

# PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

PHELIPE GÓIS  
ALEXANDRE BAGDONAS

## A.T.O.M.I.C UM JOGO PARA DEBATER DILEMAS ÉTICOS



ppgecem

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS



**A.T.O.M.I.C.: UM JOGO PARA  
DEBATER DILEMAS ÉTICOS**





**ppgecem**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

COLEÇÃO DE E-BOOKS *PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E FORMAÇÃO DOCENTE*

# **A.T.O.M.I.C: UM JOGO PARA DEBATER DILEMAS ÉTICOS**

Phelipe Góis  
Alexandre Bagdonas



## Copyright © dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

### Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Desenvolvimento do Acervo da Biblioteca Universitária da UFLA

---

Góis, Phelipe

A.T.O.M.I.C: um jogo para debater dilemas éticos / Phelipe Góis,  
Alexandre Bagdonas. – Lavras: PPGECM/UFLA, 2022. (Práticas  
pedagógicas e formação docente)

65 p. : il.

Bibliografia.

ISBN: 978-65-84982-00-0

1. Formação de professores. 2. Ensino de física. 3. Prática de  
ensino. I. Bagdonas, Alexandre. II. Título. III. Série.

CDD – 370.71

---

Ficha elaborada por Rafael Chaves Alem Martins (CRB 6/3590)

#### **Coordenador da Coleção de e-books *Práticas Pedagógicas e Formação Docente*:**

José Antônio Araújo Andrade

#### **Editor responsável:**

José Antônio Araújo Andrade

#### **Revisão:**

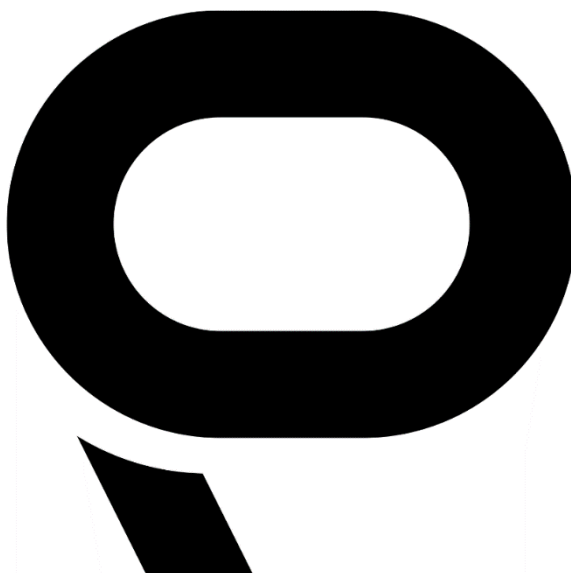
Cleide Mirian Pereira

#### **Capa:**

Phelipe Góis, Alexandre Bagdonas e José Antônio Araújo Andrade

#### **Diagramação:**

José Antônio Araújo Andrade



## **Coleção de e-books Práticas Pedagógicas e Formação Docente**

José Antônio Araújo Andrade

Marianna Meirelles Junqueira

Iraziet da Cunha Charret

### **Conselho Editorial**

Dra. Adair Mendes Nacarato – Universidade São Francisco – Brasil

Dra. Adriana Aparecida Molina Gomes – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Brasil

Dra. Adriana Correia de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dra. Cármen Lúcia Brancaglioni Passos – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Cristina Carvalho de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dr. Evandro Fortes Rozentalski – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Flávia Cristina Figueiredo Coura – Universidade Federal de São João Del Rei – Brasil

Dra. Francine de Paulo Martins Lima – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Frederico Augusto Totti – Universidade Federal de Alfenas – Brasil

Dr. Gildo Giroto Junior – Universidade Estadual de Campinas – Brasil

Dra. Iraziet da Cunha Charret – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. João Pedro da Ponte – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. José Antônio Araújo Andrade – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Leonor Santos – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. Luciano Fernandes Silva – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Maria do Carmo de Sousa – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Marianna Meirelles Junqueira – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Regilson Maciel Borges – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Regina Célia Grando – Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil

Dr. Ronei Ximenes Martins – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Vitor Fabrício Machado Souza – Universidade Federal do Paraná – Brasil

Dr. Wilson Elmer Nascimento – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil

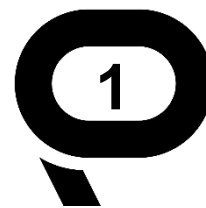




## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA / JOGO DIDÁTICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>A.T.O.M.I.C.....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>AULAS DA SEQUÊNCIA .....</b>	<b>23</b>
	<b>Atividade 1: Conhecendo o jogo A.T.O.M.I.C .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	<b>Atividade 2: Uma proposta para a política nuclear brasileira</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	<b>Atividade 3: Uma carta secreta para o presidente</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	<b>Atividade 4: Um encontro misterioso em Copenhague</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	<b>Atividade 5: O uso de uma nova arma desconhecida</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	<b>Atividade 6: Destino da Física Nuclear no Brasil..</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
	<b>Atividade 7: Sistematização das aulas e avaliação da sequência.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>65</b>





## APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA / JOGO DIDÁTICO

Caro professor(a);

Este produto educacional é uma proposta de sequência didática para ser utilizada em sala de aula de maneira presencial e/ou virtual. Ela consiste em um jogo didático que visa trabalhar a História, Filosofia e os conceitos de Física envolvidos no desenvolvimento da Física Nuclear. Como sabemos a Física Nuclear teve um grande desenvolvimento no período da Segunda Guerra Mundial, com a criação das bombas lançadas em Hiroshima e Nagasaki. Nesse contexto em que se passa o jogo que será trabalhado nessa sequência, denominado de A.T.O.M.I.C, buscamos trabalhar e mostrar o quão foram complexas as decisões tomadas pelos cientistas. Por isso, é interessante propor aos estudantes questões instigantes que possam auxiliar no processo de formação de cidadão crítico e reflexivo para decidir sobre questões encontradas fora da escola.

Há diversas razões para a inserção da Física Nuclear no currículo do ensino médio, como uma possibilidade de inserção da Física Moderna e Contemporânea. A Física Nuclear é um dos conteúdos da física cujas aplicações ganham destaque notório nas mídias por se relacionar com assuntos políticos, sociais e ambientais convergindo com o movimento de ideias da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), além de que muitas vezes as pessoas têm uma visão errônea sobre o assunto. Então, trabalhar esses conteúdos de forma confiável é indispensável e a História e a Filosofia da Ciência (HFC) podem oferecer subsídios nesse sentido. Esse game pode auxiliar a inserção desses conteúdos e fazer com que os estudantes reflitam sobre dilemas éticos que os cientistas foram submetidos para um desenvolvimento da Física Atômica, dilemas esses envolvidos com aspectos: sociais, políticos, econômicos, culturais, históricos e religiosos. Outro fator que o jogo pode mostrar aos alunos é a visão da ciência não neutra, que ela não é feita por Gênios e

que o cientista não fica preso somente dentro de um laboratório, sendo submetido também às questões que envolvem a sociedade.

Esta sequência didática consiste em sete aulas, de 50 minutos cada, podendo ser reduzida ou ampliada dependendo da necessidade do professor. Ela conta com o objetivo de compreender, a partir dos posicionamentos dos estudantes e das decisões dos cientistas as quais foram tomadas na segunda guerra mundial, as relações entre ética e ciência, além de conceitos ligados à Física Nuclear.

Inicialmente essa proposta foi pensada e criada para ser desenvolvida presencialmente para estudantes do ensino médio, mas, em virtude da pandemia de COVID-19, tivemos que adaptar o jogo e a sequência de aulas para o formato remoto. Cabe ressaltar que a presente sequência didática também pode ser desenvolvida no ensino médio, podendo ser aplicada em qualquer ano desse nível de ensino. Esse material foi validado por estudantes de licenciatura em Física para seu uso na educação básica.

A instituição de ensino que validou esse material, nesse momento de pandemia, optou por trabalhar de maneira não presencial com os cursos de graduação e pós-graduação. Os recursos tecnológicos adotados pela universidade foram o uso de fóruns, redes sociais, roteiros de estudos orientados (REO) e encontros de maneira síncrona com o uso do *Google Meet* de forma opcional. Por esse motivo, vamos adotar que as aulas previstas nesta sequência didática serão desenvolvidas no formato de REO, com discussões em fóruns ou redes sociais, ficando para ser decidido com os estudantes o mesmo local para realização dessas discussões. A sequência conta com sete aulas, que serão distribuídas em três REO, podendo se estender ou reduzir de acordo com a necessidade dos estudantes e do professor. Na tabela, a seguir, propomos uma distribuição das aulas:

**Quadro 1** – Relação de REO, tema das aulas e duração

<b>Roteiro de Estudos Orientados</b>	<b>Tema</b>	<b>Aulas da Sequência</b>
REO 1	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Apresentação e Regras do jogo A.T.O.M.I.C.</i></li><li>▪ <i>Utilização da Ciência para produção de armas.</i></li></ul>	1 e 2
REO 2	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Um encontro misterioso em Copenhague.</i></li><li>▪ <i>Uma carta para o presidente dos EUA.</i></li></ul>	3 e 4

REO 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>O uso de uma nova arma desconhecida.</i></li> <li>▪ <i>O futuro da pesquisa nuclear no Brasil e Desfecho do Jogo.</i></li> </ul>	5,6 e 7
-------	--	---------

Fonte: Dos Autores (2020).

O jogo, esta sequência e as atividades foram elaboradas e desenvolvidas no programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, ofertado pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Esse material foi desenvolvido sob orientação do professor Alexandre Bagdonas.

### **Detalhamento Aula a Aula**

As atividades apresentadas a seguir dependem umas das outras, formando assim uma sequência lógica que está contida nos acontecimentos presentes no jogo. Essa sequência pode ser alterada, ficando assim sob a decisão do docente como 11 trabalha-las.

Esse grupo de atividades pode ser utilizado tanto para casos de introdução dos conceitos quanto para situações nas quais os alunos já trazem consigo algum conhecimento sobre física nuclear, além dos acontecimentos históricos envolvidos no desenvolvimento dos conceitos.

Os pré-requisitos conceituais para o melhor desenvolvimento dessa sequência didática são: Calor, Temperatura, Modelos Atômicos e suas partículas fundamentais (Elétrons, Prótons e Nêutrons).

A seguir apresentaremos o enredo do jogo e o desenvolvimento aula a aula da sequência didática.

### **Desenvolvimento e Criação do Jogo Didático**

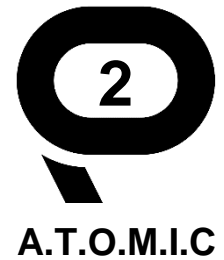
O presente jogo didático, denominado A.T.O.M.I.C, foi criado pelos autores deste trabalho, com auxílio do grupo de pesquisa em História e Filosofia da Ciência e suas contribuições para o ensino, que inclui professores e alunos da Licenciatura em

Física da UFLA<sup>1</sup>. Neste grupo desenvolvemos jogos, narrativas e outras estratégias para o ensino de ciências.

O A.T.O.M.I.C não é de caráter competitivo, mas baseado em investigações sobre eventos históricos como forma de se preparar para a tomada decisões em dilemas éticos. Assim, não existe um vencedor, somente uma decisão final sobre o futuro do Brasil em relação à política nuclear.

---

<sup>1</sup>Parte do projeto de pesquisa **PVDEX126-2017**, Estratégias inovadoras para o ensino de física com base na história, filosofia e sociologia da ciência e do Projeto Universal do CNPQ “Educar para transformar: investigações sobre estratégias de ensino para a formação de agentes virtuosos” Processo: 423767/2018-6, Chamada MCTIC/CNPq No 28/2018. O layout do jogo foi desenvolvido na plataforma Figma por Tamira Waki: <http://cargocollective.com/wakyae>



No contexto histórico da Segunda Guerra Mundial e da produção de armas nucleares que desencadeou a Guerra Fria, muitos cientistas viveram dilemas éticos complexos que consistem na base deste jogo de papéis, inspirado em RPG (*role playing game*).

Os estudantes (jogadores) representam agentes governamentais brasileiros que emitirão um parecer sobre a permanência do Brasil no tratado de não proliferação de armas nucleares e sobre o uso da energia nuclear no país. Esse parecer será feito com base nos problemas e nas informações recolhidas no decorrer do jogo.

O professor assume o papel de chefia da comissão, analisa os relatórios e o parecer final enviados pelos agentes (jogadores), decidindo como será o futuro do país em relação à política nuclear.

