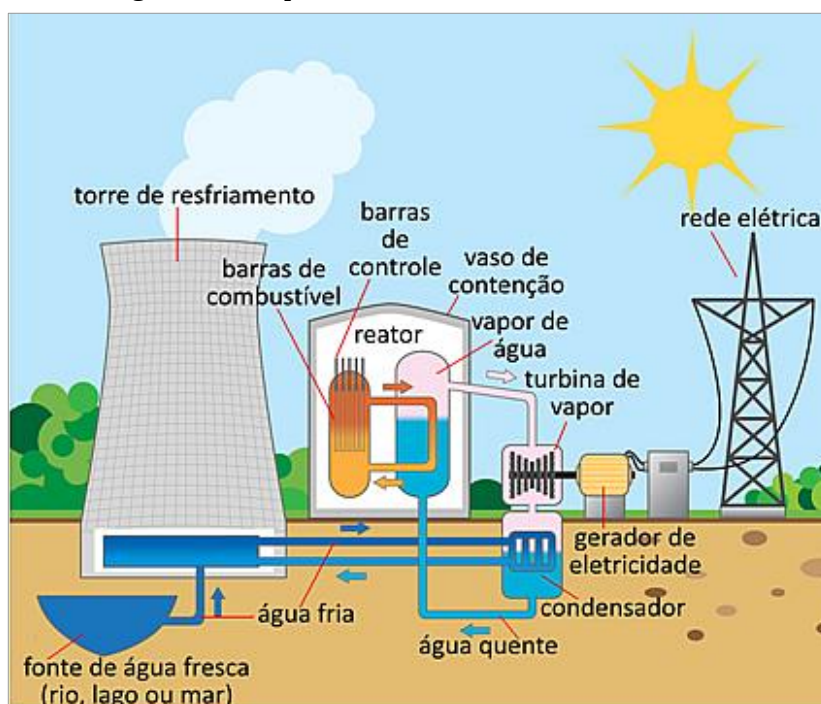
Esse desafio consiste em desvendar o princípio de funcionamento básico de uma termonuclear. Para isso, vocês, membros do CNEN, devem identificar e definir os principais processos e fenômenos físicos envolvidos na geração de eletricidade em uma termonuclear.

Dica:



Para esse desafio, o(a) professor(a) pode disponibilizar o esquema de funcionamento básico de uma usina nuclear, como o representado na Figura 3, e solicitar que a partir dele sejam identificados e definidos os processos e fenômenos físicos envolvidos. Como o objetivo desse desafio é trabalhar, sobretudo, o conceito de fissão nuclear, é interessante solicitar também que os estudantes representem, através de desenhos, o processo de fissão do Urânio-235 (^{235}U).

Figura 3 – Esquema básico de uma termonuclear.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/reator-nuclear.htm>

O(a) professor(a) pode concluir esse episódio inserindo mais um teste do tipo *nível de dificuldade (ND)*. Nesse caso, o ND deve ser definido levando em consideração o empenho dos estudantes para solucionar o desafio proposto. Um sucesso no teste significa que os membros do CNEN conquistaram a confiança dos prefeitos locais durante a reunião, que passam a considerar viável e seguro o projeto de implementação de uma usina nuclear na Baía da Babitonga. Caso contrário, o encontro não saí como esperado e os prefeitos locais julgam o projeto arriscado demais, manifestando certa resistência.

EPISÓDIO IV: HORA DE SOLUCIONAR O CASO

Justificativa: O quarto e último episódio da aventura *Radioactivity 1.0* é caracterizado pela promoção de debates críticos, com o intuito de desmistificar algumas concepções propagadas pelo senso comum sobre radioatividade e energia nuclear. Além disso, ao final desse episódio, os alunos devem decidir se irão ou não investir no projeto de construção da usina nuclear na Baía da Babitonga, justificando sua escolha com base em dados e informações científicas.

