



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS HUMANAS,
SOCIAIS E DA NATUREZA - PPGEN**

JOÃO VITOR FAGUNDES

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ENSINANDO ENERGIA NUCLEAR RADIOATIVA POR
MEIO DE FILMES E HISTÓRIAS EM QUADRINHOS**

PRODUTO EDUCACIONAL

LONDRINA – PR

2019

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS HUMANAS,
SOCIAIS E DA NATUREZA - PPGEN**

JOÃO VITOR FAGUNDES

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA - ENSINANDO ENERGIA NUCLEAR RADIOATIVA POR
MEIO DE FILMES E HISTÓRIAS EM QUADRINHOS**

Produto educacional apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Londrina. Área de Concentração: Ciências da Natureza.
Orientadora: Profa. Dra. Kátya Regina de Freitas Zara.
Coorientadora: Profa. Dra. Marilu Martens Oliveira.

LONDRINA – PR

2019

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ENSINANDO ENERGIA NUCLEAR RADIOATIVA POR MEIO DE FILMES E HISTÓRIAS EM QUADRINHOS.....	6
3 REFERÊNCIAS	14
APÊNDICE	15
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NA SD	16
ANEXOS	24
ANEXO A – SEGMENTO DA HQ <i>TRINITY</i> (FETTER-VORM, 2013) – PARTICIPAÇÃO DE EINSTEIN NA ELABORAÇÃO DA CARTA A SER ENVIADA PARA O PRESIDENTE NORTE AMERICANO ROOSEVELT	25
ANEXO B – SEGMENTO DA HQ <i>TRINITY</i> (FETTER-VORM, 2013) – PRESENÇA DE OPPENHEIMER NO PROJETO MANHATTAN	26
ANEXO C – SEGMENTO DA HQ <i>TRINITY</i> (FETTER-VORM, 2013) – REPRESENTAÇÃO DE TRABALHADORES QUE NÃO SABIAM O REAL OBJETIVO DO PROJETO	27
ANEXO D – SEGMENTO DA HQ <i>TRINITY</i> (FETTER-VORM, 2013) – MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA NUCLEAR <i>LITTLE BOY</i>	28
ANEXO E – SEGMENTO DA HQ <i>TRINITY</i> (FETTER-VORM, 2013) – MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA NUCLEAR <i>FAT MAN</i>	29

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores obstáculos encontrados por professores de Ciências, em especial os que trabalham com a disciplina de Química, é superar o alto grau de abstração presente nos conceitos lecionados. Por isso a dificuldade em transpor esses conteúdos para o nível macroscópico do cotidiano interfere diretamente na compreensão sobre a influência da Ciência nas relações políticas, pessoais, ambientais e culturais.

Esse problema torna-se nítido quando são trabalhados os conceitos envolvendo o tema *Energia Nuclear Radioativa* (ENR). A considerável periculosidade nos experimentos, envolvendo o assunto, somada à necessidade de uma estrutura laboratorial raramente encontrada em instituições de ensino e/ou pesquisa, torna inviável a elaboração de aulas práticas. Diante deste fato, os recursos audiovisuais podem se tornar grandes aliados na busca de alternativas metodológicas que permitam promover um Ensino de Química (EQ) o qual proporcione a formação de um estudante capaz de interpretar o mundo de forma crítica, intervindo na realidade em que vive.

Inúmeros pesquisadores, como Vergueiro (2006), Napolitano (2002) e Duarte (2002) mostram que a utilização desses instrumentos no ambiente escolar pode acrescentar às aulas um grande poder de contextualização aos temas trabalhados, rompendo as barreiras existentes entre os muros da escola e o cotidiano dos alunos. Tais considerações vão ao encontro do proposto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (1999, p. 77), ao afirmar que o EQ deve possibilitar ao estudante “[...] a compreensão tanto de processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas”.

Diante deste fato, foi elaborada a sequência didática (SD) *Ensinando Energia Nuclear Radioativa por meio de filmes e histórias em quadrinhos*, estruturada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov (2003), cujo objetivo geral é proporcionar um Ensino de Química, mais especificamente o tema ENR, de forma crítica e contextualizada. Para isso, foram utilizados o filme *Gen: pés descalços* (MORI MASAKI, 1983) e a HQ *Trinity* (FETTER-VORM, 2013), que representam as visões oriental e ocidental, respectivamente, sobre a presença da ciência na Segunda Guerra Mundial, que culminou no Holocausto Nuclear.

O primeiro momento, denominado Problematização Inicial (PI), traz como principal característica a compreensão da posição dos alunos frente às questões abordadas durante a aula. Neste momento, a partir de questionamentos que podem ser direcionados a pequenos grupos e, posteriormente, ampliado para todos os alunos; o professor tem a missão de problematizar os

conhecimentos prévios dos estudantes, que nortearão a forma como o conteúdo será abordado. É importante que, durante a PI, o discente sinta a necessidade de buscar novos conhecimentos que o levem a compreender melhor o assunto que será discutido.

A Organização do Conhecimento (OC), é o segundo momento onde se trabalha sistematicamente os conceitos necessários para compreender as situações expostas na PI. Neste momento, diversas atividades são aplicadas com o intuito de exercer função formativa na apropriação de conhecimentos específicos (DELIZOICOV, 2001).

No terceiro momento pedagógico ocorre a Aplicação do Conhecimento (AC), onde os novos conhecimentos adquiridos durante a OC são então direcionados à problemática inicial. Todavia, é importante destacar que este momento não se limita apenas à resolução dos problemas propostos inicialmente, busca-se capacitar o aluno a aplicar estes novos saberes em outras situações reais que, embora não estejam relacionadas aos motivos iniciais, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV, 2001).

Destaca-se que a SD compõe o produto educacional estabelecido pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza (PPGEN), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina (UTFPR – Ld). Sua elaboração seguiu os critérios Elaboração-Aplicação-Reelaboração (EAR) de validações para SD, sugeridos por Giordan e Guimarães (2012) como instrumento capaz de sistematizar e avaliar os elementos que compõem a SD.

A aplicação da SD contou com a participação de 10 alunos do primeiro ano do curso de Eletrotécnica Integrado ao Ensino Médio, no Instituto Federal do Paraná (IFPR), Câmpus Ivaiporã. Durante o processo de validação foi possível observar a existência de barreiras no processo de construção do conhecimento dos discentes, denominados obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996).

Dessa forma, ao trabalhar o presente produto educacional no Ensino Médio, orienta-se que o docente fique atento às possíveis generalizações cometidas pelos estudantes (obstáculo das generalizações), provenientes, muitas vezes, de conhecimentos prévios equivocados (obstáculo das observações primeiras). Além disso, é possível que os discentes atribuam características vitais às radiações estudadas (obstáculo animista), utilizando termos como “fortes” e “perigosas” a elas.

A seguir, as aulas que compõem a SD – Ensinando Energia Nuclear Radioativa por meio de filmes e histórias em quadrinhos.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ENSINANDO ENERGIA NUCLEAR RADIOATIVA POR MEIO DE FILMES E HISTÓRIAS EM QUADRINHOS

AULA 01

Tema: projeto Manhattan e o ataque nuclear a Hiroshima e Nagasaki

Conteúdo: radioatividade e radiação

Duração: 1 aula (45 minutos)

Objetivo geral: abordagem histórica da evolução científica e tecnológica no uso da radioatividade e radiação

Objetivos específicos:

- conhecer as percepções prévias dos alunos acerca dos conceitos envolvendo radioatividade e radiação;
- apresentar a evolução dos estudos envolvendo radioatividade e radiação;
- entender a importância da radioatividade na evolução científica e tecnológica;
- dialogar os motivos históricos que levaram à criação do Projeto Manhattan;
- apresentar a visão ocidental sobre os ataques nucleares a Hiroshima e Nagasaki;
- identificar os principais obstáculos epistemológicos associados a este conteúdo.