O enredo do jogo envolve viagens no tempo, em que os personagens podem observar e aprender sobre acontecimentos vivenciados, mas não os mudar. Enquanto viajantes no tempo, o objetivo dos jogadores é coletar informações para que possam emitir um parecer sobre se seria desejável que todos os países do mundo devessem possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento.

### **Enredo e Regras**

Após os ataques nucleares que ocorreram em Hiroshima e Nagasaki, no Japão, vários países do mundo começaram uma corrida armamentista pela produção de armamentos nucleares. Nas décadas de 1950 e 1960 também estava acontecendo a chamada “corrida espacial” entre URSS e EUA. Esses acontecimentos ficaram conhecidos como Guerra Fria.

Os países envolvidos na criação de armamento nuclear cada vez mais conseguiam produzir armas de um poder de destruição incalculável e maior. Até que em 1968, em todo o mundo, ocorreram manifestações por parte da população, que pediam ou exigiam mais direitos. As manifestações tinham como pauta vários objetivos, como igualdade de direitos para mulheres, fim da discriminação dos negros, direitos estudantis, entre outros. Além de reivindicar o desarmamento nuclear, com medo de uma possível 3<sup>o</sup> Guerra Mundial.

No mesmo ano foi aprovado o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), que tem como objetivo a não proliferação de armas e de tecnologia nucleares dos países que já fazem parte do tratado, além de impedir outras nações que não possuíssem armas nucleares de realizar a sua criação. Esse tratado, iniciado em 1970, foi assinado por 189 países, incluindo o Brasil, que aderiu em 1998.

Recentemente, durante o mandato do presidente Donald Trump, os Estados Unidos da América (EUA) saíram deste tratado. O argumento que o governo americano usou para sair desse programa foi que a Rússia, país que fazia parte da antiga URSS, violou o tratado. Além disso, alegaram que o tratado reduzia as escolhas armamentistas norte-americanas e que essas reduções não aconteciam com outros países como a China, por exemplo.<sup>2</sup>

O Governo Brasileiro, por muitas vezes, compactua com as ideias do governo estadunidense e ele pensa em fazer o mesmo que os EUA em relação ao tratado. Com isso, vocês jogadores serão convidados a serem agentes brasileiros alocados nos ministérios da defesa e de minas e energia e terão que ajudar o governo a decidir sobre sua permanência nesse acordo. Para emitir um parecer sobre o assunto, vocês precisarão de informações sobre o uso e a fabricação dessas armas, bem como a sua origem histórica e as tecnologias adotadas nessa fabricação para poder tomar uma decisão concreta sobre o tema. O conhecimento sobre armas nucleares aqui no Brasil é limitado quando comparado com os países que contam com armamento nuclear e estão no tratado.

---

<sup>2</sup>A partir desse ponto, o enredo do jogo se torna fictício.



## **Início da aventura**

Você, jogador, como membro de uma comissão do governo, está andando na rua após um longo dia de trabalho e conheceu, através de um folder, uma empresa denominada “Transportadora do TEMPO”, que oferece serviços de viagens no tempo. Seus serviços são resultados de pesquisas realizadas na Universidade de São Paulo (USP). Coincidência não?

Para poder entender um pouco mais sobre a evolução das armas nucleares e para conseguir opinar sobre o posicionamento do Brasil e, com isso, posicionar sobre o objetivo do jogo, que é começar a utilizar armas nucleares para poder mostrar soberania para os outros países ou manter-se no TNP, além de trabalhar ou não na produção dessas armas, você poderá viajar para outros tempos e decide viajar para o tempo histórico de 1940, época em que começaram as primeiras produções dos armamentos nucleares utilizados na Segunda Guerra Mundial.

Abaixo segue um breve histórico sobre a empresa.

## **Transportadora do TEMPO**

Transportadora do Tempo é uma empresa privada, criada no ano de 2019, localizada na capital do estado de São Paulo. Essa empresa financiou algumas pesquisas realizadas na Universidade de São Paulo (USP), na área de Física, com objetivo de realizar viagens no tempo e fornecer essas viagens a toda população.

Você deve estar se perguntando agora: “Se existe uma empresa que oferece esse tipo de serviço, quer dizer que viagens no tempo são possíveis?”. Sim, elas são possíveis graças a um cientista chamado Adalberto Nunes. Adalberto descobriu que era possível viajar no tempo, basta entrar em portas de seus respectivos anos. Essas portas ficam localizadas em um ponto específico do planeta, que curiosamente fica no Brasil. Onde? No subsolo do Cristo Redentor. Entrando nessas portas você pode viajar somente para o passado e nunca para o futuro.

A Transportadora do Tempo ainda não conseguiu fazer com que a maioria da população consiga fazer essa viagem, devido aos altos custos de manutenção das portas e das idas para o subsolo. Nessas situações somente os mais ricos conseguem fazer uso desse serviço. No Brasil, nenhuma pessoa ou empresa consegue utilizar esse serviço, somente o Governo Federal.

Essa viagem não consegue alterar o passado, mas somente reproduzi-lo; e ainda bem, já que sabemos que alterar o passado provocaria um problema temporal muito grande e isso afetaria todo o futuro do ponto alterado para até os dias atuais. Isso não é um percalço para nós, membros do governo, pois queremos somente vivenciar o processo de criação e de evolução nuclear, para que possamos nos posicionar dentro do TNP.

Para começar a coleta de informações para tomar essa decisão, a comissão decidiu investigar a origem das primeiras armas nucleares criadas durante a segunda guerra mundial.

### Casas do tabuleiro

**Quadro 2** – País e eventos de cada fase do jogo

País	Evento
Brasil – Brasília	Uma proposta para a política nuclear brasileira
EUA – Washington	Uma carta secreta para o presidente
Dinamarca – Copenhague	Um encontro misterioso em Copenhague
Japão – Hiroshima	O uso de uma nova arma desconhecida
Brasil – Brasília	O futuro da pesquisa nuclear no Brasil

Fonte: Dos Autores (2020).

**Figura 1** – Tabuleiro do jogo



Fonte: Do autor (2020)

## Cartas do jogo

Cada casa do tabuleiro contém dois tipos de carta, Cenário e Problema.

*Cartas Cenário:* apresentam aspectos militares, políticos, sociais e/ ou econômicos, contextualizando as Cartas Problema.

*Cartas Problema*<sup>3</sup>: apresentam dilemas éticos envolvendo escolhas feitas pelos cientistas em relação à física nuclear durante a guerra.

*Viagens:* o percurso no tabuleiro é sempre de uma casa por cada rodada. A viagem ao próximo destino sempre se dá após a tomada de decisão em um dilema ético.

## Resumo das cartas problema

Para facilitar a compreensão do tabuleiro e dos problemas apresentados em cada fase fizemos um simples resumo com as informações presentes em cada carta problema. Lembrando que a primeira e a última fase, correspondentes ao Brasil não contêm acontecimentos históricos para coletarmos informações; devido a isso, elas não são compostas por cartas cenário e problema. Assim, apresentaremos um resumo do problema dos Estados Unidos, da Dinamarca e do Japão.

### ***Uma carta secreta para o presidente***

Albert Einstein, que se tornou um dos mais famosos cientistas do século XX por seus estudos envolvendo a teoria da relatividade, tornou-se uma autoridade reconhecida em todo mundo a partir da década de 1920. Até a Primeira Guerra Mundial, ele tinha uma postura bem pacífica, condenando a utilização da ciência para fins bélicos. Defendeu que a ciência deveria ser universal e não para produção de armamentos.

Albert Einstein era um cientista alemão e judeu, povo que era perseguido pelo governo nazista de Adolf Hitler, que tomou o poder no início da década de 1930. Einstein imigrou da Alemanha para os EUA e, como outros físicos refugiados neste país, soube em 1939 que cientistas alemães faziam pesquisas teóricas envolvendo

---

<sup>3</sup>Essas cartas foram criadas com base nas cartas do jogo COSMIC (2015), de autoria de Alexandre Bagdonas e do grupo TeHCo da USP. BAGDONAS, Alexandre. “**Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia**”. Tese (Doutorado Interunidades em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociência e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo (USP), 2015.

fissão nuclear, que teriam potencial para eventualmente gerar energia e, talvez, iniciar o desenvolvimento de armas nucleares. Convencido por outros colegas, como Szilard, Einstein usa seu prestígio e escreve para Roosevelt, Presidente dos Estados Unidos da América, relatando essa situação. Em seguida, iniciou-se um projeto secreto para criação de armas nucleares denominado “Projeto Manhattan”, cujo objetivo central era produzir bombas antes que o governo nazista pudesse produzi-las.

**Figura 2** – Carta problema da fase: *Uma carta secreta para o presidente*<sup>4</sup>



Fonte: Do autor (2020).

### ***Um encontro misterioso em Copenhague***

Nessa rodada serão abordados dilemas morais de dois cientistas que tiveram papel importante na história da mecânica quântica e participaram das discussões envolvendo a produção de armas nucleares na Alemanha: Niels Henrik David Bohr e Werner Karl Heisenberg.

Os dois cientistas eram muito próximos e mantiveram colaboração intensa antes da Guerra, além de uma forte relação de amizade. Bohr, como tinha mais idade, considerava Heisenberg um membro da família<sup>5</sup>. Suas discussões foram importantes na criação do Princípio da Incerteza e da Complementaridade, considerado trabalho de grande importância da Mecânica Quântica.

<sup>4</sup>Mais informações sobre esse acontecimento você encontra dentro do Jogo A.T.O.M.I.C.: <https://project-atomic.bubbleapps.io/login>

<sup>5</sup>FRAYN, M., **Copenhague**, New York: Anchor Books Original, 2000. Material para o professor: Copenhague: Prólogo com Michael Frayn. Direção da BBC. Londres, Reino Unido 2002. 1 DVD (150 min.).

Bohr, como a maior parte dos cientistas em períodos de paz, gostava de física teórica e defendia sua importância independente de suas aplicações. Essa visão era compartilhada por Heisenberg. Porém, quando Hitler tomou o poder na Alemanha, apesar de ter divergências políticas em relação ao regime nazista, Heisenberg seguiu trabalhando em seu país.

Algum tempo depois, Heisenberg foi convidado a liderar os cientistas que trabalhavam no exército nazista. A Física Nuclear estava em processo de desenvolvimento e Heisenberg, como líder de um grupo de cientistas, viu a possibilidade de ajudar nesse desenvolvimento criando aceleradores de partículas, mas o governo alemão, em meio à uma guerra, queria utilizar o conhecimento nuclear para criação de armas.

Porém, quando o exército nazista invadiu a Dinamarca, aconteceram interações entre esses cientistas repletas de tensões, segredos e possibilidades de especulações sobre os possíveis motivos de seus encontros. Heisenberg continuou na Alemanha e trabalhou no projeto nuclear Alemão, enquanto Bohr, mesmo numa nação ocupada pelo exército nazista, manteve colaboração secreta com cientistas aliados, de forma que poderia ter informações sobre a produção de armas nucleares nos EUA.<sup>6</sup>

**Figura 3** – Carta problema da fase *Um encontro misterioso em Copenhague*<sup>7</sup>

O JOGO

## A.T.O.M.I.C

### Um encontro misterioso em Copenhague

Bohr e Heisenberg: amigos de muito tempo se encontram depois de alguns anos. Heisenberg, era considerado um membro da família Bohr. Ele tinha conseguido certa notoriedade depois de ter publicado princípio da incerteza, uma das principais contribuições da Mecânica Quântica. Bohr por sua vez era já um renomado cientistas, um dos pioneiros dos estudos em mecânica quântica, em especial por seus estudos envolvendo a estrutura dos átomos e a radiação emitida por eles.

Heisenberg visitou Bohr em Copenhague, em 1941. Nesse período acontece a segunda guerra mundial. Bohr era judeu, enquanto Heisenberg, alemão, trabalhava para o governo de Hitler.

Em conversa sigilosa entre os dois cientistas, Heisenberg pode ter dado a entender que o governo alemão começou pesquisar modos de produzir fissão nuclear para criar armas. Além disso, pode ter tentado coletar informações com Bohr sobre os estudos dos aliados, em especial dos EUA. Na conversa, Heisenberg pode ter deixado nas entrelinhas que não queria fazer uma arma nuclear, mas sim avançar os conhecimentos de física nuclear para criar um reator nuclear para a produção de energia. Bohr, pode ter feito o mesmo em relação a Inglaterra e EUA.

Relatório Copenhague voltar

Fonte: Do autor (2020).

<sup>6</sup>BAGDONAS, Alexandre. **História da ciência para o ensino de física como cultura: debates sobre a neutralidade da ciência no período entre guerras**. In: Martins, André Ferrer. (Org.). Física, Cultura e Ensino de Ciências. 1 ed.São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019, v.1, p. 195-214, na p. 208.