Como último compromisso na cidade, vocês, membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), são convidados a conceder uma entrevista à *TV NEWS* e esclarecer alguns aspectos ligados à radioatividade e energia nuclear que tem tirado o sono de muitos moradores da região.

Desafio #5:



Ao chegarem à *TV NEWS*, vocês são avisados que participarão de um quadro chamado *MITO ou VERDADE*. Nele, os telespectadores enviam perguntas sobre temas diversos e especialistas respondem, esclarecendo as dúvidas e desmentindo informações falsas. Nessa ocasião, em especial, todas as questões selecionadas são sobre radioatividade e energia nuclear.

Dica:



A seguir, disponibilizamos um roteiro para o desenvolvimento da atividade proposta no quinto desafio. No entanto, cabe ressaltar que o(a) professor(a) possui total liberdade para modificá-lo de acordo com seus interesses e necessidades.

- Materiais necessários:
 - Uma folha de papel vermelha;
 - Uma folha de papel verde;
 - Um copo plástico.



- **Procedimentos:**

1. Confeccionar placas com as folhas de papel verde e vermelha contendo as inscrições VERDADE e MITO, respectivamente;
2. Imprimir as questões;
3. Recortar, separadamente, cada questão;
4. Dobrar o papel de cada questão uma ou duas vezes pela metade, impedindo a leitura sem desdobrá-lo;
5. Colocar todas as questões no copo plástico, misturando-as para embaralhar bem.

Ple bem.

- **Execução:**

Um integrante de cada grupo⁹ retira uma questão do recipiente e a lê a em voz-alta. O professor disponibiliza então 10 min para que cada grupo discuta a questão que sorteou entre si e formule uma resposta. Ao final do tempo estabelecido, cada grupo deve levantar a placa de MITO ou VERDADE e apresentar uma justificativa para sua questão. Caso a resposta dada esteja errada, o professor pode criar novos questionamentos que incentivem e direcionem para o entendimento do erro. Sugere-se que sejam sorteadas de duas a três questões por grupo.

Questões:



1. A radiação do celular e do micro-ondas provoca câncer?

MITO: Embora o celular e o micro-ondas emitam radiação, elas são do tipo não-ionizante. Isso significa que possuem baixa frequência e baixa energia, não sendo capazes de promover alterações nas células corporais e provocar o aparecimento de um câncer.

2. Existem alimentos radioativos?

VERDADE: Tecnicamente, quase todos os alimentos são naturalmente radioativos, pois possuem em sua composição isótopos como o Carbono-14 (^{14}C) e o Potássio-40 (^{40}K). No entanto, cabe ressaltar que a radiação emitida pelos alimentos é extremamente baixa e não apresenta nenhum risco para o ser humano.

⁹ Lembre-se que a turma deve ser dividida em três grupos e que cada grupo deve ficar responsável por interpretar um dos personagens que compõem a aventura.

3. Uma pessoa exposta a uma dose de radiação ionizante muito elevada pode sofrer alterações genéticas?

VERDADE: Sabe-se que a radiação ionizante pode provocar danos no DNA de algumas células, levando a sua morte ou modificação. Assim, à medida que a dose de radiação ionizante aumenta, esse efeito começa a se tornar mais provável de ocorrer.

4. Um reator nuclear pode explodir como uma bomba atômica?

MITO: Diferentemente das bombas atômicas, no interior de um reator o processo de fissão nuclear ocorre de maneira controlada e conta com diversos mecanismos que evitam a ocorrência de uma explosão. Um deles consiste na presença de barras de controle no núcleo do reator, capazes de absorver nêutrons e interromper a reação em cadeia.

5. É possível adquirir superpoderes após o contato com produtos radiativos?

MITO: Ninguém adquire superpoderes após o contato com produtos radioativos. Uma pessoa exposta a uma dose elevada de radiação ionizante pode sofrer apenas alterações genéticas que, por sua vez, causam morte celular ou o desenvolvimento de doenças como o câncer.