Desenvolvimento da aula

A primeira aula tem o intuito de propor a PI do assunto radioatividade e radiação. Para isso, o professor pode usar o questionário, que consta no APÊNDICE A, desta SD, para visando mensurar as percepções dos estudantes a respeito da influência da Ciência e do desenvolvimento tecnológico em determinados momentos históricos, como as guerras mundiais, nas quais foram utilizados os conceitos de radioatividade e radiação.

Após 10 minutos, o professor deve recolher o questionário, para posteriormente analisar as respostas, visando identificar as opiniões e os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do tema radioatividade e radiação.

Sugere-se que o docente faça um debate do estudo de caso com a turma, para que os alunos tenham a oportunidade de expor suas respostas e percepções que tiveram sobre as perguntas e os temas abordados no questionário. Estimam-se aproximadamente 25 minutos para esse momento de discussão. Sugere-se que o professor grave em áudio o momento de interação entre os estudantes-estudantes e estudantes-docente, para análise posterior.

Depois do debate, o docente pode apresentar, por meio de uma aula expositiva e dialogada, a participação e a influência dos cientistas na produção das primeiras bombas

nucleares da história da humanidade, demonstrando que a Ciência não apresenta neutralidade em suas ações. Para isso, sugere-se o uso de todo o conteúdo do artigo “*Hiroshima e Nagasaki: razões para experimentar a nova arma*” de Ronaldo Rogério de Freitas Mourão, publicado na Revista Scientiæ Zudia no volume 3, número 4, páginas 683-710, publicado no ano de 2005, disponível no link <http://www.scielo.br/pdf/ss/v3n4/a10v3n4.pdf>. O artigo aborda a história da construção das bombas *Little Boy* e *Fat Man*, utilizadas no holocausto nuclear em Hiroshima e Nagasaki. Ainda pode ser utilizado como recurso visual, segmentos da HQ *Trinity*, de Jonathan Fetter-Vorm (2013), para ilustrar algumas passagens históricas importantes no processo de construção das primeiras bombas nucleares.

Caso a escola não permita o uso de *smartphone* ou tenha condições de fornecer o material impresso, o segmento da HQ pode ser projetado com auxílio do *Datashow*. O ANEXO A, desta SD, apresenta o segmento da HQ *Trinity* (Fetter-Vorm, 2013) referente a participação de Einstein na elaboração da carta a ser enviada para o presidente norte americano Roosevelt. Ela explica a preocupação de alguns cientistas em relação as pesquisas alemãs sobre a possibilidade de uma fissão nuclear, demonstrando a participação de Albert Einstein na elaboração de uma carta que seria enviada para o presidente norte americano, alertando-o a respeito do perigo do Terceiro Reich utilizar tal descoberta para fins bélicos.

O ANEXO B, desta SD, apresenta o segmento da HQ *Trinity* (Fetter-Vorm, 2013) referente a participação do físico Oppenheimer, como a mente brilhante por trás do projeto Manhattan, responsável pela construção das primeiras bombas nucleares. A imagem representa o cientista alertando que um trabalho de tamanha magnitude deveria ser realizado em local isolado.

O ANEXO C, desta SD, apresenta o segmento da HQ *Trinity* (Fetter-Vorm, 2013) apresenta os trabalhadores que não sabiam o real objetivo do projeto Manhattan, representa o alto grau de sigilo. Neste momento, o professor deve enfatizar o temor dos americanos com relação à presença de espiões nas instalações que sediavam os trabalhos.

Após discutir com os alunos sobre a história do projeto Manhattan, o professor pode mostrar o segmento da HQ *Trinity* (Fetter-Vorm, 2013), que consta no ANEXO E, desta SD, para explicar o mecanismo de funcionamento das bombas nucleares, principalmente da conhecida como *Little Boy*. Deve ser enfatizado que a presença dos principais cientistas do mundo que, mesmo com tamanho investimento, encontraram grandes dificuldades para encontrar a massa supercrítica a ser utilizada nos armamentos em questão.

O segmento da HQ *Trinity* (Fetter-Vorm, 2013), que consta no ANEXO D, desta SD, pode ser utilizado para abordar o segundo armamento nuclear produzido pelo Projeto

Manhattan, que foi a bomba *Fat Man*. O professor pode explicar que não só os combustíveis nucleares das duas bombas eram diferentes, mas também o seu funcionamento. A *Little Boy*, contava com o um mecanismo de colisão entre duas peças de Urânio e a *Fat Man* funcionava a partir de um sistema de implosão, que comprimia o Plutônio atingindo a massa supercrítica.

Essa é importante para que o professor tenha a oportunidade de analisar as percepções prévias dos estudantes a respeito dos limites éticos da Ciência e da Tecnologia, além de fornecer subsídios para identificar os principais obstáculos epistemológicos que devem ser superados durante toda a aplicação da SD. A utilização da HQ Trinity permite ao docente observar os pontos positivos e negativos da utilização desta ferramenta para o Ensino de Química mais contextualizado e interdisciplinar.

AULAS 02 e 03

Tema: a visão oriental dos ataques nucleares.

Duração: 2 aulas (45 minutos cada aula)

Objetivo geral: apresentar os aspectos químicos, físicos, econômicos, biológicos e sociais oriundos da radiação por meio de um anime.

Objetivos específicos:

- apresentar o estado de pobreza que a população de Hiroshima vivia em um Japão devastado pela segunda guerra mundial
- apresentar as consequências sociais devastadoras causadas pelos ataques nucleares a Hiroshima e Nagasaki
- demonstrar os efeitos que a radiação nuclear pode causar na saúde humana
- proporcionar aos alunos um momento de reflexão a respeito do papel da Ciência no fim da Segunda Guerra Mundial.

Desenvolvimento da aula

As aulas 2 e 3 são voltadas para a Organização do Conhecimento (OC). Para isso, a aula pode ser iniciada com exibição do anime *Gen, pés descalços*, baseado em um mangá, produzido em 1983 por Mori Masaki com duração de 83 minutos. O filme retrata as consequências que o ataque nuclear a cidade de Hiroshima ocasionou para a população que, em meio às diversas dificuldades encontradas em um período de guerra, se torna vítima de um holocausto nuclear que dizimou a vida de milhares de pessoas.

Este filme é o ponto de partida para a abordagem de conceitos que serão trabalhados nas aulas seguintes, como:

- a emissão, a fusão e a fissão nuclear;
- os diversos tipos de radiações nucleares e seus efeitos biológicos no corpo humano;
- as consequências sociais, econômicas e ambientais originadas por ataques ou acidentes radioativos;
- e a importância da radioatividade na medicina e na indústria alimentícia.

Durante a exibição desse longa metragem, é conveniente que o professor observe e anote as reações dos discentes, para nortear a abordagem dos conceitos nas aulas seguintes. Caso os estudantes tenham dúvidas durante a exibição do filme, sugere-se que o docente interrompa a exibição do filme, para esclarecê-las.

AULAS 04 e 05

Tema: radiações nucleares

Duração: 02 aulas (45 minutos cada aula)

Objetivo geral: apresentar os conceitos de emissão, fissão e fusão nuclear.

Objetivos específicos:

- discutir a respeito dos principais pontos que chamaram a atenção dos estudantes no longa metragem exibido na aula anterior;
- fomentar momentos de reflexão acerca das consequências sociais e ambientais do desenfreado desenvolvimento tecnológico;
- abordar, brevemente, a história dos estudos a respeito da radioatividade;
- introduzir os conceitos de emissão nuclear.