<sup>7</sup>Mais informações sobre esse acontecimento você encontra dentro do Jogo A.T.O.M.I.C: <https://project-atomic.bubbleapps.io/login>

## O uso de uma nova arma desconhecida

Na última rodada do jogo, após o “Projeto Manhattan” ser criado, o presidente dos EUA nomeia Robert Oppenheimer para ser o líder do projeto. Oppenheimer é um cientista jovem que aceita trabalhar no projeto, se isola em Los Alamos e, depois de muito trabalho junto de sua equipe, consegue fazer com que a reação em cadeia dentro de uma cápsula seja lançada em treinamento. Posteriormente, após o teste da bomba, ele começa a viver em guerra interna consigo mesmo e declara que se tornou “a morte” e vai contra o uso da arma em uma guerra. Finalmente a Alemanha se rende na Europa e a guerra muda de direção, passando o Japão a ser alvo dos EUA. O novo presidente, Truman, permite o lançamento nos asiáticos e realiza dois lançamentos da arma criada por Oppenheimer no Japão.

Figura 4 – Carta problema da fase *O uso de uma nova arma desconhecida*<sup>8</sup>



O JOGO

### A.T.O.M.I.C

#### O uso de uma nova arma desconhecida

Julius Robert Oppenheimer foi um físico Norte-americano, nomeado pelo presidente dos Estados Unidos da América após o comunicado de Albert Einstein, para liderar um projeto de alto investimento, chamado de "projeto Manhattan". Esse projeto visava o aprimoramento e a aplicação dos conceitos da física nuclear, para fins de armas nucleares.

Após alguns testes, Oppenheimer conseguiu formular uma arma que denominou de bomba atômica, pois se baseava no processo de fissão nuclear (separação) de um átomo. O governo americano, cita que se esse projeto fosse dos nazistas a guerra nunca teria fim, pois, Hitler não saberia utilizar uma arma desse nível. Essa bomba foi utilizada Estados Unidos vencessem a corrida contra os nazistas, culminando no fatídico dia do ataque as cidades de Hiroshima e Nagasak.

Após o ataque nuclear Oppie conviveu com uma forte crise interna que o acompanhou até os seus últimos dias, a saber: ele era reconhecido mundialmente como o pai da bomba atômica - e esse prestígio era algo que Oppenheimer gostava mas, por outro lado, a frase "transforme-me na morte, a destruidora de mundos" extraída do Bhagavad-Gita - e dita por Oppenheimer após o primeiro teste bem sucedido da bomba atômica - evidencia sua preocupação com a arma que ajudara a desenvolver. Os últimos anos de sua vida foram dedicados à reflexão sobre os problemas surgidos da relação entre a ciência e a sociedade.

Oppenheimer Eu me tornei a morte

Relatório Japão voltar

Fonte: Do autor (2020).

## O desfecho da investigação

Ao final, vocês como membros de uma comissão especial de assuntos estratégicos do ministério da defesa, que inclui militares e cientistas, emitem um parecer sobre se seria **desejável que todos os países do mundo devessem**

<sup>8</sup>Mais informações sobre esse acontecimento você encontra dentro do Jogo A.T.O.M.I.C: <https://project-atomic.bubbleapps.io/login>

**possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento.** Ou seja, se os países do mundo, incluindo o Brasil, devem dominar o conhecimento e a produção de armas nucleares, ou se esse conhecimento deve ficar somente nas mãos de alguns países ou, ainda, se nenhum país deveria ter esse conhecimento. Após todos os parecerem serem enviados, o chefe da comissão decreta a posição final a respeito da política brasileira em relação às armas nucleares.







## AULAS DA SEQUÊNCIA

### **Atividade 1: Conhecendo o jogo A.T.O.M.I.C**

#### **OBJETIVO GERAL**

- Entender as relações entre acontecimentos da história da Física Nuclear com situações atuais, envolvendo o enredo de um jogo didático.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conhecer o jogo A.T.O.M.I.C e entender o seu funcionamento, juntamente com os dos itens que o compõem.

#### **CONTEÚDOS**

- Guerra Fria
- Segunda Guerra Mundial

#### **RECURSOS DE ENSINO**

- Celular e/ou Computador com acesso a redes sociais e campus virtual<sup>9</sup>.
- Regras do jogo.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- Google Formulários e Google *Meet*.

---

<sup>9</sup>Campus Virtual é o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) fornecido pela UFLA.

## DINÂMICA DA AULA

A aula se inicia<sup>10</sup> com uma conversa sobre a História da Física Nuclear, que será introduzida em um jogo didático, que não é competitivo, não tem um ganhador e é baseado em argumentação sobre questões morais envolvendo a ciência na Segunda Guerra Mundial.

Em seguida, o professor mostra a problematização do jogo e das aulas futuras, que se inicia com a saída dos Estados Unidos da América (EUA) do TNP e que o governo brasileiro tende a compactuar com as ideias estadunidenses. Com isso, os estudantes assumem no jogo o papel de agentes e são convidados pelo governo brasileiro para opinar sobre a produção da Física Nuclear no Brasil e sobre o porte de armas nucleares.

O objetivo do jogo é emitir um parecer sobre se é **desejável que todos os países do mundo devam possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento**. Ou seja, se os países do mundo, incluindo o Brasil, devem dominar o conhecimento e a produção de armas nucleares, ou se esse conhecimento deve ficar somente nas mãos de alguns países ou, ainda, se nenhum país deveria ter esse conhecimento.

Para obter informações, os membros desta comissão devem refletir sobre acontecimentos históricos, ocorridos na época da Segunda Guerra Mundial, que envolveram fatores éticos, sociais e políticos relacionados às pesquisas científicas sobre física nuclear que permitiram a construção das primeiras bombas nucleares. Nessa época houve muita discussão sobre a utilização da ciência para fins armamentistas, vários posicionamentos dos cientistas e vários dilemas morais.

Finalmente, os estudantes recebem e realizam a leitura das regras do jogo que se encontra nos materiais de atividades dessa aula. Essa atividade pode ser realizada

---

<sup>10</sup>As atividades e as conversas que serão desenvolvidas, por meio de grupo criado em uma rede social ou com uso do meio de comunicação da Universidade Federal de Lavras (UFLA), o Campus Virtual, com uma complementação opcional via *Google Meet*, sendo que a plataforma que será utilizada, e os horários, serão decididos com os estudantes. Neste ponto é importante deixar claro para os alunos que suas identidades jamais serão divulgadas e que as intenções são a melhoria do ensino de física, sendo importante para isso a reflexão conjunta de alunos e professores sobre seus erros e acertos. No *Google Formulários* também terá um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) da pesquisa para fins de segurança dos envolvidos e para que ambas as partes – pesquisadores e sujeitos – da pesquisa, fiquem resguardados de possíveis constrangimentos.

em um momento fora da aula. Explicação do jogo, dos elementos principais que o compõem e da jogabilidade, por parte do professor de forma resumida e introdutória.

Uma reunião no *Google Meet* poderá ser oferecida para esclarecimentos, como complementação do material disponibilizado no Campus Virtual.

#### SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	Introdução do professor sobre os temas HFC e CTSA, explicando o que é e a importância de utilizá-las no ensino de maneira conjunta, além de informar que nesse trabalho essa unificação será por meio de um jogo didático e de teorias filosóficas morais.
<b>Momento 2</b>	Problematização inicial sobre se é desejável que todos os países do mundo devam possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento, como objetivo do jogo e como objetivo final para ser alcançado nas próximas aulas. Atividades para os estudantes: Realizar a leitura do enredo e das regras do jogo A.T.O.M.I.C.
<b>Momento 3</b>	Explicação do professor sobre o jogo didático, juntamente com as principais regras e os elementos que compõem o jogo, de forma resumida.

#### MATERIAIS DA ATIVIDADE

#### A.T.O.M.I.C

No contexto histórico da Segunda Guerra Mundial e da produção de armas nucleares que desencadeou a Guerra Fria, muitos cientistas viveram dilemas éticos complexos, que consistem na base deste jogo de papéis, inspirado em RPG (*role playing game*).

Os estudantes (jogadores) representam agentes governamentais brasileiros que emitirão um parecer sobre a permanência do Brasil no tratado de não proliferação de armas nucleares e sobre o uso da energia nuclear no país. Esse parecer será feito com base nos problemas e nas informações recolhidas no decorrer do jogo.

O professor assume o papel de chefia da comissão, analisa os relatórios e o parecer final enviados pelos agentes (jogadores), decidindo como será o futuro do país em relação à política nuclear.

O enredo do jogo envolve viagens no tempo, em que os personagens podem observar e aprender sobre acontecimentos vivenciados, mas não os mudar. Enquanto viajantes no tempo, o objetivo dos jogadores é coletar informações para que possam emitir um parecer sobre se seria desejável que todos os países do mundo devessem possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento.

## **Enredo e Regras**

Após os ataques nucleares que ocorreram em Hiroshima e Nagasaki, no Japão, vários países do mundo começaram uma corrida armamentista pela produção de armamentos nucleares. Nas décadas de 1950 e 1960 também estava acontecendo a corrida espacial entre URSS e EUA. Esses acontecimentos ficaram conhecidos como Guerra Fria.

Os países envolvidos na criação de armamento nuclear cada vez conseguiam produzir armas de um poder de destruição incalculável e maior. Até que em 1968 ocorreram manifestações por todo mundo por parte da população, que pediam ou exigiam mais direitos. As manifestações tinham como pauta vários objetivos, como igualdade de direitos para mulheres, fim da discriminação dos negros, direitos estudantis, entre outros. Além de reivindicar o desarmamento nuclear, com medo de uma possível 3ª Guerra Mundial.

No mesmo ano foi aprovado o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), que tem como objetivo a não proliferação de armas e da tecnologia nucleares dos países que já fazem parte do tratado, além de impedir os países que não têm armas nucleares de realizar a sua criação. Esse tratado, iniciado em 1970, foi assinado por 189 países, incluindo o Brasil, que aderiu em 1998.

Recentemente, durante o mandato de Donald Trump, os Estados Unidos da América (EUA) saíram deste tratado, o TNP. O argumento que o governo americano usou para sair desse programa foi que a Rússia, país que fazia parte da antiga URSS, violou o tratado e também que o tratado reduzia as escolhas armamentistas norte-americanas e que essas reduções não aconteciam com outros países como a China, por exemplo.

O Governo Brasileiro, por muitas vezes, compactua com as ideias do Governo Estadunidense e ele pensa em fazer o mesmo que o EUA em relação ao tratado. Com

isso, vocês, jogadores, serão convidados a serem agentes brasileiros alocados nos ministérios da defesa e de minas e energia e terão que ajudar o Governo a decidir sobre sua permanência nesse acordo. Para emitir um parecer sobre o assunto, vocês precisarão de informações sobre o uso e a fabricação dessas armas, bem como a sua origem histórica e as tecnologias adotadas nessa fabricação para poder tomar uma decisão concreta sobre o tema. O conhecimento sobre armas nucleares aqui no Brasil é limitado quando comparado com os países que contam com armamento nuclear e estão no tratado.

Para começar a coleta de informações para tomar essa decisão, a comissão decidiu investigar a origem das primeiras armas nucleares criadas durante a Segunda Guerra Mundial.

### Casas do tabuleiro

País	Evento
Brasil – Brasília	Uma proposta para a política nuclear brasileira
EUA – Washington	Uma carta secreta para o presidente
Dinamarca – Copenhague	Um encontro misterioso em Copenhague
Japão – Hiroshima	O uso de uma nova arma desconhecida
Brasil – Brasília	O futuro da pesquisa nuclear no Brasil

### Cartas do jogo

Cada casa do tabuleiro contém dois tipos de carta, Cenário e Problema.

*Cartas Cenário:* apresentam aspectos militares, políticos, sociais e/ ou econômicos, contextualizando as Cartas Problema.

*Cartas Problema:* apresentam dilemas éticos envolvendo escolhas feitas pelos cientistas em relação à física nuclear durante a guerra.

*Viagens:* o percurso no tabuleiro é sempre de uma casa por cada rodada. A viagem ao próximo destino sempre se dá após a tomada de decisão em um dilema ético.

## **O desfecho da investigação**

Ao final, vocês, como membros de uma comissão especial de assuntos estratégicos do ministério da defesa que inclui militares e cientistas, emitem um parecer sobre se seria **desejável que todos os países do mundo devessem possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento.** Ou seja, se os países do mundo, incluindo o Brasil, devem dominar o conhecimento e a produção de armas nucleares, ou se esse conhecimento deve ficar somente nas mãos de alguns países ou, ainda, se nenhum país deveria ter esse conhecimento. Após todos os pareceres serem enviados, o chefe da comissão decreta a posição final a respeito da política brasileira em relação à energia nuclear.

