

# Guia Didático do Professor

Programa  
**Almanaque  
Sonoro de Química**

Energia Nuclear e Impacto Ambiental  
Parte I

Química  
3ª Série | Ensino Médio

CONTEÚDOS DIGITAIS MULTIMÍDIA

### Coordenação Didático-Pedagógica

Stella M. Peixoto de Azevedo Pedrosa

### Redação

Cleber Couto da Costa

### Revisão

Alessandra Archer

### Projeto Gráfico e Diagramação

Eduardo Dantas

### Revisão Técnica

Pércio Augusto Mardini Farias

### Produção

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

### Realização

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

Ministério da Ciência e Tecnologia

Ministério da Educação

---

### Rádio (Áudio)

Programa: Almanaque Sonoro de Química

Episódio: Energia Nuclear e Impacto Ambiental – Parte I

Duração: 10 minutos (dois blocos de 5 minutos)

Área de aprendizagem: Química

Conteúdo: energia nuclear e impacto ambiental.

Conceitos envolvidos: isótopos, radioisótopos, medicina nuclear, segurança.

Público-alvo: 3ª série do Ensino Médio

---

### Objetivo geral:

Despertar o interesse pelo estudo de Química.

### Objetivos específicos:

Fazer uma análise sobre o que é energia nuclear e quais as consequências do seu uso.

### Pré-requisitos:

Não há pré-requisitos.

### Tempo previsto para a atividade:

Consideramos que duas aulas (45 a 50 minutos cada) serão suficientes para o desenvolvimento das atividades propostas.

## Introdução

O *Almanaque Sonoro de Química* constitui mais uma ferramenta educacional à disposição do professor e do aluno para abordar temas variados. O programa é dividido em dois blocos de 5 minutos, portanto com a duração total de 10 minutos, abordando o tema *Energia Nuclear e Impacto Ambiental*.

O programa de rádio apresenta o conteúdo de maneira lúdica, com a atuação de personagens que interagem na forma de entrevistas, pesquisas e diálogos, apresentando o tema com ideias de como explorar o assunto.

Cabe esclarecer que esse material não deve ser utilizado como única fonte de consulta e abordagem do assunto, mas sim como um ponto de partida para o trabalho do professor, apresentando sugestões de como conduzir a aula. A mídia utilizada é a sonora: fique atento sobre a disponibilidade dos equipamentos necessários para a audição em sua escola (equipamento específico de MP3 ou computador).

### professor!

Busque esclarecer aos alunos a importância da energia nuclear, mas, deixando-os conscientes sobre os cuidados necessários para sua utilização.

**dica!**

Organize pesquisas com os alunos e amplie o leque de opções a serem abordadas em sala de aula.

**dica!**

Saiba mais sobre todo o ciclo da obtenção de energia nuclear no site do CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>

Mais informações sobre a entrevista do presidente Guilherme Camargo no endereço: <http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2009/09/24/materia.2009-09-24.7636892575/view>

**I. Desenvolvimento**

O *Almanaque de Química* aborda alguns subtemas importantes sobre o assunto, aqui destacados para que o professor possa desenvolver com os alunos debates, projetos e discussões, visando um maior e mais preciso conhecimento sobre a realidade do tema: até onde a utilização da energia nuclear é ou não nociva ao meio ambiente e à população?

A energia nuclear é um tipo de energia muito comentada e por muitos criticada na mídia. O termo energia nuclear quase sempre nos remete às tragédias, como as bombas de Hiroshima e Nagasaki, atiradas pelos Estados Unidos, em 1945, e a acidentes como o de Chernobyl (Ucrânia), em 1986, quando uma explosão em um reator matou pelo menos 30 mil pessoas e deixou outras 3 milhões feridas. Entretanto, devemos destacar que a primeira opção constitui um caso de má utilização da energia nuclear e o segundo, um exemplo de acidente (a esse, sim, precisamos estar atentos).

**MERCADO NUCLEAR**

*Brasil se prepara para ampliar sua presença no mercado nuclear internacional.*

**Rádio 88 Notícias**

Energia é um conceito relacionado ao trabalho realizado seja pelo ser vivo em geral ou por uma máquina projetada pelo homem. Existem vários tipos de energia: solar, eólica, nuclear, química, térmica, etc. Aqui abordaremos a **energia nuclear**.

Em um átomo, os seus prótons e nêutrons são ligados no núcleo por meio de fortes ligações. O ato de separar (fissão) ou unir (fusão) os prótons e nêutrons gera uma enorme quantidade de energia, denominada energia nuclear e, dessa energia gerada, é possível obter eletricidade.

Existe um consenso mundial de que a energia nuclear é uma alternativa economicamente viável e **ambientalmente sustentável** para suceder os combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, ao longo deste século. Discuta com os alunos o que eles entendem sobre o termo *ambientalmente sustentável* e por que há preocupação do governo nesse sentido. Você poderá sugerir, também, um trabalho sobre os ciclos até a obtenção da energia nuclear.

## AS RESERVAS DE URÂNIO

*Darcy Lício: Em todo o mundo, a energia nuclear vem se destacando como uma alternativa ambientalmente sustentável. Em 2008, o Brasil foi considerado a sexta maior reserva de urânio do mundo, com apenas um terço do território prospectado. Estima-se que, em poucos anos, o país possa estar entre as três maiores reservas do mundo.*

### Fórmula do Sucesso

O **urânio** é um elemento químico representado pelo símbolo U, de massa atômica 238 e número atômico 92, ou seja, 92 prótons e 146 nêutrons, encontrado no estado sólido à temperatura ambiente e é radioativo. Por ser radioativo, pode ser encontrado utilizando um aparelho chamado contador Geiger, sensível à radiação. Apresenta-se na natureza sempre combinado com diversos tipos de minérios, e o "uranite" é um dos minerais mais ricos desse elemento.