Desenvolvimento da aula

Sugere-se que a aula inicie com uma discussão, de aproximadamente 20 minutos, sobre o longa metragem exibido na aula anterior. Caso o docente tenha intenção em analisar, posteriormente, a interação estudante-estudante e estudante-docente, ele pode gravar o áudio da discussão. O professor pode usar as seguintes perguntas para instigar o início da discussão.

- 1) *Vocês já haviam assistido algum filme sobre a Segunda Guerra Mundial a partir da ótica japonesa dos fatos?*
- 2) *Quantos filmes americanos vocês já assistiram sobre a Segunda Guerra Mundial?*
- 3) *Existe diferença entre a ótica japonesa e americana?*

Após a discussão, o professor pode usar 25 minutos da aula para fazer uma abordagem da história da descoberta da Radioatividade, citando os principais cientistas que se dedicaram ao assunto e suas contribuições para a Ciência. Ainda, pode ser comentado a importância do uso da radioatividade em setores como medicina e indústria. Para instigar a curiosidade sobre o próximo conteúdo a ser trabalhado, o docente questionar os estudantes com a seguinte pergunta:

Sabemos que o modelo atômico de Rutherford é composto por núcleo e eletrosfera. Quais as diferenças entre um átomo comum e um átomo radioativo?

As respostas dos alunos serão essenciais para que o professor saiba quais os principais pontos que deverão ser trabalhados nos próximos 25 minutos de aula. Como por exemplo, explicar as diferenças de estabilidade entre os núcleos de elementos radioativos e não radioativos, demonstrando para os estudantes que esta instabilidade nos núcleos radioativos são responsáveis pela fluorescência destes materiais.

É pertinente que o docente retome os conceitos relacionados aos saltos quânticos, indicando que, diferentemente dos elementos não radioativos, a instabilidade dos núcleos fazem com que os elétrons não necessitem de fontes externas de energia para se deslocar e um nível eletrônico para outro mais energético e retornam emitindo energia luminosa.

Neste momento, o professor pode explicar as emissões nucleares alfa (Lei de Soddy), onde o elemento emissor tem uma diminuição de 4 unidades de massa e 2 unidades de número atômico; emissões de partículas beta (Lei de Soddy e Fajans), em que o átomo emissor tem o aumento de uma unidade de número atômico, porém, permanece com a mesma massa; e emissões de ondas gama, que não altera a quantidade de partículas fundamentais do átomo emissor.

Após apresentar os conceitos por meio de uma aula expositiva dialogada, o professor pode aplicar o questionário, disposto no APÊNDICE A, referente às aulas 04 e 05, para mensurar o entendimento dos alunos quanto ao conteúdo apresentado. Destinar para esta atividade aproximadamente 20 minutos.

Ao término do tempo, o professor deve recolher as respostas dos alunos para analisar e houve ou não a superação de obstáculos epistemológicos identificados na primeira aula da SD.

AULAS 06 e 07

Tema: emissões nucleares e energia nuclear

Tempo de duração: 02 aulas (45 minutos cada aula)

Objetivo geral: aprimorar os conceitos de emissões nucleares

Objetivos específicos:

- orientar os estudantes durante a realização das atividades, atuando como mediador do conhecimento;
- incentivar a participação ativa dos estudantes durante a aula;
- reforçar os conceitos químicos trabalhados nas aulas anteriores;
- observar as dificuldades encontradas pelos estudantes durante a resolução dos exercícios, com a finalidade de encontrar pontos que necessitem de reforço.

Desenvolvimento da aula

A aula deve ser iniciada tirando as dúvidas dos discentes a respeito das questões respondidas na aula anterior. Essa atividade tem como tempo estimado para execução aproximadamente 15 minutos. Este momento pode ser gravado em áudio, para que o professor possa analisar, posteriormente, a participação dos alunos durante este momento. O Quadro 2 apresenta a sugestão de abordagem ao docente para as questões respondidas na aula 05.

Quadro 2 - Sugestão de abordagem ao docente para as questões respondidas na aula 05.

Questão	Sugestão de Abordagem pelo Docente
01	Apresentar aos discentes que os mesmos deveriam citar a instabilidade do núcleo radioativo como principal fator de diferenciação em relação aos núcleos dos demais átomos. E que tal instabilidade faz com que estes elementos apresentem a capacidade de emitir radiações nucleares, como as partículas alfa, beta e as ondas gama.
02	Explicar que o objetivo da questão era que destacasse, nas suas respostas, a principal diferença existente entre a radiação gama e as demais. Por exemplo: as radiações alfa e beta apresentam característica corpuscular, enquanto a radiação gama é uma onda eletromagnética. Além disso, a emissão de radiações gama não alteram os valores de massa e número atômicos dos átomos emissores.
03	As ondas gama apresentam maior poder de penetração quando comparadas às radiações alfa e beta, justamente pela característica corpuscular das duas últimas. As partículas Alfa, por sua vez, apresentam o menor poder de penetração, visto que a mesma pode ser relacionada a um núcleo de Hélio (apresenta 4 unidades de massa e 2 prótons), enquanto que a partícula beta pode ser comparada a um elétron (apresenta massa desprezível e carga igual a -1).
04	A emissão de partículas radioativas tem a capacidade de alterar o número atômico dos átomos, convertendo-os em elementos químicos diferentes dos originais. Além disso, foram explicados os conceitos de meia vida, que retrata o tempo necessário para que a radiação tenha seus níveis reduzido pela metade.

Fonte: Autoria própria.

Neste momento, o professor pode entregar a lista de exercícios, que está no APÊNDICE A desta SD, referente às aulas 06 e 07, para os discentes, com o intuito de que os mesmos, ao interpretar as situações presentes nos enunciados das questões, consigam utilizar dos conceitos químicos estudados durante a SD para a resolução dos problemas propostos. O tempo destinado para que os alunos resolvam a lista de exercícios é de aproximadamente 60 minutos. Após a resolução dos exercícios, o professor pode destinar 15 minutos para a correção dos exercícios, buscando solucionar as dúvidas que os alunos tiveram durante a atividade, identificando, desta forma, os principais pontos a serem reforçados nas próximas aulas.

AULAS 08 e 09

Tema: fissão nuclear

Tempo de duração: 02 aulas (45 minutos cada aula)

Objetivo geral: compreender os conceitos envolvidos nos processos de fissão nuclear.

Objetivos específicos:

- identificar as fragilidades apresentadas pelos alunos na resolução da tarefa propostas com o conteúdo da aula anterior sobre emissões nucleares e meia vida;
- aplicar atividades de aperfeiçoamento dos conceitos de emissão e fissão nuclear;
- explicar o funcionamento de uma bomba nuclear;
- promover debates que fomentem a comparação entre os danos ambientais causados por usinas termelétricas, hidrelétricas e nucleares.

Desenvolvimento da aula

O professor deve iniciar às atividades com um momento de “tira dúvidas” da tarefa proposta no final da aula anterior. Este momento deve durar aproximadamente 15 minutos, pois alguns provavelmente não terão realizado a tarefa em casa. Após a discussão das questões propostas na tarefa, e explicação dos conceitos relacionados à fissão nuclear, o docente pode entregar uma atividade sobre o tema fissão nuclear, contendo os exercícios presentes no APÊNDICE A, referente as aulas 08 e 09. O professor deve atuar como agente mediador do conhecimento, para que o método da sala de aula invertida faça sentido.

Encerrando o tempo destinado à resolução de exercícios pelos discentes, sugere-se que o professor destine aproximadamente 15 minutos para discussão e a correção da atividade.