## **Atividade 2: Uma proposta para a política nuclear brasileira**

### **OBJETIVO GERAL**

- Compreender aspectos relacionados à neutralidade da ciência e ao uso dela na fabricação de armas nucleares, além de posicionar-se em um dilema de fabricar ou não armas nucleares.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Perceber a parcialidade da ciência.
- Conhecer o tratado de não proliferação de armas nucleares.
- Relembrar os acontecimentos da Segunda Guerra Mundial e da Guerra Fria.

### **CONTEÚDOS**

- Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP).
- Segunda Guerra Mundial.
- Guerra Fria e corrida armamentista.

### **RECURSOS DE ENSINO**

- Celular e/ou Computador com acesso a redes sociais e Campus Virtual.
- Documentário sobre a História de Lise Meitner e Otto Hahn.
- Texto e dilema sobre o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP).
- *Google Formulários e Google Meet.*

### **DINÂMICA DA AULA**

Nesta aula vamos retornar ao assunto da aula passada e será disponibilizado um trecho de um documentário sobre a vida dos cientistas, Lise Meitner e Otto Hahn, o qual retrata as dificuldades do desenvolvimento científico no início da Segunda Guerra, além de mostrar que a ciência não é neutra. Um texto opcional sobre a guerra

fria<sup>11</sup> [MA2(1)] também será disponibilizado como forma de complementação histórica.

Após a visualização do vídeo, os estudantes serão solicitados a participar de um fórum sobre o desenvolvimento da ciência nesse período histórico, bem como a relação desse desenvolvimento com fatores políticos, sociais e econômicos.

Em um segundo momento, será proposto aos estudantes a leitura de um texto sobre o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) e sobre um dilema de aderir ou não a ele [MA2(1)]. Após a leitura, o professor solicita os estudantes a responderem um questionário sobre o seu posicionamento diante do texto.

Por fim, o docente solicita aos estudantes responderem o questionário sobre o texto lido e sobre o uso da ciência para fins bélicos. Esse questionário será realizado pelo *Google Formulários* e seu link estará disponível no Campus Virtual [MA2(3)].

Então, atuando como agentes governamentais, os estudantes contratam essa empresa para viajar no tempo chegando ao ano de 1939, em Washington nos Estado Unidos, quando o mundo estava em meio à Segunda Guerra Mundial. Em seguida, o docente fala sobre o envio de uma carta por parte de alguns cientistas, como Albert Einstein e Leó Szilárd para o presidente dos EUA, Franklin D. Roosevelt. O que estava escrito nessa carta? Saberemos na próxima aula.

Uma reunião no *Google Meet* poderá ser oferecida para esclarecimentos, como complementação do material disponibilizado no Campus Virtual.

### SÍNTESE OS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	Atividade para os estudantes: assistir um vídeo que retrata o desenvolvimento da ciência na Segunda Guerra Mundial com base em um documentário sobre a História de Lise Meitner e Otto Hahn, além de leitura de um texto opcional sobre a guerra fria.  Participação dos estudantes a respeito do vídeo, argumentando sobre os acontecimentos históricos apresentados e sobre o desenvolvimento científico na Segunda Guerra.
<b>Momento 2</b>	Tarefa para os estudantes: fazer a leitura do texto “Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares” e refletir sobre o dilema de aderir ou não ao tratado em uma ação conjunta de outros países.

<sup>11</sup>HOBSBAWN, Eric. *Guerra Fria*. In: HOBSBAWN, Eric. A era dos extremos. 2º Edição, Editora Schwarcz, São Paulo: Companhia das Letras, 1995. Cap.8. p. 178-201.



<b>Momento 3</b>	Questionário para os estudantes responderem sobre o dilema do TNP, neutralidade da ciência e sobre o desenvolvimento da ciência em períodos bélicos.
------------------	--

## MATERIAIS DA ATIVIDADE 2

### **MA2(1): Documentário sobre a História de Lise Meitner e Otto Hahn**

Este link traz o documentário sobre a História de Lise Meitner e de Otto Hahn, o trecho solicitado na aula acima se inicia em 18:04 min e termina em 34:45 min.

### **MA2(2): Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares<sup>12</sup>**

Atualmente, o Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP) conta em média com 190 países. Entrou em vigor em 1970, durante a Guerra Fria e após a Segunda Guerra Mundial. Segundo este tratado, nenhum signatário pode adquirir armas nucleares, com exceção dos reconhecidos como “Estados com armamento nuclear” — China, França, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos (VEJA, 2020).

Todos os países que não têm armas nucleares podem, entretanto, prosseguir com programas nucleares com fins pacíficos, fiscalizados pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), um órgão das Nações Unidas. Em 2003, a AIEA denunciou o Irã por não declarar a importação de urânio, o seu uso e nem informar sobre onde o material radioativo estava armazenado.

O único país a se retirar do TNP foi a Coreia do Norte, em 2003. No mesmo ano, Índia e Paquistão, anunciaram suas armas nucleares; Israel, por sua vez, é suspeito de tê-las também, mas eles nunca assinaram o tratado.

O tratado foi firmado com a intenção de “evitar o perigo de uma guerra nuclear” e conforme “resoluções da Organização das Nações Unidas pedindo pela conclusão de um acordo para prevenir a maior disseminação de armas nucleares” (VEJA, 2020).

Imagine agora que, conhecendo os objetivos e um pouco da história deste tratado, você é um membro de uma comissão secreta governamental que vai investigar se seu país deve ou não aderir a ele. Essa comissão sabe que os outros

---

<sup>12</sup>O dilema presente nessa atividade, é fictício e foi elaborado com base no problema didático “dilema do prisioneiro” e nas ideias de Rachels e Rachels (2013).

países, seus principais rivais comerciais, também estão estudando se devem ou não aderir. Os países farão suas escolhas sem saber o posicionamento do outro, lembrando que existe a possibilidade de ameaça de uma terceira guerra mundial.

Se os dois países aderirem ao tratado pode haver a opção de compartilhar pesquisas e tecnologias envolvendo a Física Nuclear, além de ambos receberem uma ajuda da ONU para financiar suas pesquisas, mas esses novos projetos não poderão ser usados para desenvolver armamentos nucleares. Se somente o seu país aderir, o país vizinho não poderá ter acesso a estudos e nem a financiamento da tecnologia nuclear, mas poderá fabricar armamentos a partir da energia nuclear (bombas e outras armas) para serem utilizadas em uma futura guerra, além de mostrar sua soberania e seu poder para outros países. A situação oposta acontece se o seu país não aderir, mas seu vizinho aderir. Por fim, se os dois países não aderirem, eles poderão fabricar armamento nuclear e mostrar seu poder para outros países, além de usar essas armas em uma futura guerra.

Representação esquemática das escolhas:

País Vizinho Seu país	Se Aderir	Não Aderir
Se Aderir	Nenhum dos países podem fabricar armas nucleares, mas ele podem utilizar a energia nuclear.	Somente o país vizinho pode fabricar armas nucleares
Não Aderir	Somente o seu país pode fabricar armas nucleares.	Os dois podem fabricar armas nucleares

**Se os dois aderirem** – Ambos receberam investimento da ONU para utilização em pesquisa sobre energia nuclear para fins pacíficos, mas com restrições de uso da energia nuclear para fins militares.

**Somente um aderir** – O que não aderiu continua podendo fazer uso da tecnologia nuclear para qualquer fim, inclusive ameaçando atacar o que aderiu.

**Se nenhum dos dois aderirem** – Ambos podem fazer uso de armas nucleares e vivem com o risco de uma guerra nuclear.

Qual seria o seu posicionamento sobre aderir/não aderir a esse tratado?

### **MA2(3): Questionário para Aula 2**

- 1) Você acredita que a Física, assim como a Química e a Biologia, depende de aspectos políticos e sociais para se desenvolver? Explique seu ponto de vista.
- 2) Todos os países devem ter conhecimento da criação de armas nucleares ou esse conhecimento deve ser restrito?
- 3) Imagine que você é membro de uma comissão secreta do governo criada para decidir se o país deve ou não aderir ao Tratado de Não Proliferação, qual a sua escolha? Escreva argumentos que sustentem seu posicionamento.
- 4) Qual a sua opinião sobre o desenvolvimento e o uso da Ciência em períodos de guerras? Como ela pode ser utilizada e para qual finalidade?

Esse questionário será utilizado pelo *Google Forms* e pode ser acessado pelo link abaixo: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc59JjbVrHtDoLpCDmr-VmVXJ5vrGYnN7ApWoi46lilE0JJHQ/viewform>

### **Jogo A.T.O.M.I.C**

O protótipo do game pode ser acessado no link a seguir (versão para computadores): <https://project-atomic.bubbleapps.io/login>

### **Atividade 3: Uma carta secreta para o presidente**

#### **OBJETIVO GERAL**

- Compreender sobre a perseguição aos cientistas na Alemanha e as atitudes de Albert Einstein em enviar uma carta para o inimigo de sua nação, informando sobre as implicações de se fazer pesquisa em Física Nuclear para ser utilizada na guerra.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Entender o processo de fissão nuclear.
- Vivenciar a complexidade de escolhas em uma guerra.

#### **CONTEÚDOS**

- Posicionamento ético-social de Albert Einstein.
- Segunda Guerra Mundial.
- Fissão Nuclear.

#### **RECURSOS DE ENSINO**

- Questionário sobre o envio da carta de Einstein para o EUA.
- Jogo A.T.O.M.I.C.
- Vídeo sobre a Fissão Nuclear.

#### **DINÂMICA DA AULA:**

Essa aula se inicia com a reabertura do jogo na fase correspondente aos EUA, no mapa. Os estudantes abrem a carta cenário e são solicitados a fazer um fichamento sobre ela, que será enviado na primeira questão do questionário desta aula. Nessa carta é tratado sobre os inimigos alemães, quem eles perseguiram e por quê? E como estava a pesquisa e os cientistas nesse momento da guerra. Após isso, o professor disponibiliza um vídeo explicando o que seria o processo de Fissão Nuclear e como ele ocorre **[MA3(1)]**.

Em seguida, os estudantes acessam a carta problema dessa etapa. A carta denominada “Uma carta misteriosa para o presidente”, informa os estudantes sobre um manuscrito que o cientista Albert Einstein enviou para o presidente dos EUA,

Franklin Roosevelt, sobre o exercício nazista de realizar pesquisas envolvendo a Fissão Nuclear, com o enriquecimento do Urânio, para criação de possíveis armas nucleares e uso na guerra. Posteriormente, os estudantes fazem a leitura e os apontamentos principais presentes na carta.

Por fim, os estudantes respondem a um questionário sobre a ação do cientista ao enviar a carta para os EUA, colocando assim o seu povo e o seu próprio país em uma situação de alerta na Segunda Guerra Mundial e se ele deveria ou não ter informado os Estados Unidos sobre a Fissão Nuclear em uma tentativa de proteger o seu povo [MA3(2)].

Figura 5 – Telas da fase sobre o EUA



Fonte: Do Autor (2022)

Na primeira foto temos a carta cenário e a carta problema dos EUA e na segunda contamos com o relatório (questionário) que os estudantes devem responder no fim desta fase.

Após os estudantes responderem as questões solicitadas, o docente informa sobre um encontro de dois grandes cientistas da Física Nuclear. Esse encontro aconteceu em Copenhague, na Dinamarca, local de nossa próxima viagem. O encontro teve um ar misterioso e seus entendimentos provenientes das conversas entre os cientistas, ocorreram entre linhas. O que aconteceu em Copenhague? Esse é o tema do nosso próximo encontro.

Uma reunião no *Google Meet* poderá ser oferecida para esclarecimentos, como complementação do material disponibilizado no Campus Virtual.

#### SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	Debate no fórum sobre o exército da Alemanha, suas ações políticas, seus inimigos e a quem eles perseguiam durante a Segunda Guerra Mundial.
<b>Momento 2</b>	Atividades para os estudantes: leitura e fichamento da carta cenário; posteriormente, a postagem desse fichamento no fórum e visualização do vídeo sobre fissão nuclear. Tarefa para os estudantes: leitura, análise e principais informações da carta problema.
<b>Momento 3</b>	Exercício para os estudantes, responder o questionário envolvendo o posicionamento de Albert Einstein, diante dos nazistas ao caçar seu povo, além de ele ter ou não uma contribuição na fabricação da primeira bomba atômica.