6. Qualquer nível de radiação faz mal à saúde?

MITO: De forma simplificada, a radiação pode ser classificada em dois tipos: ionizante e não-ionizante. A radiação alta frequência e alta energia é chamada de ionizante e possui maior potencial de ser prejudicial à saúde humana. Já a radiação de baixa frequência e baixa energia, chamada de não-ionizante, está muito presente no nosso cotidiano e não apresenta riscos.

7. As usinas nucleares jogam o lixo radioativo na natureza?

MITO: O lixo radioativo, gerado em usinas nucleares, é armazenado em locais adequados e seguros, tendo seus níveis de radiação monitorados constantemente. Existem protocolos internacionais que determinam o correto tratamento e armazenamento de rejeitos radioativos.

8. A energia nuclear é segura?

VERDADE: A geração de energia nuclear obedece padrões de segurança rigorosos e conta com uma série de mecanismos de proteção. Por exemplo, as usinas nucleares contam com um sistema que desliga e resfria automaticamente o reator em situações de emergência, impedindo a ocorrência de acidentes. Além disso, possuem duas paredes de

contenção que protegem fisicamente o reator: uma externa, de concreto, e outra interna, de aço. Dessa forma, além de segura, a energia nuclear também pode ser considerada como uma fonte limpa, que não contribui para emissão de gases causadores do efeito estufa.

9. A radioatividade pode ser usada na medicina?

VERDADE: A radioatividade é amplamente utilizada na medicina, auxiliando na localização de tumores, através da tomografia, e também no seu tratamento, através da radioterapia. Além disso, temos também o famoso raio-x, usado para tirar radiografias e diagnosticar fraturas ou lesões nos ossos.

10. Num acidente com liberação de material radioativo, se trancar dentro de casa diminui o risco de contaminação?

VERDADE: Essa é uma medida de proteção imediata, conhecida como abrigo. Para que seja efetiva deve incluir a vedação de portas e janelas e o desligamento de sistemas de ventilação, evitando ou minimizando a inalação de material radioativo contido no ar e nas superfícies externas. Porém, essa medida de proteção deve ser adotada apenas quando a evacuação rápida não for possível.

Desafio #6:



Após o último compromisso na cidade de Joinville, os membros do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) seguem direto para o aeroporto. É chegada a hora de voltar para casa! Porém, antes de desembarcarem precisam tomar uma decisão importante: aprovar ou não o projeto de construção da usina nuclear na Baía da Babitonga? E por que?

Dica:



Nesse momento, os estudantes devem decidir, democraticamente, o futuro do projeto de construção de uma usina nuclear na Baía da Babitonga e justificar sua escolha. O professor, por sua vez, deve atuar como um mediador, incentivando o diálogo e a argumentação. Ao final, é interessante retomar os objetivos pedagógicos da aventura e propor uma discussão sobre as percepções da turma.

DIÁRIO DOS PERSONAGENS

1. Quais ações e/ou decisões foram tomadas pelo grupo neste episódio? De que forma elas foram tomadas?

2. Quais aspectos dificultaram as ações e/ou decisões deste episódio?

3. Quais alternativas podem ajudar a superar essas dificuldades?

4. Quais conhecimentos e habilidades foram necessários para atuar neste episódio?

5. Quais as conclusões/opiniões sobre este episódio?

Dica:



Os diários devem ser preenchidos pelos estudantes ao final de todos os episódios da aventura.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R. R. do.; BASTOS, H. F. B. O Roleplaying Game na sala de aula: uma maneira de desenvolver atividades diferentes simultaneamente. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 1, p. 103-122, 2011.
- AMARAL, R. R. do. **RPG na Escola: aventuras pedagógicas**. 1 ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)**. Brasília: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- BANDEIRA, D. R. et al. Resultados preliminares da pesquisa no sambaqui sob rocha Casa de Pedra, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 13, n. 1, p. 207-225, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020.
- CARDOSO, E. M. **Apostila Educativa: energia nuclear e suas aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro: CNEN, 2005. Disponível em: encurtador.com.br/xBG47. Acesso em: 26 jul. 2021.
- FACHI, J. et al. **Projetos Baías do Brasil: Baía da Babitonga - SC**. Rio de Janeiro: Programa COPPE/UFRJ, 2018. Disponível em: encurtador.com.br/egDZ6. Acesso em: 08 jul. 2021.
- FINKLER, A. et al. Relação entre o crescimento econômico e consumo de energia elétrica. In: XXIV Seminário de Iniciação Científica - Salão do Conhecimento UNIJUÍ, 2016. Anais [...]. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2016
- GRANDO, A.; TAROUÇO, L. O uso de jogos educacionais do tipo RPG na Educação. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 2, p. 101-110, 2008.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Global Warming of 1,5°C. Genebra: IPCC, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 06 jan. 2022.
- KILCA, R. V. et al. Estrutura de uma floresta de mangue na Baía da Babitonga, São Francisco do Sul, SC. **Ciência e Natura**, v. 33, n. 2, p. 57-72, 2011.
- LOURENÇO, C. E. **O Resgate de Retirantes**. 1 ed. São Paulo: Devir, 2003.
- MACKAY, D. **The Fantasy Role-Playing Game: a new performing art**. 1 ed. Jefferson: McFarland & Company, 2001.
- MORAIS, L. C. de. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.

MARENGO, J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2015-2015 em São Paulo. **Revista USP**, ano 26, n. 106, p.31-44, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, F. A.; PIETROCOLA M. O papel do RPG no Ensino de Física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, Bauru. Anais [...]. São Paulo: ABRAPEC, 2005, p.1-12.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das radiações**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

RODRIGUES, S. M. **Roleplaying Game e a Pedagogia da Imaginação no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SÁ, C. D. de. **Desenvolvimento e aplicação de um sistema de RPG para o Ensino de Física para alunos do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

SÁ, C. D. de; PAULUCCI, L. Desenvolvimento de um sistema de RPG para o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. 1, p. 1-7, 2021.

ZANIN, J. L. **Na trilha da aventura: contribuições do role playing game (RPG) como um guia didático para o Ensino de Química**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais) – Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, 2015.

RECORTES DE REPORTAGENS SOBRE A CRISE HÍDRICA NO BRASIL

Recorte I:



Recorte II:



Recorte III:

18/03/2015 11h41 - Atualizado em 31/03/2015 13h49

Crise da água pesa na conta de luz e eleva ainda mais a inflação

Falta de chuvas encareceu tarifas de energia em torno de 8% em 2015. Na inflação, crise hídrica já responde por impacto de 0,25 ponto percentual.

Tais Laporta
Do G1, em São Paulo

A falta de chuvas não só deixou a conta de luz mais cara em 2015, como também ganhou mais peso no cálculo da inflação. Sozinha, a crise da água já encareceu a energia elétrica nas residências em torno de 8% entre janeiro e fevereiro, estima o professor de economia da USP, Heron do Carmo.

O cálculo leva em conta as tarifas da bandeira vermelha, que elevaram as contas de luz em R\$ 3 por quilowatt-hora (kwh) até fevereiro. O sistema foi adotado em janeiro para cobrir o alto custo das termelétricas, acionadas para evitar o risco de um apagão, devido ao baixo nível dos reservatórios.

Recorte IV:

A sequência de impactos negativos da seca prolongada é mais do que uma ameaça para a economia brasileira em 2021. Os efeitos da crise hídrica ganharam força nos últimos meses e, segundo analistas, também representam um desafio para a atividade econômica em 2022.

A falta de chuva prejudica a produção na agropecuária, eleva custos na indústria, pressiona a inflação e, assim, atinge o consumo das famílias. Se não bastasse isso, uma parte dos analistas demonstra preocupação com os riscos de racionamento obrigatório de energia elétrica e eventuais apagões devido à seca.