Os 30 minutos finais da aula podem ser destinados para uma discussão acerca dos impactos ambientais decorrentes da produção de energia a partir de usinas hidrelétricas,

termelétricas e nucleares. Este momento o professor deve provocar discussões utilizando as seguintes perguntas:

- 1) *Vocês conhecem as diferenças entre as usinas nucleares, hidrelétricas e termoelétricas?*
- 2) *Qual das três usinas é a mais agressiva ao meio ambiente?*
- 3) *Quais as consequências ambientais que cada uma delas pode provocar?*

AULA 10 e 11

Tema: Atividade avaliativa sobre os assuntos trabalhados na SD

Tempo de duração: 02 aulas (45 minutos cada aula)

Objetivo geral: Promover uma avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos após a aplicação da SD.

Objetivos específicos:

- identificar se houve evolução conceitual dos estudantes;
- analisar se os alunos compreenderam os conceitos referentes à radioatividade;
- validar a SD como produto educacional capaz de promover um Ensino de Química dentro de uma perspectiva CTSA.

Desenvolvimento da Aula

As aulas 10 e 11 visam a Aplicação do Conhecimento (AC), onde os novos conhecimentos adquiridos durante a OC são, então, direcionados à problemática inicial. Para isso propõem-se três atividades nas quais duas contemplam a resolução de exercícios e uma a construção de um texto (APÊNDICE A). Estimam-se aproximadamente 90 minutos para a execução desta atividade.

Tais atividades constituíram um instrumento pedagógico que visa promover um Ensino de Química de qualidade, trazendo à sala de aula assuntos que vão além dos conhecimentos específicos da disciplina em questão, pois abordam a atuação da Ciência enquanto produtora de novas tecnologias, assim como as consequências que a mesma traz para a sociedade.

3 REFERÊNCIAS

ALVES, José Moysés. Histórias em quadrinhos e educação infantil. **Psicologia: ciência e profissão**, v. 21, n. 3, p. 2-9, 2001.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Trad. Estela dos Santos Abreu, Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

CUNHA, Márcia Borin. Filmes de ficção científica e a formação de percepções. In: Marcia Borin da Cunha. (Org.). **A Ciência nos filmes de ficção científica**. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2013, v. 1, p. 9-15.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e problematizações: ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

DUARTE, Rosália. **Cinema & Educação: refletindo sobre cinema e educação**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

FETTER-VORM, Jonathan. **Trinity** – a história em quadrinhos da primeira bomba atômica. Trad. André Czarnobai. São Paulo: Três Estrelas, 2013.

GEN: **Pés descalços - Hadashi no Gen**. Direção de Mori Masaki. Roteiro de Keiji Nakazawa. Distribuído por Madhouse. Japão, 1983. 1 DVD (85 min), Son., Color. citação eraada

GIORDAN, Marcelo. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

INVERNIZZI, Noela; FRAGA, Lais. Estado da arte na educação em ciência, tecnologia, sociedade e ambiente no Brasil. **Ciência & Ensino**. Campinas, v. 1, p. 1-3, 2008.

NAPOLITANO, Marcos. **Como usar o cinema na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2003.

APÊNDICE

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NA SD

AULA 01 – Questionário Sobre Radioatividade e Radiação Para Problematização Inicial (Delizoicov, 2001)

- 1) Em sua opinião, a enorme destruição causada no século XX com as guerras mundiais em 1914 e 1945, foram um “mal necessário” para o avanço científico e tecnológico para as diversas áreas da Ciência como Engenharias, Química e Física?
- 2) No período da Segunda Guerra Mundial, a descoberta da Fissão Nuclear em solo alemão ligou um sinal de alerta nos Estados Unidos. A possibilidade do Terceiro Reich se tornar uma potência nuclear, que se confirmava após a Alemanha proibir a exportação de Urânio da Tchecoslováquia, fez com que os Estados Unidos colocassem em prática o Projeto Manhattan, que resultou na construção das bombas nucleares que devastaram as cidades de Hiroshima e Nagasaki em Agosto de 1945. Considerando a estreita relação entre Ciência, tecnologia e guerra; responda os itens a seguir:
 - a) Na visão ocidental, o ataque nuclear a Hiroshima e Nagasaki foi responsável pelo fim da Segunda Guerra Mundial. E você? Considera que o uso de uma arma nuclear, cujo poder de devastação e radiação foi responsável pela morte de milhares de pessoas, foi necessário para que esta guerra chegasse ao fim?
 - b) Os efeitos das radiações nucleares sobre as regiões afetadas por este ataque permanecem por décadas. O que são essas radiações? Quais os efeitos que elas podem causar?

AULAS 04 e 05 – Questionário sobre Emissões Nucleares

- 1) O modelo atômico de Rutherford é composto por núcleo e eletrosfera. Quais as diferenças entre um átomo comum e um átomo radioativo?
- 2) As emissões alfa resultam em alterações na massa e número atômico do elemento de origem, enquanto que as emissões beta alteram apenas o número atômico do átomo emissor. Explique quais as principais diferenças entre as emissões Gama em relação às demais emissões Alfa e Beta.
- 3) A exposição à radiação pode trazer diversas consequências ao corpo humano, causando desde queimaduras a mutações genéticas. Explique a diferença entre os poderes de penetração das emissões alfa, beta e gama.

- 4) Durante a apresentação do filme Pés descalços - Hadashi no Gen (1989), assim como nas discussões a respeito dos ataques nucleares de Hiroshima e Nagasaki, foi possível notar que a radiação proveniente de um ataque nuclear tende a permanecer na região afetada durante muitas décadas. Explique o motivo pelo qual, com o passar do tempo, os níveis de radiação diminuem (mesmo que lentamente) nessas regiões.

AULAS 06 e 07 - Lista de Exercícios Sobre Emissões Nucleares e Tempo de Meia Vida

- 1) Marie Curie nasceu em Varsóvia, capital da Polônia, em 1867, com o nome de Maria Sklodowska. Em 1891, mudou-se para a França e, quatro anos depois casou-se com o químico Pierre Curie. Estimulada pela descoberta dos raios X, feita por Roentgen, e das radiações do urânio por Becquerel, Marie Curie iniciou trabalhos de pesquisa que a levariam a identificar três diferentes tipos de emissões radiativas, mais tarde chamadas de alfa, beta e gama. Foi ela também que criou o termo radiatividade. Recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1906 e em 1911 o Prêmio Nobel de Química. No final da vida, dedicou-se a supervisionar o Instituto do Rádio para estudos e trabalhos com radiatividade, sediado em Paris. Faleceu em 1934 devido à leucemia, adquirida pela excessiva exposição à radiatividade. Assinale, dentre as opções abaixo, aquela que apresenta os símbolos das emissões radiativas, por ela descobertas:

a) ${}_{-1}^0 \alpha; {}_2^4 \beta; {}_0^0 \gamma$

b) ${}_2^4 \alpha; {}_0^0 \beta; {}_{-1}^0 \gamma$

c) ${}_2^4 \alpha; {}_{-1}^0 \beta; {}_0^0 \gamma$

d) ${}_2^4 \alpha; {}_{-1}^0 \beta; {}_{-1}^0 \gamma$

e) ${}_{-1}^0 \alpha; {}_{-1}^0 \beta; {}_0^0 \gamma$

- 2) No início da década de 1990, um cadáver de homem pré-histórico foi encontrado numa geleira próxima à fronteira entre Itália e Áustria, apresentando um espantoso estado de conservação. Para levantar o tempo, em anos, da sua morte, os cientistas usaram o método da datação pelo carbono -14 , resultando em uma taxa de carbono-14 igual a 50% da taxa normal. Considerando que a meia-vida do carbono 14 é $5,73 \times 10^3$ anos, pode-se afirmar que o tempo levantado pelos cientistas, em anos, foi de, aproximadamente:

a) $1,4 \times 10^3$ b) $2,9 \times 10^3$ c) $5,7 \times 10^3$ d) $1,1 \times 10^4$ e) $1,7 \times 10^4$

- 3) No decaimento radioativo do ${}^{234}\text{Th}_{90}$, há emissão de 4 partículas alfa e 3 partículas β até atingir o isótopo ${}_Z\text{At}^A$ onde Z e A são respectivamente:

a) 82; 218 b) 85; 218 c) 85; 214 d) 82; 230 e) 80; 226

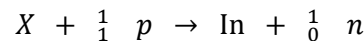
4) O iodo-125, variedade radioativa do iodo com aplicações medicinais, tem meia-vida de 60 dias. Quantos gramas de iodo-125 irão restar, após 6 meses, a partir de uma amostra contendo 2,00g do radioisótopo?