## MATERIAIS DA ATIVIDADE 3

### MA3(1): Vídeo “Fissão Nuclear”

### MA3(2): Questionário Aula 3 (Via jogo A.T.O.M.I.C ou *Google Forms*)

- 1) Produza um breve texto sobre a carta cenário da fase "Uma carta secreta para o presidente"; utilize as perguntas do roteiro para auxiliar nesta produção. As perguntas a seguir podem auxiliar na produção desse texto. “Quem liderava a Alemanha na Segunda Guerra Mundial? Quem eles perseguiram? Por que eles perseguiram essas pessoas? Se essas pessoas fossem capturadas, para onde elas eram levadas? Os cientistas foram afetados por essa ação do governo?”.
- 2) Albert Einstein era judeu e Hitler perseguia seu povo. Você acha que isso tem alguma ligação com a atitude de Einstein em enviar a carta para os EUA? Você também teria enviado, mesmo sabendo que sua ação poderia começar uma corrida na fabricação de uma bomba, além de correr o risco de o exército alemão descobrir e você sofrer consequências graves?
- 3) Muitos cientistas repugnaram a atitude de Einstein por ter enviado a carta, pois criaria uma arma para destruição em massa, matando várias pessoas inocentes; por outro lado, Szilárd e outros cientistas argumentaram que se ele não tivesse enviado a carta, os alemães poderiam ter fabricado a bomba. Qual dos posicionamentos você mais concorda?

Esse questionário será utilizado pelo *Google Forms* e pode ser acessado pelo link abaixo:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfpbT3vP77JZXa\\_9zji96PVc3dh6ngVuaKV9Kh0UCQIOjJQCQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfpbT3vP77JZXa_9zji96PVc3dh6ngVuaKV9Kh0UCQIOjJQCQ/viewform)

## **Atividade 4: Um encontro misterioso em Copenhague**

### **OBJETIVO GERAL**

- Entender como as pesquisas envolvendo a produção de armas nucleares na Alemanha e aliados durante a guerra causou tensões entre cientistas que antes colaboraram entre si.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Vivenciar com o jogo o encontro de cientistas na Dinamarca.

### **CONTEÚDOS**

- Impacto social na ciência e neutralidade científica.
- Fissão Nuclear.
- Ação moral dos cientistas.

### **RECURSOS DE ENSINO**

- Trecho do Documentário “Copenhague”.
- Jogo A.T.O.M.I.C.
- Texto “O mistério de um encontro”.
- Questionário sobre o posicionamento de Heisenberg e Bohr.

### **DINÂMICA DA AULA**

Ao iniciar essa aula, o professor disponibiliza o link do jogo e pede para os estudantes retornarem ao jogo e que relembrem os acontecimentos da fase anterior. Após isso, o docente solicita que os estudantes prossigam para a próxima fase.

Posteriormente, o professor pede aos alunos para embarcarem rumo à Copenhague na Dinamarca, local do nosso primeiro dilema moral, e para ocuparem a segunda casa do nosso mapa, denominada como “Um Encontro Misterioso em Copenhague”. Esse dilema envolve dois cientistas pioneiros da Física Nuclear.

Em seguida, o professor pede aos estudantes para abrirem a carta cenário presente em Copenhague. Essa carta traz a situação da Dinamarca em meio à Segunda Guerra e como estava o mundo científico. A Alemanha era comandada por



Adolf Hitler que, naquela ocasião já tinha invadido a Dinamarca, onde um dos cientistas Niels Bohr se encontrava. Após a abertura da carta, os estudantes têm de ler, listar e analisar as principais informações, fazendo uma síntese das informações presentes que serão enviadas na primeira pergunta do questionário.

No segundo momento da aula, o docente envia para os estudantes uma parte do documentário “Copenhague”, de Michael Frayn **[MA4(1)]**. Esse trecho fala sobre a amizade e os trabalhos realizados de maneira conjunta pelos dois cientistas: Heisenberg e Niels Bohr. O trecho também mostra a decisão de Hitler, líder alemão, de convidar Heisenberg para chefiar os cientistas de seu país; o cientista era simpatizante por sua nação e acaba aceitando o convite de estar à frente do programa nuclear alemão. Após a apresentação dos cientistas, o mediador deixa um texto disponível “O mistério de um encontro” **[MA4(2)]** para os estudantes lerem. Esse texto mostra como foi o encontro de Heisenberg e Bohr, na capital da Dinamarca, e indaga sobre o real posicionamento de Heisenberg.

Posteriormente, o professor convida os estudantes para voltarem ao jogo e abrirem a carta problema desta fase, denominada o “Um encontro misterioso em Copenhague”. Depois de abrir, analisar e realizar a leitura, os estudantes respondem algumas perguntas em um questionário, denominado no jogo como Relatório de Copenhague. Esse questionário **[MA4(3)]** é feito via do *Google Formulários*, ou dentro do jogo A.T.O.M.I.C e busca a visão dos discentes sobre a postura dos cientistas sobre suas ações no uso da Fissão Nuclear.

Por fim, o professor informa sobre o próximo encontro e que viajaremos para o Japão, onde trataremos sobre o lançamento da primeira bomba nuclear. Estão preparados?

Uma reunião no *Google Meet* poderá ser oferecida para esclarecimentos, como complementação do material disponibilizado no Campus Virtual.

### SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	O docente solicita aos estudantes para que entrem no jogo e embarquem para a Dinamarca, no ano de 1941, iniciando assim a nossa jornada na História da Física Nuclear.  Atividades para os estudantes: abrir a carta cenário dessa fase, realizar a leitura, analisar os acontecimentos presentes; depois disso, eles elaboram um pequeno texto sobre essa carta, o qual será enviado no questionário dessa aula.
------------------	---

<p><b>Momento 2</b></p>	<p>O docente disponibiliza um trecho do documentário “Copenhague” falando sobre as vidas de Bohr e Heisenberg, seus laços pessoais e os trabalhos realizados de maneira conjunta. O mediador evidencia o posicionamento de Adolf Hitler em escolher Heisenberg para liderar um conjunto de cientistas alemães.</p> <p>Atividades para os estudantes: leitura de uma notícia adaptada do portal G1 e da BBC sobre o mistério do encontro dos cientistas pioneiros de Heisenberg e Bohr, em Copenhague, capital da Dinamarca, em 1941.</p> <p>Retorno ao jogo e abertura da carta problema, análise e leitura dos posicionamentos dos dois cientistas. Bohr com uma postura mais pacífica em utilizar a Física para a criação de armamentos e Heisenberg como nacionalista e líder do projeto alemão.</p>
<p><b>Momento 3</b></p>	<p>Questionário para os estudantes responderem sobre o encontro em Copenhague entre Bohr e Heisenberg, neutralidade da ciência e sobre o desenvolvimento e a utilização da Fissão Nuclear para fabricação de armas.</p>

#### MATERIAIS DA ATIVIDADE 4

**MA4(1): Trecho “Copenhague”** 

**MA4(2): O mistério de um encontro<sup>13</sup>**

"Agora já estamos todos mortos, é verdade, e o mundo só se lembra de mim por duas coisas: o princípio da incerteza e por uma misteriosa visita a Niels Bohr em Copenhague em 1941. Todos entendem do que se trata a incerteza. Ou acreditam que sim. Ninguém entende por que fui a Copenhague."

Tudo começa quando Bohr ficou sabendo da informação da divisão de um átomo e a liberação de energia, chamado no meio científico de “Fissão Nuclear”. Em janeiro de 1939, em uma conferência de física na Universidade George Washington, foi anunciada publicamente que a possibilidade de dividir o átomo e liberar quantidades incontáveis de energia por meio da fissão nuclear estava agora ao nosso alcance.

<sup>13</sup>Texto retirado do site G1 e adaptado pelos autores para melhor compreensão. BBC. **O mistério sobre Werner Heisenberg, o físico que ganhou o Nobel pela descoberta da mecânica quântica.**

Teoricamente, era possível construir uma bomba atômica, com inúmeras Fissões Nucleares; essas Fissões ficaram conhecidas como reação em cadeia.

Em abril de 1939, se estabeleceu o primeiro "Uranverein", ou Clube do Urânio em alemão. Cinco meses depois, na invasão da Polônia, o Escritório de Artilharia do Exército Alemão assumiu o programa de energia nuclear a fim de explorar possíveis usos militares.

O segundo Uranverein era um segredo estatal e militar, cujo principal teórico era Heisenberg. Ele ainda era quando visitou Bohr em 1941 na Dinamarca.

Sabemos a data e o lugar. Era setembro de 1941, quando a Alemanha estava em um ponto alto de sua ofensiva militar, com a maior parte da Europa ocupada, a França derrotada, o Exército britânico expulso da Europa continental e os Estados Unidos tecnicamente neutros.

O lugar era a capital dinamarquesa sob ocupação nazista. Os personagens eram dois físicos que haviam mapeado e explorado o universo quântico dentro do átomo e que, juntos, haviam revolucionado o mundo da física.

O dinamarquês de ascendência judia e o luterano alemão tinham 16 anos de diferença de idade e vidas profundamente entrelaçadas nos âmbitos pessoal, intelectual e profissional, até aquele dia de 1941.

Sabemos que o encontro se encerrou abruptamente e que Bohr ficou enfurecido. Heisenberg foi um físico muito misterioso no decorrer de sua vida e com isso fica obscuro suas ações e a real verdade sobre seus princípios.

A principal delas é: ele era um vilão que queria tirar proveito de seu relacionamento próximo com o dinamarquês em prol do projeto de bomba atômica nazista ou um herói que queria impedir que tanto os Aliados quanto os países do Eixo obtivessem uma arma desse porte?

Durante muitos anos, uma carta de Heisenberg para o autor Robert Jungk era tida como uma das melhores fontes. Fragmentos da correspondência aparecem no livro Mais brilhante do que mil sóis: uma história pessoal dos cientistas atômicos.

Nela Heisenberg explica que sua intenção era convencer os cientistas nucleares de ambos os lados da guerra a impedir o desenvolvimento de uma bomba atômica, afirmando aos dirigentes de seus países que dificuldades técnicas e econômicas tornaram essa tarefa impossível no futuro imediato.

O físico alemão afirmou que pretendia informar a Bohr que a Alemanha sabia que a fissão nuclear era possível, mas que ele estava em uma posição de convencê-los do contrário. E que queria que Bohr convencesse os cientistas aliados a fazer o mesmo.

Com um acordo tácito, a comunidade internacional de física poderia cooperar para salvar o mundo dessa arma horrível. Bohr sempre refutou essa versão da reunião.

E em 2002, um novo capítulo dessa discussão veio à tona, a família de Bohr divulgou diversas cartas que ele havia escrito a Heisenberg, mas não chegou a enviar. Nelas, Bohr descreve uma história diferente: durante a visita de Heisenberg, ele sentiu que o jovem se gabava não apenas da próxima vitória da Alemanha, mas também de sua capacidade de construir uma bomba atômica em um futuro próximo.

Segundo Bohr, a intenção de Heisenberg era convencê-lo a ajudar os alemães, enfatizando a probabilidade de vitória alemã. E pior ainda, ele tentaria desonrá-lo, tentando fazê-lo repassar informações sobre o esforço nuclear dos Aliados.

Uma versão descreve Heisenberg como um herói que tentou salvar o mundo do pesadelo atômico; a outra mostrava um vilão que queria tirar vantagem de um amigo para garantir a vitória da Alemanha.

Bohr entendeu errado Heisenberg? Ou Heisenberg cometeu um erro grave e depois mentiu para se redimir?

Será que o exército Alemão não conseguiu fabricar uma bomba atômica porque Heisenberg deliberadamente frustrou o projeto ou simplesmente porque, apesar de seus esforços, não sabia como fabricá-la?

Nunca saberemos.

#### **MA4(3): Questionário Aula 4 (Via jogo A.T.O.M.I.C ou *Google Forms*)**

- 1) Faça um breve texto sobre a carta cenário de Copenhague e do documentário do item B. Para auxiliar no desenvolvimento do texto, considere algumas perguntas, como: "Porque o exército Alemão invadiu a Dinamarca, cidade de Niels Bohr?" "Heisenberg era considerado como um membro da Família de Bohr, qual foi o motivo deles terem ficado tão próximos?" "Para você, qual foi o intuito da visita de Heisenberg?".

- 2) Bohr, estando em um país invadido pelos alemães, colaborava secretamente com os EUA. Você, no lugar dele, continuaria colaborando sabendo que o resultado poderia ser uma arma para destruição em massa? Informando os EUA, ele foi um dos responsáveis pelo fato de a bomba ter sido detonada no Japão?
- 3) Heisenberg aceitou trabalhar no projeto Alemão para criação de uma bomba nuclear, um dos fatores foi sua afinidade pela Alemanha. Isso é comum em guerras. Se fosse você, concordaria em trabalhar nesse projeto?