FONTES

- [I] BARIFOUSE, R. Maior crise hídrica de São Paulo expõe lentidão do governo e sistema frágil. **BBC Brasil**, São Paulo, 2014. Disponível em: encurtador.com.br/wzIL3. Acesso em: 06 jan. 2022.
- [II] COSTA, L.; GAIER, R. V. Crise hídrica no Brasil deve gerar “disputa pela água” dizem especialistas. **CNN Brasil**, São Paulo, 2021. Disponível em: encurtador.com.br/hjop7. Acesso em: 06 jan. 2022.
- [III] LAPORTA, T. Crise da água pesa na conta de luz e eleva ainda mais a inflação. **G1 – Globo**, São Paulo, 2015. Disponível em: encurtador.com.br/czJ28. Acesso em: 06 jan. 2022.
- [IV] VIECELI, L. Piora da crise hídrica impacta planos de empresa e ameaça economia até 2020. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 2021. Disponível em: encurtador.com.br/fhxQX. Acesso em: 06 jan. 2020.

APÊNDICE A

GUIA RÁPIDO PARA COMEÇAR A JOGAR A AVENTURA *RADIOACTIVITY 1.0*

O que é RPG?



RPG é a sigla em inglês para *Role Playing Game* ou, em português, jogo de interpretação de papéis. Nele um grupo de jogadores se reúne para contar uma história e interpretar os personagens que dela fazem parte. Dessa forma, um dos jogadores assume o papel de mestre do jogo, também conhecido como narrador, e fica responsável por guiar a história, descrevendo seus cenários e desafios. Já os demais jogadores interpretam personagens imaginários, definindo suas ações conforme as situações vão sendo narradas pelo mestre.

Como jogar?



Na aventura *Radioactivity 1.0*, o professor assumirá o papel de mestre do jogo e os estudantes serão divididos em três grupos. Cada grupo ficará responsável por um dos personagens que compõem a aventura. Assim, de acordo com os desafios narrados pelo mestre, os integrantes do grupo terão de definir, em conjunto, as ações do seu personagem.

Apesar de no RPG os jogadores possuírem uma certa autonomia para interferir e modificar os rumos da história, existem algumas ações que talvez os personagens não consigam executar, como por exemplo abrir uma porta trancada sem possuir as chaves corretas. Nesses casos, em que o mestre fica em dúvida sobre a viabilidade da ação pretendida pelos jogadores, ele recorre aos testes envolvendo rolagem de dados e, em função do resultado, define as consequências e o desenrolar da cena.

Quando e como realizar testes?



A aventura *Radioactivity 1.0* prevê dois tipos testes. No primeiro, o mestre define o nível de dificuldade (ND) da ação pretendida e solicita que o grupo de jogadores responsável pelo personagem role dois dados de seis faces. Se o resultado da soma obtida na rolagem de dados for maior ou igual ao ND

estipulado, o personagem foi bem sucedido e conseguiu realizar o que deseja. No entanto, esse teste deve ser usado apenas quando as ações solicitadas pelos jogadores são passíveis de falhas.

O segundo teste está relacionado às habilidades listadas nas fichas dos personagens. Pelo menos uma habilidade de cada personagem da aventura exige um teste de perícia para poder ser utilizada. Por exemplo, um dos personagens possui uma habilidade que lhe permite usar calculadora para resolver problemas matemáticos sempre que obtiver um valor maior ou igual a seis num teste de perícia. Esse teste pode ser solicitado a qualquer momento pelo grupo de jogadores e também consiste na rolagem de dois dados de seis faces. O valor a ser obtido é fixo e está identificado na ficha do personagem.

Quem ganha?



Todos! O RPG é um jogo colaborativo, onde todos os jogadores devem trabalhar em equipe para superar os desafios propostos. O objetivo final é completar a história proposta pelo mestre, aprendendo e se divertindo.

RADIOACTIVITY 1.0 – FICHA DE PERSONAGEM



BIÓLOGA



Responsável por realizar o levantamento das características do meio e avaliar os impactos ambientais causados por ações humanas, como a construção de usinas.

Mulher ♀ , 29 anos.