- a) 1,50 b) 0,75 c) 0,66 d) 0,25 e) 0,10

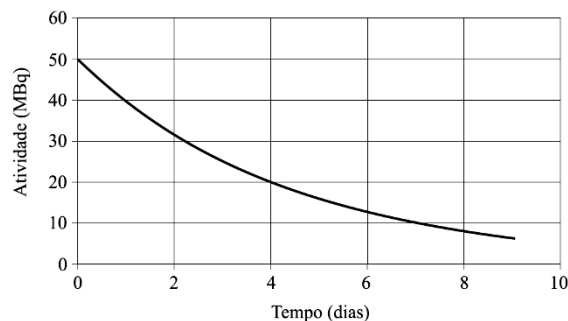
5) A irradiação com raios gama provenientes do Co-60 tem sido usada na preservação de alimentos pois destrói fungos e bactérias presentes no ambiente, principais causadores do apodrecimento. Sabendo-se que a meia vida desse radioisótopo é de 5 anos, a porcentagem aproximada de Co-60 que se desintegrou após 20 anos é:

- a) 6,20 b) 12,5 c) 25,0 d) 75,0 e) 93,8

6) O índio-111 é um isótopo radioativo utilizado em medicina nuclear, para o diagnóstico, por imagem, de infecções, inflamações e trombozes. Pode ser produzido em ciclotrons pela reação nuclear representada pela equação em que X representa certo núcleo atômico.



Uma vez produzido, a radioatividade desse isótopo decresce em função do tempo, conforme mostra o gráfico. Qual o número de dias aproximado da meia-vida do índio 111?



7) Uma série radioativa consiste em um conjunto de radioisótopos que são formados a partir de um radioisótopo inicial, pela sucessiva emissão de partículas alfa e beta. Na série radioativa que se inicia com o ${}_{93}\text{Np}^{237}$ e termina com o ${}_{83}\text{Bi}^{209}$, qual o número de partículas alfa e beta emitidas?

8) As radiações nucleares podem ser extremamente perigosas ao ser humano, dependendo da dose, pois promovem a destruição das células, queimaduras e alterações genéticas. Em 1913, os cientistas Frederick Soddy e Kasimir Fajans estabeleceram as leis das desintegrações por partículas alfa e beta. O elemento químico tório-232 (${}_{90}\text{Th}^{232}$) ao emitir uma partícula alfa transforma-se no elemento:

- a) ${}_{88}\text{Ra}^{228}$ b) ${}_{88}\text{Rn}^{228}$ c) ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ d) ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ e) ${}_{83}\text{Bi}^{210}$

9) O elemento radioativo natural ${}_{90}\text{Th}^{232}$, após uma série de emissões alfa e beta, isto é, por decaimento radioativo, converte-se em um isótopo não-radioativo, estável, do elemento

chumbo, ${}_{82}\text{Pb}^{208}$. O número de partículas alfa e beta, emitidas após o processo, é, respectivamente, de:

- a) 5 e 2. b) 5 e 5. c) 6 e 4. d) 6 e 5. e) 6 e 6

10) Ao se desintegrar, o átomo ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ emite 3 partículas alfa e 4 partículas beta. O número atômico e o número de massa do átomo final são, respectivamente:

- a) 84 e 210. b) 210 e 84 c) 82 e 210. d) 210 e 82. e) 86 e 208

AULAS 08 e 09 – Lista de Exercícios sobre Fissão Nuclear

1) O uso de isótopos radioativos, em Medicina, tem aumentado muito nos últimos anos, sendo o tecnécio-99 o mais usado em clínicas e hospitais brasileiros. O principal fornecedor desse isótopo é o Canadá, e problemas técnicos recentes em seus reatores resultaram em falta desse material no Brasil. Uma proposta alternativa para solucionar o problema no país foi substituir o tecnécio-99 pelo tálio-201. O tálio-201 pode ser produzido a partir do tálio-203, bombardeado por próton (1_1p) acelerado em acelerador de partículas. O tálio-203 incorpora o próton acelerado e rapidamente se desintegra, formando chumbo-201 e emitindo nêutrons no processo. Posteriormente, o chumbo-201 sofre nova desintegração, formando ${}^{201}\text{Tl}$, um isótopo com meia-vida de 73 horas. Pede-se:

a) Escreva a equação balanceada, que representa a reação nuclear para a produção de ${}^{201}\text{Pb}$, a partir do bombardeamento do ${}^{203}\text{Tl}$ com prótons, segundo o processo descrito no enunciado dessa questão.

b) Considerando que na amostra inicial de radiofármaco contendo ${}^{201}\text{Tl}$ tem uma atividade radioativa inicial igual a A_0 , e que pode ser utilizada em exames médicos até que sua atividade se reduza a $A_0/4$, calcule o período de tempo, expresso em horas, durante o qual essa amostra pode ser utilizada para a realização de exames médicos. Dados: ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ = tálio-203; ${}^{204}_{82}\text{Pb}$ = chumbo-204; ${}^{201}_{82}\text{Pb}$ = chumbo-201; 1_0n nêutron; 1_1p próton.

2) O desastre de Chernobyl ocorreu em 1986, lançando grandes quantidades de partículas radioativas na atmosfera. Usinas nucleares utilizam elementos radioativos com a finalidade de produzir energia elétrica a partir de reações nucleares. Com base nos conhecimentos sobre os conceitos de radioatividade, assinale a alternativa correta.

a) A desintegração do átomo de ${}^{210}\text{Bi}_{83}$ em ${}^{210}\text{Po}_{84}$ ocorre após a emissão de uma onda eletromagnética gama.

b) A desintegração do átomo ${}^{235}\text{U}_{92}$ em ${}^{231}\text{Th}_{90}$ ocorre após a emissão de uma partícula beta.

- c) A fusão nuclear requer uma pequena quantidade de energia para promover a separação dos átomos.
- d) A fusão nuclear afeta os núcleos atômicos, liberando menos energia que uma reação química.
- e) A fissão nuclear do átomo de $^{235}\text{U}_{90}$ ocorre quando ele é bombardeado por nêutrons.
- 3) Leia o segmento da HQ Trinity, de Jonathan Fetter-Vorm (2013).

O texto mostra que, na construção da chamada bomba atômica, é necessário que os átomos estejam aglomerados para que, dessa forma, ocorra uma reação de fissão nuclear capaz de desencadear uma série de outras fissões. Seria possível construir um armamento nuclear do porte das bombas Little Boy e Fat Man sem encontrar a chamada massa supercrítica? Justifique sua resposta.