Esse questionário será utilizado pelo *Google Forms* e pode ser acessado pelo link abaixo:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdP2K7ALnbIChs7FA3Gxgi67ebicO\\_Md-d-YqYI\\_nEu7hy7nMw/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdP2K7ALnbIChs7FA3Gxgi67ebicO_Md-d-YqYI_nEu7hy7nMw/viewform)

## **Atividade 5: O uso de uma nova arma desconhecida**

### **OBJETIVO GERAL**

- Compreender como foi criado o Projeto Manhattan, o teste de Trinity, a energia liberada nesse teste, como calculá-la, a postura do novo presidente em lançar a bomba, além do arrependimento do líder do projeto em ter construído a Bomba Atômica.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Quantificar a energia liberada pela bomba no teste de Trinity.
- Posicionar-se sobre a atitude de Truman e de Oppenheimer em relação ao lançamento da bomba atômica.

### **CONTEÚDOS**

- Reação em cadeia na fabricação de armas.
- Posicionamento sobre o lançamento de uma bomba nuclear.

### **RECURSOS DE ENSINO**

- Texto: O presidente Truman e a decisão de lançar a bomba.
- Jogo A.T.O.M.I.C.
- Vídeo: Oppenheimer comentando o uso de armas nucleares.
- Questionários sobre os posicionamentos do lançamento da bomba atômica.
- Google Meet.

### **DINÂMICA DA AULA**

No primeiro momento da aula volta-se à discussão da carta que Albert Einstein enviou para o presidente dos Estados Unidos da América. Posteriormente, os estudantes entram novamente no jogo e vão para a fase do Japão; em seguida, recebem a carta cenário. Essa carta apresenta como os EUA reagiu ao alarme de Heisenberg, na tentativa de desenvolver uma arma nuclear bélica, como foram os trâmites do “Projeto Manhattan”, além de apresentar o teste da bomba que ficou

conhecido como Trinity e, por fim, o falecimento do presidente Roosevelt e a posse do novo presidente, Truman.

Em seguida o docente disponibiliza um vídeo explicando o funcionamento da reação nuclear em cadeia e sobre a grande quantidade de energia liberada em múltiplas fissões nucleares **[MA5(1)]**. Após isso, o docente solicita aos estudantes para abrirem e responderem o relatório 01 - Japão com algumas perguntas, entre elas o cálculo da energia liberada no teste, além do dilema: “O que você faria, ferveria um bebê? ou mataria milhares de pessoas?”. Em seguida o docente disponibiliza um texto e pede aos estudantes para realizarem a leitura. O texto traz o novo Presidente dos EUA, Truman, mostrando a decisão sobre lançar a bomba no pacífico. Esse texto conta com uma estudante questionando a atitude de Truman em sancionar o lançamento da bomba, em vista que a Alemanha, principal protagonista da Segunda Guerra, já tinha se rendido **[MA5(2)]**.

No terceiro momento da aula, os estudantes voltam para o jogo e recebem a carta do problema dessa aula. Essa carta conta com o lançamento da primeira e da segunda bomba lançada no Japão, e não na Alemanha, e após analisam a carta recebida e realizam suas anotações sobre o lançamento da bomba. Essa carta conta ainda com um vídeo de Oppenheimer arrependido sobre a criação da arma que disseminou milhares de pessoas, no seu lançamento.

Por fim, os estudantes respondem algumas perguntas sobre o lançamento das bombas no Japão, sobre a postura de Oppenheimer e sobre a postura de Truman em assinar a concessão do lançamento da bomba em um relatório 02 – Japão **[MA5(3)]**.


Uma reunião no *Google Meet* poderá ser oferecida para esclarecimentos, como complementação do material disponibilizado no Campus Virtual.

#### SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	Retomada da aula anterior sobre o envio da carta de Albert Einstein para o presidente do EUA e a reação do presidente em saber das pesquisas envolvendo fissão nuclear para produção de armas.
<b>Momento 2</b>	Atividade para os estudantes: fazer login no jogo e irem para o Japão; abrirem e realizarem a leitura da carta cenário, nela contém a apresentação do projeto secreto “Manhattan”, o teste de bomba atômica em Trinity e a posse do novo líder Estadunidense.  Atividade para os estudantes: assistirem o vídeo de como é feita a Fissão Nuclear dentro da bomba atômica e a grande quantidade de energia liberada. Os estudantes também responderão uma pergunta no fórum sobre o lançamento da bomba.

<b>Momento 3</b>	<p>Recebimento da carta problema e coleta de acontecimentos contidos nela.</p> <p>O mediador apresenta o vídeo do cientista Oppenheimer arrependido da sua criação, após o teste Trinity e sua percepção sobre o poder de destruição da bomba.</p> <p>Atividades para os estudantes: responder as perguntas sobre o posicionamento do arrependimento de Oppenheimer e a ação do novo presidente Truman em assinar o lançamento da bomba no Japão no <i>Google Formulários</i>.</p>
------------------	--

## MATERIAIS DA ATIVIDADE 5

**MA5(1): Vídeo “Reação em cadeia”** 

**MA5(2): O presidente Truman e a decisão de lançar a bomba**

O presidente Truman, sucessor de Roosevelt, foi o homem que tomou a decisão de realizar o lançamento de duas bombas no Japão, nas cidades de Hiroshima e Nagasaki. Esses lançamentos foram os maiores ataques de destruição em massa em meio a uma guerra. O mundo nunca tinha visto algo tão devastador.

Quando Truman tomou posse como presidente, ele não tinha tanto conhecimento quanto Roosevelt sobre bombas, ao contrário dos membros do governo anterior que detalharam o tão conhecido “Projeto Manhattan”. Os aliados dos EUA estavam vencendo uma guerra no oriente, mas isso poderia durar pouco tempo. Então, quando os aliados souberam da arma secreta dos EUA, tiveram o seguinte pensamento: “se fizermos o lançamento de uma bomba no Japão (seu próximo alvo de invasão), traria uma vitória mais rápida do que ter que continuar com os planos de ocupar o país”.

O discurso público estadunidense se mostrava contra o bombardeio de alvos civis (pessoas idosas, escolas, hospitais, crianças e pessoas não combatentes), o país tinha vários registros de repúdio a esses alvos e somente era permitido atacar alvos militares. O lançamento de uma bomba atômica não iria destruir somente alvos militares, mas também alvos civis. Caso Truman decidisse fazer o lançamento da nova arma iria contradizer a ideologia americana.



Truman quando decidiu aprovar o uso da bomba, partilhou das ideias dos registros citados anteriormente e escreveu: “Eu disse ao secretário de guerra, Senhor Stimson, para usar os bombardeios de tal forma que objetivos militares, soldados e marinheiros sejam o alvo e não mulheres e crianças [...] o alvo é puramente militar”. Por outro lado, o presidente sabia do nível de destruição de sua nova arma e ele também sabia que não acertaria somente alvos militares e sim uma cidade inteira. Truman estava já decidido sobre o que fazer e, em um encontro com seus aliados, ele já havia manifestado sua decisão. Após assinar o decreto que acordava o lançamento sobre o destino de Hiroshima, Truman disse: “Dormi como um bebê”.

Elizabeth Anscombe foi uma estudante de Oxford no período da Segunda Guerra e viveu os passos e as decisões de Truman. Ela era bem religiosa e levava ao pé da letra os ensinamentos da bíblia e de sua religião. Para ela fazer bem para o próximo e ser a favor da vida como prega seu livro sagrado era para ser seguido independentemente da situação.

Truman e Anscombe se encontraram no ano de 1956. A Universidade de Oxford, onde Anscombe estudou, estava planejando dar para Truman um título honroso em agradecimento pelas ações perante a guerra. Anscombe não aceitava aquela menção honrosa, pois, para ela, Truman ao permitir o lançamento da bomba se tornou um assassino, matando milhares de pessoas inocentes e animais que não tinham culpa de morar no Japão naquela época.

Anscombe propôs o seguinte: “O fato de homens escolherem matar um inocente, como um meio para seus fins, é sempre assassino”. Para combater o argumento de que a bomba salvou mais vida do que matou ela publicou: “Convenhamos: se você tivesse que escolher entre ferver um bebê e deixar algum desastre terrível acontecer a mil pessoas – ou a um milhão de pessoas, se um mil não é suficiente – o que você faria?”.

Anscombe usa desse exemplo, já que a bomba com sua onda de calor (energia liberada pela fissão) queimou várias crianças, idosos, pássaros, pessoas que tentaram se salvar em rios e poços sem sucesso. O ponto era que independente de tudo, fazer o mal para evitar outro mal, é errado. Anscombe coloca ainda que, sob qualquer hipótese, tirar a vida de inocentes por questões de idolatria ou simplesmente soberania é errado. Ela levanta uma hipótese interessante com o exemplo sobre ferver

um bebê ou deixar algum desastre acontecer a um grande número de pessoas, ela indaga se não teria uma forma de evitar as duas opções.

Será que o presidente Truman não tinha uma terceira opção? Por exemplo, lançar a bomba em uma área despovoada do Japão somente para mostrar o poder de destruição de suas novas armas e, com isso, fazer com que o Japão se rendesse. Outra alternativa era os EUA anunciarem sua vitória na guerra, tendo em vista que naquela altura a Segunda Guerra já estava praticamente no fim e a Alemanha já tinha se rendido na Europa. Teve realmente a necessidade do lançamento da bomba?

### **MA5(3): Questionários Aula 5 (Via jogo A.T.O.M.I.C ou Google Forms)**

#### **Parte 1:**

- 1) Oppenheimer, quando convidado para liderar o projeto Manhattan, deveria ter aceito o convite ou não? Justifique.
- 2) Nas primeiras horas do dia 6 de julho de 1945 foi realizado o teste da bomba nuclear, conhecida como "Trinity". Nesse teste foram liberados 20 kton na forma de calor. Outro combustível muito comum é o TNT, ele é normalmente utilizado em explosões de rochas, liberando uma energia menor comparado as bombas nucleares. Fazendo uma analogia simples de ordens de grandezas envolvendo a liberação de energia, considere que uma pessoa está se exercitando e sobe uma escada de 10m altura e que essa pessoa tem massa de 70 kg. Diante dessas informações responda as questões a seguir: (Sabe-se que 1 kton (quiloton) equivale a  $4,184 \times 10^9$  J e que 1 kg de TNT equivale a  $4,184 \times 10^6$  J e  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).
  - a) Qual é a quantidade de energia que uma pessoa libera para subir essa escada?
  - b) Se essa mesma pessoa fosse atingida por 1 kg de TNT. Qual a altura que ela seria jogada?
  - c) Agora, se ela fosse atingida por toda energia liberada pela bomba atômica, qual a distância que ela seria arremessada?
- 3) "O que você faria: ferveria um bebê? ou mataria milhares de pessoas?"

## Parte 2:

- 1) Você concorda com a ideia presente no texto "O presidente Truman e a decisão de lançar a bomba"? Pergunto novamente após a leitura do texto: "O que você faria: ferveria um bebê? ou mataria milhares de pessoas?" Justifique e mostre a relação entre a bomba e essa pergunta.
- 2) No texto "O presidente Truman e a decisão de lançar a bomba" vimos que Truman, depois de assumir o comando dos EUA, decreta o lançamento da nova arma nuclear. Imagine agora que você está na posição dele e viu o teste de Trinity. Você teria coragem de admitir o lançamento da bomba? Disserte sobre.
- 3) Após o primeiro teste da bomba, conhecido como "Trinity", Oppenheimer observou que a quantidade de energia liberada na explosão era muito grande. Com isso, ele ficou em dúvida sobre o lançamento da bomba. Se você estivesse no lugar de Oppenheimer, você ficaria em dúvida em utilizar a bomba? Por quê?
- 4) Oppenheimer foi contra o lançamento da bomba, devido ao seu alto poder de destruição. Você também se arrependeria de ter contribuído para a criação de uma arma inédita para ser utilizada em uma guerra?
- 5) **(UNICAMP - 2017)** Era o dia 6 de agosto de 1945. O avião B-29, Enola Gay, comandado pelo coronel Paul Tibbets, sobrevoou Hiroshima a 9.448 metros de altitude e, quando os ponteiros do relógio indicaram 8h16, bombardeou-a com uma bomba de fissão nuclear de urânio, com 3 m de comprimento e 71,1 centímetros de diâmetro e 4,4 toneladas de peso. A bomba foi detonada a 576 metros do solo. Um colossal cogumelo de fumaça envolveu a região. Corpos carbonizados jaziam por toda parte. Atônitos, sobreviventes vagavam pelos escombros à procura de comida, água e abrigo. Seus corpos estavam dilacerados, queimados, mutilados. Cerca de 40 minutos após a explosão, caiu uma chuva radioativa. Muitos se banharam e beberam dessa água. Seus destinos foram selados.