Nome do personagem:

Histórico: a personagem cresceu em contato com a natureza e os animais em uma pequena comunidade de pescadores no litoral sul da Bahia. Por esse motivo, cursou biologia e se especializou em gestão ambiental. Atualmente, trabalha desenvolvendo projetos e concedendo licenças ambientais para empresas e órgãos públicos, entre eles o Conselho Nacional Energia Nuclear (CNEN). O carisma é um dos traços marcantes de sua personalidade e o seu hobby favorito é fotografar paisagens.



HABILIDADES DO PERSONAGEM



1. Domínio das ciências naturais: a personagem possui amplo conhecimento científico relacionado à origem, evolução, preservação e manutenção da vida no planeta;

2. Pesquisa: a personagem possui a habilidade de obter informações importantes a partir de pesquisas rápidas em livros e/ou na internet. No entanto, para que a personagem possa utilizar essa habilidade e executar uma pesquisa é necessário obter êxito em um teste de perícia com valor maior ou igual a 6;

3. Cautela: a personagem é cuidadosa, sensata, organizada e está sempre atenta aos detalhes, alertando o grupo para os possíveis riscos e benefícios das decisões tomadas.

RADIOACTIVITY 1.0 – FICHA DE PERSONAGEM

ECONOMISTA



Responsável por lidar com as questões econômicas e financeiras do projeto de construção de uma nova usina, realizando estudos sobre o setor elétrico brasileiro e definindo as melhores estratégias para o seu crescimento.

Mulher ♀, 32 anos.

Nome do personagem:

Histórico: nasceu na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul e estudou economia para seguir os passos do seu pai. Depois de formada morou alguns anos nos Estados Unidos, onde se especializou em planejamento estratégico e comércio exterior. Atualmente faz parte do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e é responsável pelo estudo da viabilidade econômica de novos projetos. A capacidade de negociação é um traço marcante da sua personalidade e seu *hobby* favorito é jogar vôlei.

☢ HABILIDADES DO PERSONAGEM ☢

1. Análise de dados: a personagem é capaz de interpretar dados obtidos a partir de gráficos ou tabelas, extraindo deles resultados e informações relevantes;

2. Raciocínio lógico: essa habilidade confere à personagem facilidade em encontrar caminhos para resolver problemas, organizar e analisar ideias, dados, argumentos, entre outros;

3. Negociação: a personagem possui a habilidade em negociar e conciliar interesses de grupos diferentes, buscando a melhor solução para todos. Para saber se obteve sucesso em suas negociações, a personagem deverá realizar um teste de perícia com valor maior ou igual a 6.

RADIOACTIVITY 1.0 – FICHA DE PERSONAGEM

ENGENHEIRO NUCLEAR



Responsável por projetar, supervisionar e gerenciar uma usina nuclear. Também atua fornecendo reparos e manutenção em equipamentos diversos.

Homem ♂, 35 anos.

Nome do personagem:

Histórico: o personagem é natural da cidade São Paulo e ainda jovem mudou-se para o Rio de Janeiro para realizar seu sonho de cursar engenharia nuclear. Após formado, trabalhou na supervisão das usinas de Angra I e Angra II até tornar-se membro efetivo do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A liderança é um dos traços marcantes de sua personalidade e seu *hobby* favorito é o ciclismo.

☢ HABILIDADES DO PERSONAGEM ☢

1. Solução de problemas: o personagem domina o uso de técnicas e ferramentas de suporte e, com isso, possui a capacidade de buscar soluções rápidas e eficientes para problemas de engenharia;

2. Domínio das ciências exatas: o personagem possui conhecimento científico e matemático, sendo capaz de resolver problemas complexos envolvendo dados numéricos e cálculos. Essa habilidade prevê o uso de calculadora. Porém, para isso, o jogador responsável pelo personagem terá que obter sucesso em um teste de perícia com valor maior ou igual a 6;

3. Liderança: o personagem é capaz de assumir o controle das situações, aconselhando, organizando e motivando os demais membros da equipe.