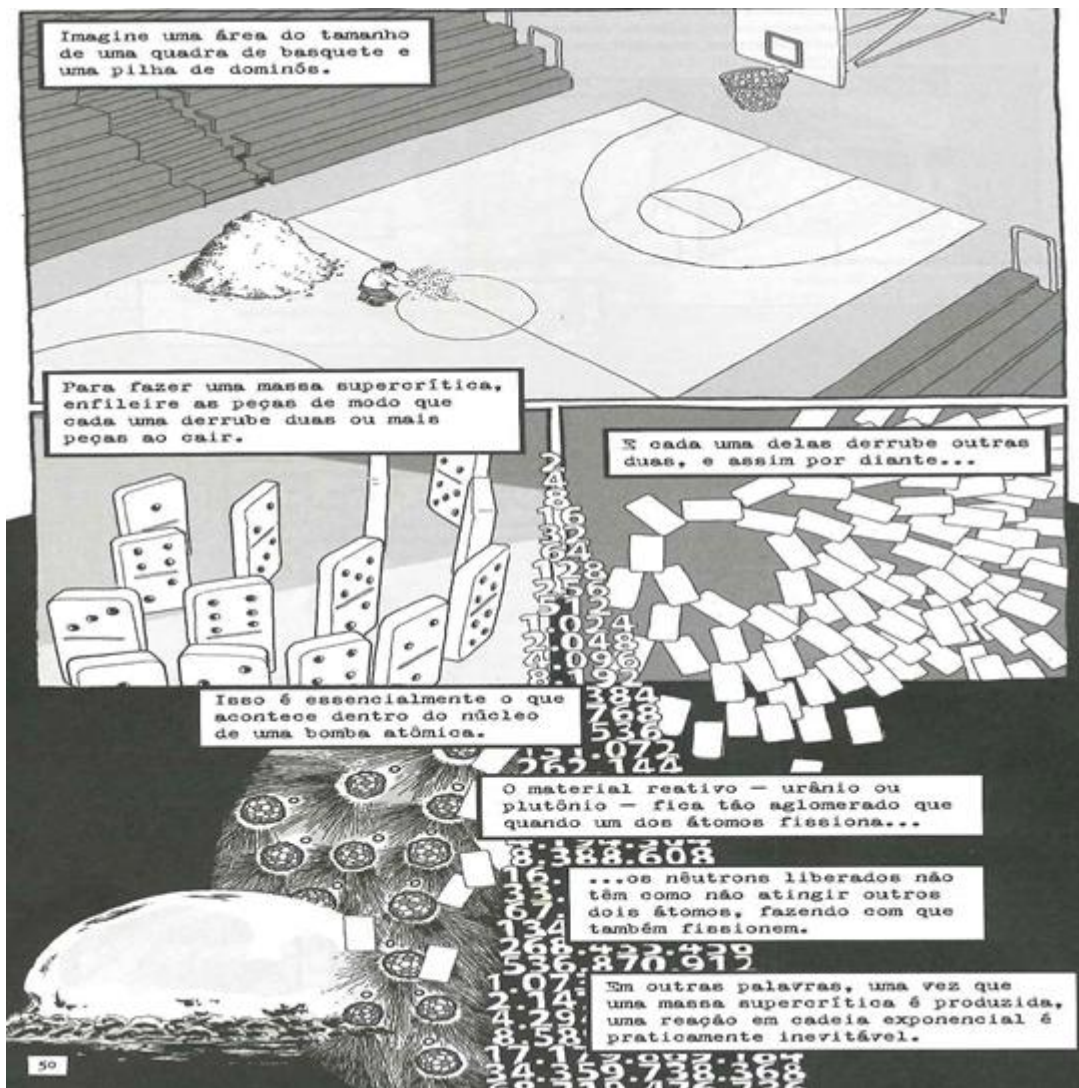


Figura – Analogia à fissão nuclear

Fonte: Fetter-Vorm (2013)

- 4) A figura a seguir, retirada da HQ Trinity de Jonathan Fetter-Vorm (2013), mostra a presença de radiação no corpo humano.

Em sua opinião, a presença de material radioativo no corpo humano tem relação com o crescimento do número de pessoas vítimas de câncer no mundo? Justifique sua resposta.

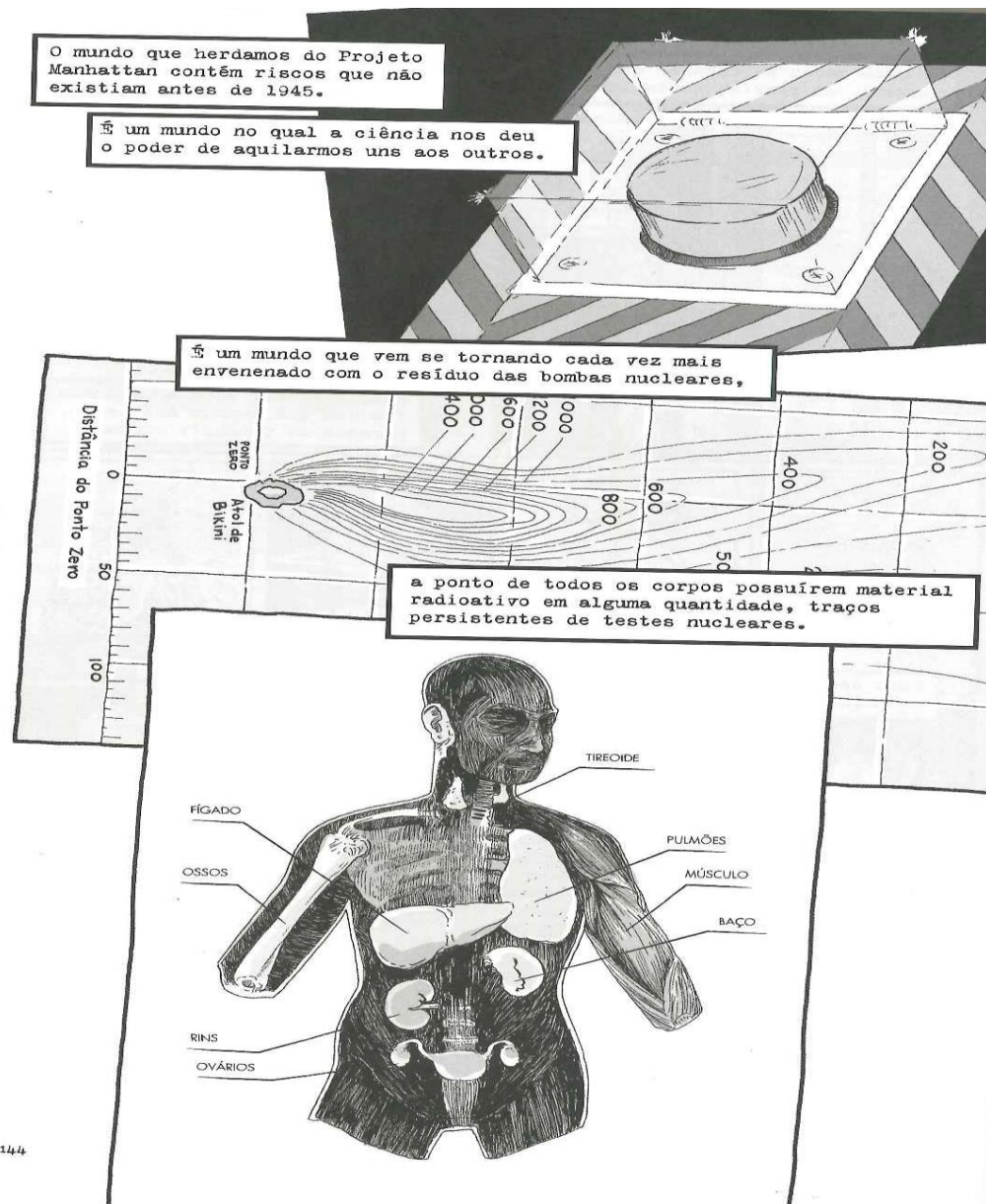


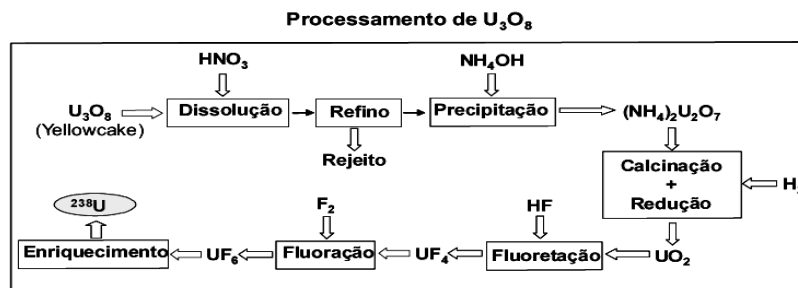
Figura – Radiação no corpo humano

Fonte: Fetter-Vorm (2013)

AULAS 10 e 11 – Atividades Para Aplicação do Conhecimento (Delizoicov, 2001)

- 1) O modelo atômico de Rutherford é composto por núcleo e eletrosfera. Quais as diferenças entre um átomo comum e um átomo radioativo?
- 2) As emissões alfa resultam em alterações na massa e número atômico do elemento de origem, enquanto que as emissões beta alteram apenas o número atômico do átomo emissor. Explique quais as principais diferenças entre as emissões Gama em relação às demais emissões Alfa e Beta.