(Adaptado de Sidnei J. Munhoz, "O pior dos fins". Revista de História da Biblioteca Nacional, maio 2015. Disponível em <http://www.revistadehistoria.com.br/secao/capa/o-pior-dos-fins>. Acessado em 23/08/2016.)

A explosão da bomba mencionada no texto:

- a) Ocorre a partir da desintegração espontânea do núcleo de urânio enriquecido em núcleos mais leves, liberando uma enorme quantidade de energia. Esse bombardeio significou o início da corrida armamentista entre EUA e União Soviética.
- b) Ocorre devido à desintegração do núcleo de urânio em núcleos mais leves, a partir do bombardeamento com nêutrons, liberando uma enorme quantidade de energia. Esse ataque é considerado um símbolo do final da II Guerra Mundial.
- c) Ocorre a partir da combinação de núcleos de urânio enriquecido com nêutrons, formando núcleos mais pesados e liberando uma enorme quantidade de energia. Esse bombardeio foi uma resposta aos ataques do Japão a Pearl Harbor.
- d) Ocorre devido à desintegração do núcleo de urânio em núcleos mais leves, a partir do bombardeamento com nêutrons, liberando uma enorme quantidade de energia. Esse ataque causou perplexidade por ser desferido contra um país que havia permanecido neutro na II Guerra Mundial.

Esses questionários serão utilizados pelo *Google Forms* e podem ser acessados pelos links abaixo:

**Parte 1:**

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdZykm6WMwf4IYkoToCcTGqCj--798NyTzQxKgKVRDJzTv\\_hQ/closedform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdZykm6WMwf4IYkoToCcTGqCj--798NyTzQxKgKVRDJzTv_hQ/closedform)

**Parte 2:**

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe4i2NiVLZSA-7sqbSzMJpjdAn7E2DDUkpUg5bUdospJsrrkA/viewform>

## Atividade 6: Destino da Física Nuclear no Brasil

### OBJETIVO GERAL

- Elaborar e emitir o parecer, com base nas informações colhidas nas aulas anteriores, sobre se é desejável que todos os países do mundo possuam armas nucleares e dominem o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento e entender as vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer as vantagens da energia nuclear.
- Decidir por meio de um parecer o futuro da Física Nuclear no Brasil.

### CONTEÚDOS

- Posicionamento perante o uso de armas nucleares.

### RECURSOS DE ENSINO

- Computador e/ou celular com acesso à internet.
- Jogo A.T.O.M.I.C.
- Questionário para os estudantes responderem sobre a visão final de serem a favor ou contra a utilização da Física Nuclear para criação de armas.

### DINÂMICA DA AULA

O jogo chegou ao final, está na hora de retornarmos ao Brasil. Ir para próxima fase do game “*O futuro da pesquisa nuclear no Brasil*”; chegando em sua sala em Brasília agentes do governo deixaram uma matéria sobre a utilização da energia nuclear, bem como suas vantagens e desvantagens, para que você tenha mais uma informação para emitir seu parecer final, ela está disponível a seguir. Antes de realizar a leitura, o professor pergunta para os estudantes se podemos utilizar a Fissão Nuclear para trazer algum benefício, em seguida pede aos estudantes para realizarem uma pesquisa sobre o tema e a leitura do texto fornecido **[MA6(1)]**.

Por fim, o professor solicita o relatório final dentro do game para que os alunos expressem sua posição se é **desejável que todos os países do mundo devam**

**possuir armas nucleares e dominar o seu processo de fabricação, além de seu conhecimento.** Ou seja, se os países do mundo, incluindo o Brasil, devem dominar o conhecimento e a produção de armas nucleares, ou se esse conhecimento deve ficar somente nas mãos de alguns países ou, ainda, se nenhum país deveria ter esse conhecimento. Além da utilização dos conceitos de Física Nuclear para serem aproveitados de uma forma benéfica para a sociedade e, por fim, se a ciência tem influências políticas e sociais.

Nesse relatório final, os estudantes também apresentarão o resultado de sua pesquisa envolvendo a utilização da energia nuclear **[MA6(2)]**.

Com as respostas dos estudantes em mãos, o professor decreta se o Brasil continuará ou não no TNP e encerra o jogo.

Uma reunião no *Google Meet* poderá ser oferecida para esclarecimentos, como complementação do material disponibilizado no Campus Virtual.

#### SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	Início da última fase do jogo e retorno ao Brasil para emissão do parecer sobre o desenvolvimento da Física Nuclear no país e sobre a produção de armas.
<b>Momento 2</b>	Atividades para os estudantes: leitura do texto “vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear”. *Essa atividade tem como objetivo mostrar aos estudantes que a energia nuclear também tem um lado de uso benéfico.  Atividade de pesquisa sobre a utilização da energia nuclear em nossa sociedade.
<b>Momento 3</b>	Atividade final para os estudantes: resposta do relatório final com as informações coletadas sobre a energia nuclear, vantagens e desvantagens e sua utilização, permanência no TNP e desfecho do jogo A.T.O.M.I.C.

### **MA6(1): Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear**

A energia Nuclear e a sua possibilidade de utilização, que possui elevados riscos, mas em contrapartida também possui benefícios para a sociedade, conheça as vantagens e desvantagens na utilização da energia nuclear.

A questão está sendo discutida em vários níveis das autoridades dos países, tanto em nível interno quanto em nível externo.

A Energia Nuclear é vista como uma possível alternativa ao alto consumo e dependência externa do petróleo, mas como todas as outras energias teremos de fazer um balanço das suas vantagens e desvantagens.

#### **O que é a Energia Nuclear**

A energia nuclear está no núcleo dos átomos, nas forças que mantêm unidos os seus componentes – as partículas subatômicas. Estas são libertadas sob a forma de calor e energia eletromagnética pelas reações nucleares.

Esta energia está na instabilidade dos elementos químicos. O urânio, principalmente, mas também pode ser do tório e do plutônio, se bem que nos principais casos é do urânio.

Existem dois tipos de recursos energéticos utilizados para produzir energia nuclear, o urânio e o tório, dois minérios radioativos, embora seja o urânio o mais utilizado e conhecido, devido as reservas de urânio serem abundantes, o que não se põe em causa o seu esgotamento a curto – médio prazo.

O urânio é utilizado como combustível nos reatores nucleares, sob a forma de óxido, de liga metálica ou, ainda, de carboneto.

Certos reatores utilizam o urânio natural, mas a grande maioria, como o caso dos reatores moderados e arrefecidos com água normal, que equipam mais de dois terços das centrais nucleares usam como combustível, o urânio enriquecido.

O urânio é um elemento químico de símbolo U e de massa igual a 238 (92 prótons e 146 nêutrons). O urânio quando está à temperatura ambiente encontra-se no estado sólido; este foi o primeiro elemento onde se descobriu a propriedade da radioatividade, foi descoberto em 1978.

## Localização das centrais nucleares na Europa



### Vantagens da Energia Nuclear

A energia nuclear é uma energia não renovável, que como todas as outras tem as suas vantagens e desvantagens.

#### Principais vantagens da energia nuclear

- É um combustível mais barato que muitos outros como, por exemplo, o petróleo; o consumo e a procura pelo petróleo fez com que o seu preço disparasse, fazendo assim com que o urânio se tornasse, comparativamente com o petróleo, um recurso de baixo custo.
- É uma fonte concentrada na geração de energia, um pequeno pedaço de urânio pode abastecer uma cidade inteira, fazendo assim com que não sejam necessários grandes investimentos no recurso.
- Não causa nenhum efeito de estufa ou chuvas ácidas.
- É fácil de transportar como novo combustível.
- Tem uma base científica extensiva para todo o ciclo.
- É uma fonte de energia segura, visto que até a data só existiram dois acidentes mortais.
- Permite reduzir o déficit comercial.
- Permite aumentar a competitividade.



## **Desvantagens da Energia Nuclear**

Apesar das suas vantagens, esta energia também tem as suas desvantagens.

- Ser uma energia não renovável, como referido anteriormente, torna-se uma das desvantagens, visto que o recurso utilizado para produzir este tipo de energia se esgotará futuramente.
- As elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causam a poluição térmica, pois esta é lançada nos rios e nas ribeiras, destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas mesmas.
- O risco de acidente, visto que qualquer falha humana, ou técnica poderá causar uma catástrofe sem retorno, mas atualmente já existem sistemas de segurança bastante elevados, de modo a tentar minimizar e evitar que estas falhas existam, quer por parte humana quer por parte técnica.
- A formação de resíduos nucleares perigosos e a emissão causal de radiações causam a poluição radioativa, os resíduos são um dos principais inconvenientes desta energia, visto que atualmente não existem planos para estes resíduos, quer de baixo ou alto nível de radioatividade, estes podem ter uma vida até 300 anos após serem produzidos podendo assim prejudicar as gerações vindouras.
- Pode ser utilizada para fins bélicos, para a construção de armas nucleares; esta foi uma das primeiras utilizações da energia nuclear, os fins bélicos são a grande preocupação a nível mundial, porque projetos nucleares como o do Irã ameaçam a estabilidade económica e social.
- Ser uma energia cara, visto que tanto o investimento inicial como, posteriormente, a manutenção das energias nucleares são de elevados custos, até mesmo o recurso minério, visto que existem países que não o possuem ou não em grande abundância, tendo assim que comprar a países externos.
- O plutónio 239 leva 24.000 anos para ter sua radioatividade reduzida à metade, e cerca de 50.000 anos para tornar-se inócuo.
- Os seus efeitos, visto que na existência de um acidente as consequências deste irá fazer-se sentir durante vários anos, visto que a radioatividade continuará a ser libertada durante vários anos.

## **Contribuições de um texto teatral histórico para o estudo da Física Nuclear no Ensino Médio (Parte da Dissertação de Samantha Lemos)**

“Para um aluno, desenvolver suas próprias opiniões sobre o assunto, sem tê-las moldadas pela mídia. Partiria dele desenvolver seus julgamentos, ao saber que a Física Nuclear não resume suas aplicações à produção de energia e armas. Para isso, as aulas precisam evidenciar a utilização e importância dela em outras áreas.

Ao utilizar uma abordagem que evidencia o grande campo de aplicações, não se restringindo aos mais conhecidos e controversos, pode-se auxiliar na conscientização e compreensão por parte dos alunos. Com isso, a população poderia adquirir uma melhor compreensão sobre o tema, evitando as armadilhas de posturas tendenciosas. Essa mudança na forma de se ensinar poderia evitar futuros acidentes, como o que ocorreu em Goiânia com Césio-137 em 1987. O conhecimento da população sobre riscos de contaminação evitaria que quando um material radioativo fosse encontrado, este tivesse sido distribuído pelo bairro. Este conhecimento faria com que a população soubesse a quem chamar nesse caso, mantendo este material perigoso longe das mãos de crianças e provavelmente não o levando para casa.

O conhecimento sobre Física nuclear, por parte da população, também pode contribuir para a compreensão das usinas nucleares no Brasil, que existem. Apesar de não serem a principal fonte de energia elétrica, acabam sendo uma opção viável nos períodos de seca, já que as usinas hidrelétricas que o Brasil possui não são suficientes para suprir toda a necessidade do país, atualmente. Isso faz com que ainda sejam utilizadas usinas termelétricas, que são extremamente poluentes, pela liberação de gases na queima de combustíveis fósseis. Isso nos mostra que apesar de atualmente as usinas nucleares terem pouca relevância, comparativamente, na matriz energética brasileira, trata-se de uma alternativa viável levando em conta o impacto ambiental provocado, além dos gastos para a construção, produção e distribuição da energia elétrica.

O conhecimento sobre a Física Nuclear também poderia mostrar, para a população, que esse segmento da Física não é usado apenas em coisas prejudiciais à saúde. A seguir citamos alguns exemplos de aplicações, que a maior parte da população brasileira desconhece, já que estas, não ganham destaque nas mídias, entretanto essas são muito mais comuns no dia a dia do que um vazamento ou uma bomba atômica. Uma das aplicações mais comuns e que de fato chega a maior parte

da população é o fato de que em alguns alimentos temperados, dentre eles macarrões instantâneos e biscoitos, os temperos são irradiados para evitar o desenvolvimento de fungos após estes serem embalados. Vários são os estudos para colocar no mercado carnes irradiadas, na intenção de aumentar a vida útil da carne que será consumida, ao inibir o crescimento microbiano, podendo assim interferir no valor do produto comercializado. Os alimentos passam em uma esteira e recebem radiação, matando assim bactérias, fungos, micróbios e pestes. Os elementos mais utilizados para esse processo são: cobalto e césio.