- 3) A exposição à radiação pode trazer diversas consequências ao corpo humano, causando desde queimaduras a mutações genéticas. Explique a diferença entre os poderes de penetração das emissões alfa, beta e gama.
- 4) Durante a apresentação do filme *Pés descalços - Hadashi no Gen* (1989), assim como nas discussões a respeito dos ataques nucleares de Hiroshima e Nagasaki, foi possível notar que a radiação proveniente de um ataque nuclear tende a permanecer na região afetada durante muitas décadas. Explique o motivo pelo qual, com o passar do tempo, os níveis de radiação diminuem (mesmo que lentamente) nessas regiões.
- 5) (UFRJ – 2007) A produção de energia nas usinas de Angra 1 e Angra 2 é baseada na fissão nuclear de átomos de urânio radioativo ^{238}U . O urânio é obtido a partir de jazidas minerais, na região de Caetité, localizada na Bahia, onde é beneficiado até a obtenção de um concentrado bruto de U_3O_8 , também chamado de yellowcake. O concentrado bruto de urânio é processado através de uma série de etapas até chegar ao hexafluoreto de urânio, composto que será submetido ao processo final de enriquecimento no isótopo radioativo ^{238}U , conforme o esquema a seguir.



O rejeito produzido na etapa de refino contém ^{206}Pb oriundo do decaimento radioativo do ^{238}U . Calcule o número de partículas α e β emitidas pelo ^{238}U para produzir o ^{206}Pb .

- 6) (UNI-RIO) O ^{201}Tl é um isótopo radioativo usado na forma de TlCl_3 (cloreto de tálio) para diagnóstico do funcionamento do coração. Sua meia-vida é de 73h (≈ 3 dias). Certo hospital possui 20 g deste isótopo, qual a sua massa, em gramas, após 9 dias?
- 7) Leia o segmento da HQ *Trinity*, de Jonathan Fetter-Vorm (2013).

O texto mostra que, na construção da chamada bomba atômica, é necessário que os átomos estejam aglomerados para que, dessa forma, ocorra uma reação de fissão nuclear capaz de desencadear uma série de outras fissões. Seria possível construir um armamento nuclear do porte das bombas *Little Boy* e *Fat Man* sem encontrar a chamada massa supercrítica? Justifique sua resposta.

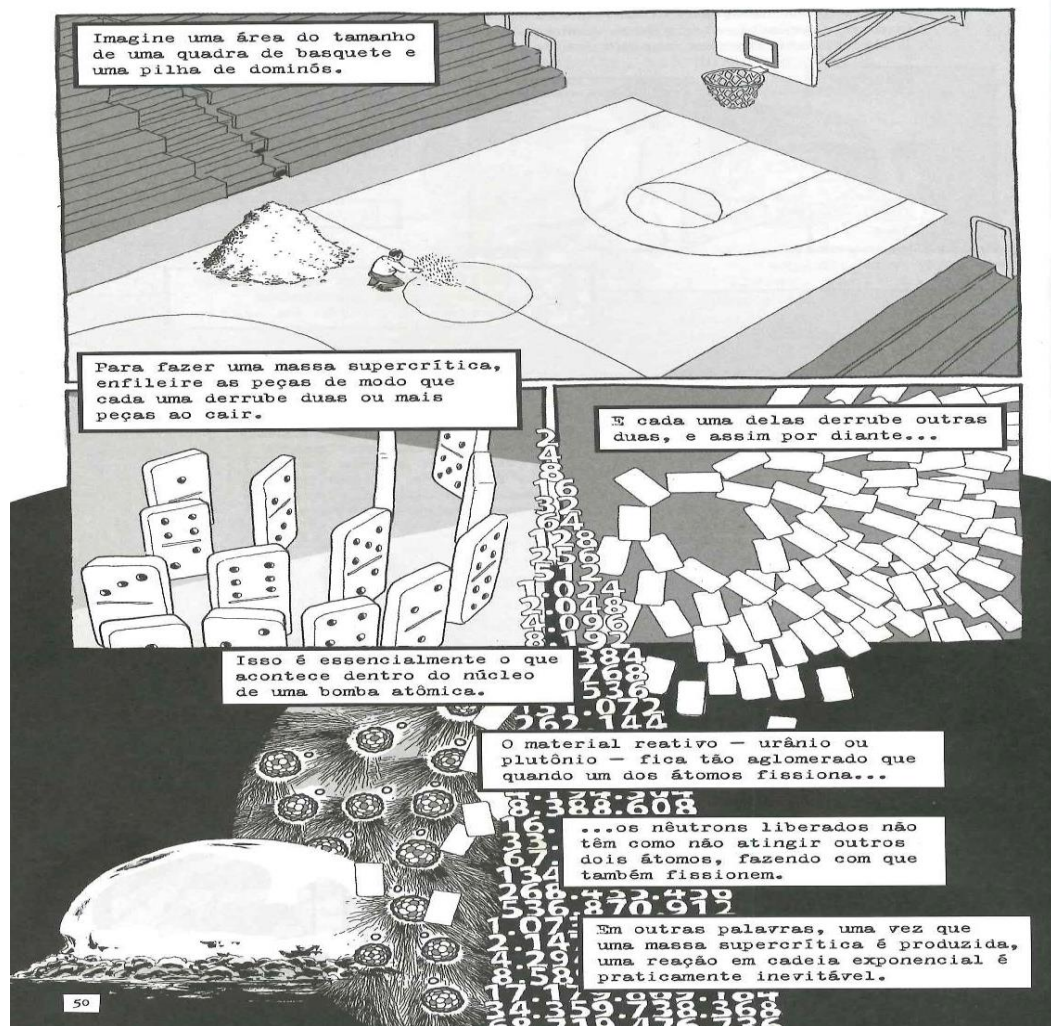


Figura 5 – Analogia à fissão nuclear

Fonte: Fetter-Vorm (2013)

- 8) Sobre as consequências políticas, ambientais e sociais que a desenfreada busca por desenvolvimentos tecnológicos podem causar, escreva um texto dissertativo, de no máximo 15 linhas, sobre o tema “Desenvolvimento Tecnológico versus Direitos Humanos: o preço que se paga é alto demais?”

ANEXOS

**ANEXO A – SEGMENTO DA HQ TRINITY (FETTER-VORM, 2013) –
PARTICIPAÇÃO DE EINSTEIN NA ELABORAÇÃO DA CARTA A SER ENVIADA
PARA O PRESIDENTE NORTE AMERICANO ROOSEVELT**



Figura 1 – Participação de Einstein na elaboração da carta a ser enviada para o presidente norte americano Roosevelt.

Fonte: Fetter – Vorm (2013).

**ANEXO B – SEGMETO DA HQ *TRINITY* (FETTER-VORM, 2013) – PRESENÇA DE
OPPENHEIMER NO PROJETO MANHATTAN**



Figura 2 – Presença de Oppenheimer no projeto Manhattan.

Fonte: Fetter – Vorm (2013).

ANEXO C – SEGMENTO DA HQ *TRINITY* (FETTER-VORM, 2013) –
REPRESENTAÇÃO DE TRABALHADORES QUE NÃO SABIAM O REAL
OBJETIVO DO PROJETO



Figura 3 – Representação de trabalhadores que não sabiam o real objetivo do projeto.
Fonte: Fetter – Vorm (2013).

ANEXO D – SEGMENTO DA HQ *TRINITY* (FETTER-VORM, 2013) – MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA NUCLEAR *LITTLE BOY*

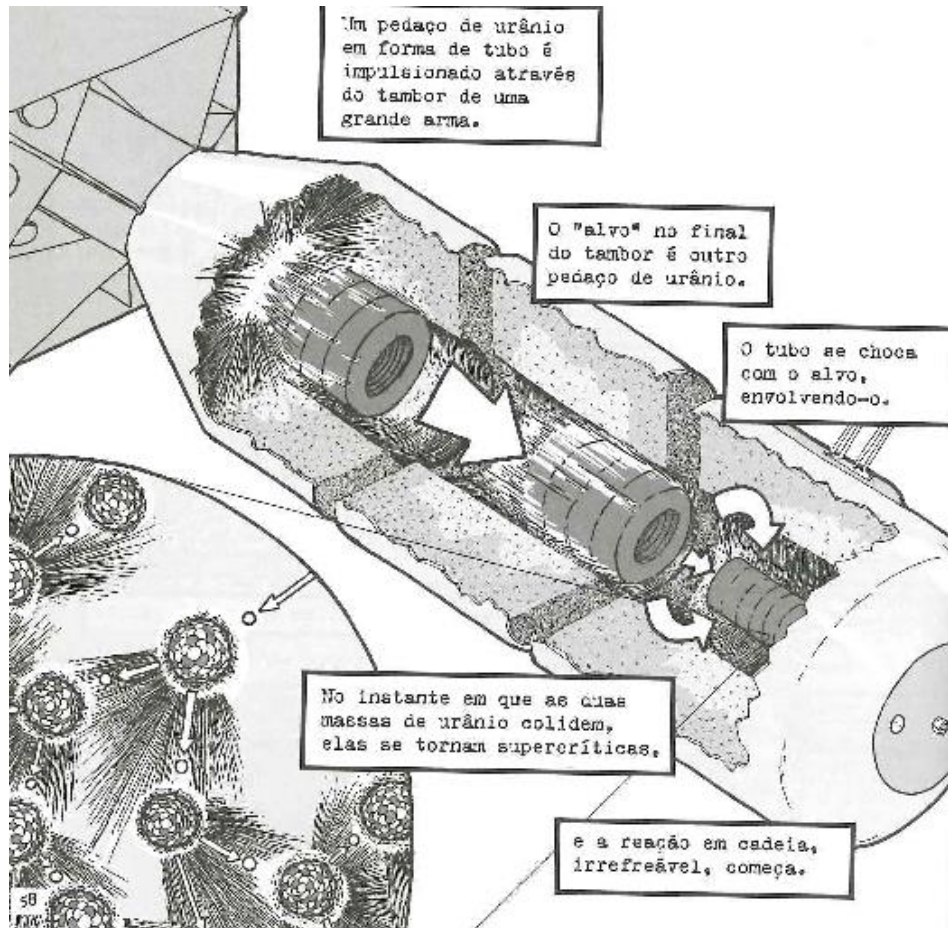


Figura 4 – Mecanismo de funcionamento da bomba nuclear *Little Boy*.
Fonte: Fetter – Vorm (2013).

ANEXO E – SEGMENTO DA HQ *TRINITY* (FETTER-VORM, 2013) – MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA NUCLEAR *FAT MAN*

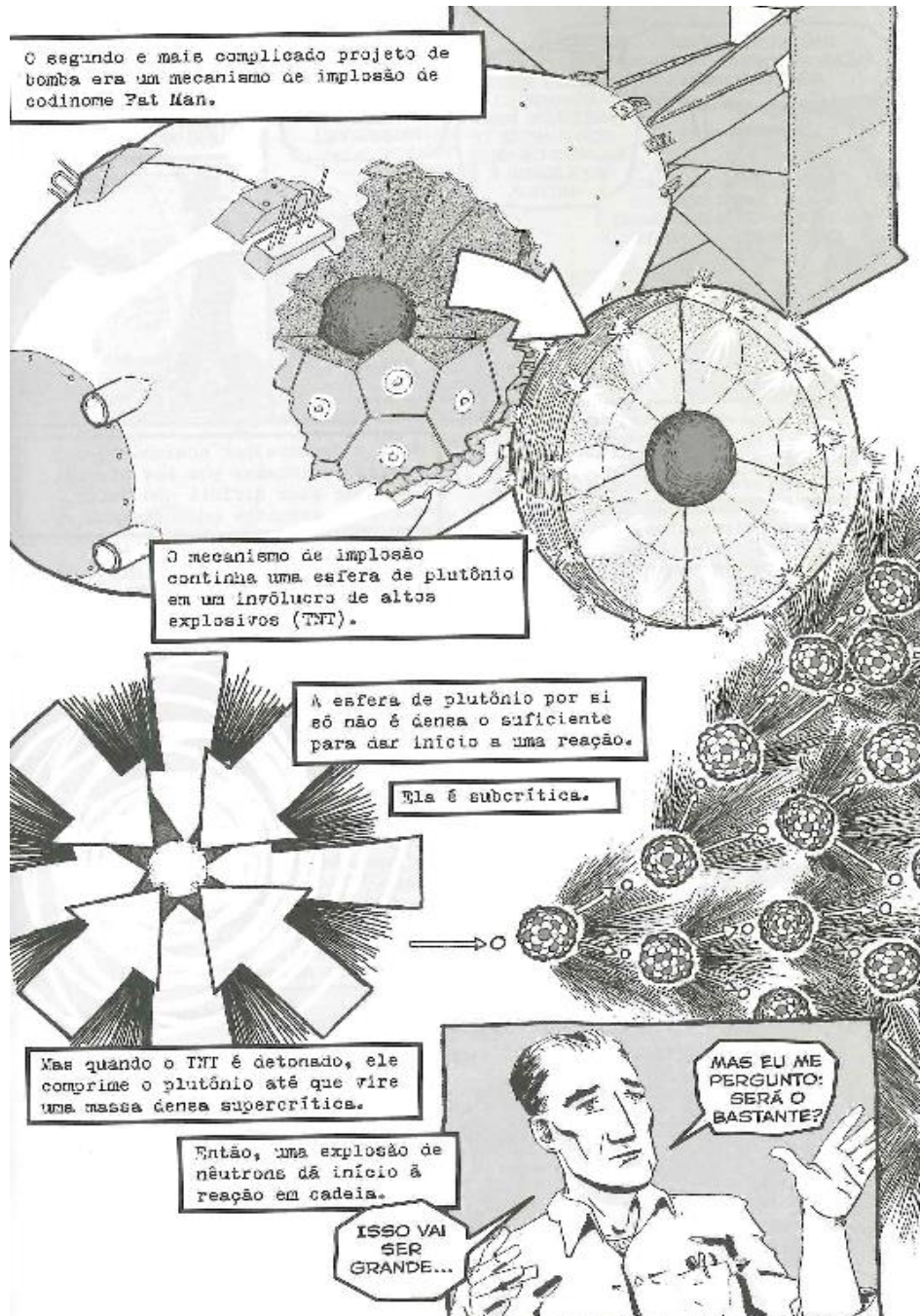


Figura 5 – Mecanismo de funcionamento da bomba nuclear *Fat Man*.

Fonte: Fetter – Vorm (2013).