Porém, quando falamos da presença da Física Nuclear para o controle de pragas, não necessariamente será exposto os alimentos, mas também são utilizadas para rastrear as chamadas pragas, como ratos, alguns insetos e animais peçonhentos de forma a encontrar seus ninhos e exterminá-los. E essa função não necessariamente se resume às plantações, qualquer lugar com infestação pode ser submetido a esse tipo de dedetização. O chamado rastreamento é feito colocando material radioativo em um “chamariz” para pragas, geralmente um possível alimento, que ao ser ingerido permite segui-lo por onde ele passa.

Na medicina, suas aplicações vão desde detecção de fraturas, ou outros problemas de saúde, feito por meio de aparelhos, a tratamentos para doenças. Um dos exemplos mais comuns é no tratamento para o câncer, sendo este mais efetivo e localizado que a quimioterapia, a chamada radioterapia.

Obviamente que além de mostrar suas diversas aplicações, como professores, é necessário avisar e ensinar os alunos sobre os possíveis acidentes causados pela utilização da Física Nuclear e suas respectivas consequências. Ao analisarmos os trabalhos já existentes na área como o de Souza e Cunha (2018), Sorpreso, Silva, Lima e Londero (2017) que fazem propostas interessantes e enriquecedoras para serem aplicadas nas salas de aula. Percebemos que são raras as exceções que abordam ou comentam das aplicações menos conhecidas, mantendo um foco principal nos armamentos bélicos ou na produção de energia. Essas aplicações, devido a todo o contexto social em que estão envolvidas, possibilitam evidenciar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade com maior facilidade, por isso uma abordagem baseada nessa relação acaba por se tornar interessante, dependendo dos objetivos pretendidos com o trabalho.

**MA6(2): Questionário Aula 6 (Via jogo A.T.O.M.I.C ou *Google Forms*)**

- 1) Apresente aqui os argumentos das "Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear". Qual sua opinião na utilização desse tipo de energia? Você recomendaria a sua utilização?
- 2) Você, como membro do governo brasileiro, acha justo que todos devem possuir armas nucleares, além de dominar o seu processo de fabricação? Ou seja, se os países do mundo, incluindo o Brasil, devem dominar o conhecimento e a produção de armas nucleares, ou se esse conhecimento deve ficar somente nas mãos de alguns países ou, ainda, se nenhum país deveria ter esse conhecimento. Explique.
- 3) Por fim, qual a sua recomendação para o governo brasileiro depois dessa aventura no processo da primeira bomba nuclear? Devemos investir em produção de armas nucleares, na energia nuclear ou em nenhuma das duas opções? O governo deve continuar no Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) ou não?

Esse relatório está presente dentro do jogo e também pelo *Google Forms* e pode ser acessado pelo link abaixo:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScvn5jAHwiiq-TNCEmXDBkyWKgUcAh2D9NDnMwm0FiW5Tuvlg/viewform>

## **Atividade 7: Sistematização das aulas e avaliação da sequência**

### **OBJETIVO GERAL**

- Sistematizar e discutir as aulas anteriores fazendo uma autoavaliação no decorrer das atividades propostas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Debater sobre os temas das aulas anteriores com base nos conteúdos trabalhados aula a aula.
- Autoavaliar a postura e o comprometimento nos encontros anteriores.
- Realizar uma avaliação da sequência trabalhada.
- Definir HFC e CTSA como problematização da história com situações atuais.

### **CONTEÚDOS**

- Atitudinais: falar para um público no Google meet.
- Atitudinais: argumentação e respeito de opiniões.
- História e Filosofia da Ciência (HFC).
- Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

### **RECURSOS DE ENSINO**

- Computador e/ou celular com acesso à internet.
- Google Meet e Google Formulários.

### **DINÂMICA DA AULA**

Esse encontro é o momento de os estudantes expressarem suas opiniões, sugestões e críticas sobre a sequência de aulas que foi desenvolvida e sobre a participação deles nesse processo. É recomendado que o professor direcione a conversa para os assuntos abordados nas atividades anteriores, mas que também escute seus estudantes e faça perguntas apenas para dar continuidade à fala dos discentes.

Esta sequência didática busca contribuir com a educação em ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA) com base em estudos de história e

filosofia da ciência (HFC), para promover debates envolvendo ética e ciências, com foco em questões de relevância social, como a produção de armas nucleares.

No início da aula o professor explica de forma breve para os estudantes, o que é e qual a importância destas duas áreas de pesquisa em ensino de ciências que nortearam esta proposta educacional. Os estudos de HFC buscam promover um entendimento histórico e filosófico sobre assuntos científicos, considerando aspectos sociais e culturais, além de refletir sobre o “fazer ciência”. Assuntos abstratos das “ciências exatas” podem se tornar atraentes conhecendo o seu contexto histórico.

A educação CTSA busca enfatizar questões de impacto social como política, saúde, cultura, ética e sua relação com a ciência e tecnologia, principalmente aquelas ligadas a valores, as que têm uma característica de suscitar discussões sobre ética, de forma a promover ações em direção a maior justiça social e sustentabilidade ambiental.

Após a conversa sobre a sequência, HFC e CTSA, o docente disponibiliza o questionário de autoavaliação e de avaliação da pesquisa [MA7(1)]. Esse questionário tem como objetivo colher sugestões e críticas sobre todos os pontos da execução, para que possa ser melhorado em aplicações futuras e também fazer com que o estudante reflita sobre a sua participação e comprometimento durante o desenvolvimento das aulas.

Por fim, o professor agradece aos estudantes pela participação nas aulas e informa que quando os dados forem analisados e publicados, informará a todos sobre os resultados obtidos.

### SÍNTESE DOS MOMENTOS

<b>Momento 1</b>	Conversa e sistematização das atividades anteriores, além dos estudantes darem suas contribuições: críticas, sugestões e tirar suas dúvidas no decorrer das atividades.
<b>Momento 2</b>	Introdução do professor sobre os temas HFC e CTSA, explicando o que é e a importância de utilizá-las no ensino de maneira conjunta, além de informar que nesse trabalho essa unificação será por meio de um jogo didático e de teorias filosóficas morais.
<b>Momento 3</b>	Autoavaliação por parte dos estudantes na participação das atividades e avaliação das atividades. Agradecimento por parte do professor aos estudantes, pela participação nas atividades.

<b>MATERIAIS DA ATIVIDADE 7</b>
---------------------------------

**MA7(1): Autoavaliação e avaliação das aulas**

O questionário de avaliação da sequência e de autoavaliação pode ser acessado pelo link abaixo:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfzJXvfliGBEC9kXRkVpfdB0TZ8vIMriVOM5pnfYJANyAU3Q/viewform>







## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que conseguimos alcançar o objetivo geral deste produto, promovendo reflexões tanto para professores quanto para alunos da educação básica. Os objetivos de ensino de cada aula também foram alcançados em uma intervenção com 9 estudantes em dezembro de 2020 e janeiro de 2021.

Para mim, professor e pesquisador da educação básica, a elaboração e a intervenção utilizando este produto educacional foi de grande contribuição profissional e pessoal. Ele me fez refletir sobre o atual ensino de física praticado nas escolas, buscando uma nova visão em relação a assuntos factuais e de extrema relevância para formação de um cidadão como, por exemplo, o tema proposto nesse material, promovendo uma contextualização e uma formação de argumentos sobre assuntos atuais, na qual muitas vezes ficam negligenciados devido ao cronograma tradicional, voltados para repetição de conceitos e de equações matemáticas.

Um ponto positivo deste material foi a validação com futuros professores de Física, na qual estes fizeram comentários positivos em relação ao conteúdo, tempo de aplicação e conceitos trabalhados e também em relação ao uso de um jogo, que traz um tema atual e junto de uma rica parte histórica.

Outro ponto positivo, encontrado na utilização deste produto educacional, foi a melhoria da qualidade da argumentação dos estudantes. Nos primeiros encontros os estudantes tiveram uma posição mais passiva nos debates, mas no fim das últimas aulas e da sequência se tornaram mais ativos. Uma estratégia que parece ter funcionado foi tentar colocar o estudante para atuar como um personagem para tomar uma decisão. O jogo conta com três episódios da história da física: Uma carta secreta para o presidente, um encontro misterioso em Copenhague e o uso de uma nova arma desconhecida. Encontramos uma limitação em nossa proposta, visto que os estudantes muitas vezes já conhecem o desfecho da Segunda Guerra Mundial e dos acontecimentos propostos, consideramos como um ponto negativo, tendo em vista

que muitas vezes seus posicionamentos poderão ser influenciados por esse conhecimento prévio. Então, mesmo se colocando contra o lançamento da bomba, eles conseguem prever que ela será detonada, devido a esse fato ter acontecido na realidade.

Outro fator negativo que foi encontrado na elaboração e na execução desse material foi devido a pandemia de COVID 19 ter causado a necessidade de se fechar as instituições de ensino. Com isso, tivemos que nos adequar ao ensino remoto ou não presencial. Esse fato fez com que tivéssemos que mudar o jogo, que inicialmente seria de tabuleiro, para um jogo de computador, o que dificultou a ludicidade e também a parte pedagógica.

Pretendemos, em futuras oportunidades, ampliar as visões do jogo, melhorando sua jogabilidade, sua ludicidade e também seu caráter pedagógico, alterando também os planos de aula.

Por fim, salientamos que o jogo pode ser adaptado para ser levado para qualquer ano do ensino médio e também para o final do ensino fundamental II. Ele permite trabalhar os acontecimentos de maneira não dependente, ficando a critério do professor definir qual fase trabalhar primeiro e em qual ano de ensino.

Desejamos que utilizem o material e contamos com sugestões de melhoria.

Boa sorte e bom divertimento!

***Phelipe Góis e Alexandre Bagdonas***

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LEMOS, S. S. **CONTRIBUIÇÕES DE UM TEXTO TEATRAL HISTÓRICO PARA O ESTUDO DA FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Departamento de Ciências Exatas (DEX), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

RACHELS, James. RACHELS, Stuart. **Os elementos da filosofia moral**, 7ª ed, AMGH Editora Ltda, Porto Alegre, 2013.

REIS, Pedro. **Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear**. 4 de abril de 2011. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-utilizacao-da-energia-nuclear/>> acesso em 18 de agosto de 2020.

VEJA. **Irã sai do Tratado de Não-Proliferação Nuclear se for sancionado pela ONU**. Revista Veja online, Grupo Abril, São Paulo, 20 de janeiro de 2020. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/mundo/ira-sai-do-tratado-de-nao-proliferacao-nuclear-se-for-sancionado-pela-onu/#:~:text=O%20TNP%20entrou%20em%20vigor,Reino%20Unido%20e%20Estados%20Unidos.>> acesso em: 11 de agosto de 2020.



---

## **A RESPEITO DOS AUTORES**

### **Phelipe Góis**

Mestre (2019-2022) em Ensino de Ciências e Educação Matemática, com ênfase em Ensino de Física pela Universidade Federal de Lavras. Licenciado (2018) em Física pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) Campus Bambuí. Trabalhou em projetos envolvendo Ensino de Física e Tics, PIBID, PIBEX. Tem experiência em jogos didáticos, ética no ensino de ciências, história e filosofia da ciência (HFC) na educação básica e em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), principalmente com o tema de física nuclear. Também foi tutor da disciplina Física para cursos integrados ao ensino médio e ensino superior no IFMG, além de professor designado do Estado de Minas Gerais. Hoje atua como professor de Física e Matemática do Sistema Diamante de Ensino Eirelli - ME, unidade Carmo da Mata - MG.

### **Alexandre Bagdonas**

Doutor (2011- 2015) e mestre (2009-2011) em Ensino de Física pela Universidade de São Paulo. Licenciado (2008-2011) e Bacharel (2004-2007) em Física também pela USP. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Lavras, atuando no curso de Licenciatura em Física e no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Atuou como coordenador de área da Física no PIBID e Residência Pedagógica. Principais interesses de pesquisa são ensino de física e uso da história e filosofia da ciência na educação científica, atuando principalmente nos seguintes temas: história, filosofia e sociologia da ciência no ensino de física, ensino de cosmologia e física moderna e contemporânea, história da cosmologia no século XX. Atua como membro do grupo de Teoria e História dos Conhecimento (TeHCO), liderado pelo professor Ivã Gurgel, na USP.