Detentor de uma das maiores reservas mundiais de urânio, o Brasil consegue abastecer as necessidades próprias e ainda exportar esse material.

Professor, peça aos alunos que façam uma pesquisa sobre as **fontes de urânio** mais conhecidas e utilizadas atualmente e quais as minas mais importantes no Brasil e no mundo.

## A ENERGIA NUCLEAR DESTRUTIVA E CONTAMINANTE

*Áureo Prata: Dr. Rogério, muita gente associa energia nuclear à destruição e contaminação. Como o senhor vê essa questão?*

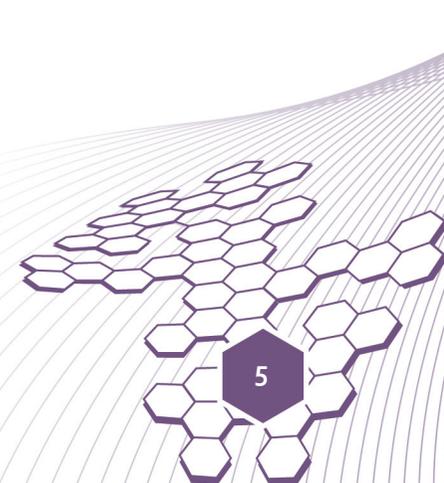
### Fórmula do Sucesso

Elemento primordial de uma usina nuclear, o urânio é um material radioativo, como já foi dito e, por isso, pode causar danos à saúde de um ser vivo que se exponha a ele. Para ser utilizado na usina, o urânio deve ser enriquecido, como uma das etapas do processo da confecção do combustível nuclear. Um dos sub-produtos gerados no reator nuclear é o plutônio, que é a base para a bomba atômica, por exemplo, pois é muito radioativo e esse é o maior problema das usinas nucleares.

Esses são os motivos pelos quais muitas "frentes" se opõem à utilização da energia nuclear. O Green Peace é um dos símbolos dessa luta.

## dica!

Confira as 365 razões levantadas pelo Green Peace para nos opormos à energia nuclear em: [http://www.greenpeace.org.br/chernobyl/presentation/pr\\_tscherno.html](http://www.greenpeace.org.br/chernobyl/presentation/pr_tscherno.html)



**dica!**

O professor pode saber um pouco sobre o currículo do curso de medicina nuclear no site do INCA: <http://www.inca.gov.br>.

**MEDICINA NUCLEAR**

*Dr. Rogério: Na medicina nuclear, por exemplo, os radioisótopos são usados tanto em diagnósticos como em terapias.*

*Dr. Rogério: Os isótopos são átomos com o mesmo número atômico e diferente número de massa. Os radioisótopos são isótopos que emitem radiação, ou seja, são isótopos radioativos. O tecnécio-99 é um radioisótopo usado na medicina para o mapeamento renal, cerebral, pulmonar, entre outras aplicações.*

**Fórmula do Sucesso**

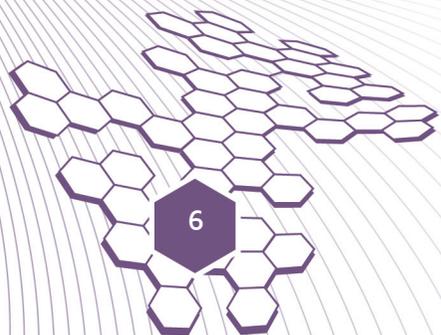
A **medicina nuclear** se diferencia no campo médico por utilizar materiais radioativos (isótopos ou radioisótopos) para tratar ou diagnosticar doenças. Do ponto de vista do diagnóstico, a medicina nuclear é mais eficiente do que a radiologia convencional, pois revela dados sobre a anatomia e a função dos órgãos, enquanto a radiologia mostraria apenas a estrutura anatômica dos órgãos. Dessa forma, o profissional da medicina pode identificar as doenças, monitorar a sua progressão.

Os **radioisótopos** se referem a isótopos que emitem radiação, ou seja, são radioativos. Os radioisótopos apresentam um alto grau de periculosidade e, por isso, são manipulados somente com o auxílio de robôs. O mais utilizado na medicina nuclear é o tecnécio 99 metaestável ( $^{99m}\text{Tc}$ ), produzido a partir de geradores de molibdênio (reator nuclear).

O professor pode explorar com os alunos sobre as aplicações dos radioisótopos na medicina nuclear dos pontos de vista da **terapia** e do **diagnóstico**. Selecione algumas aplicações da técnica e peça que pesquisem sobre o assunto. Depois, discuta em sala de aula fazendo um fórum, pedindo que os alunos expliquem como pode ser aplicada essa ferramenta na terapia e/ou diagnóstico de determinadas doenças.

**TRAÇADORES RADIOATIVOS**

*Áureo Prata: Traçadores radioativos? Que isso?*

**Fórmula do Sucesso**

Os **traçadores radioativos** são radioisótopos adicionados em quantidades bem pequenas aos elementos ou substâncias utilizadas em um exame. Dessa forma, é possível mapear o seu percurso com a utilização de um detector. Podemos, por exemplo, acompanhar o metabolismo das plantas, verificando o que elas precisam para crescer, o que é absorvido por suas raízes e folhas, e onde um determinado elemento químico fica retido.

Discuta com os alunos sobre a funcionalidade do procedimento, a partir de exemplos de aplicação que podem ser citados após pesquisa realizada por eles.

## GAMAGRAFIA

*Dr. Rogério: Bem...A aplicação de radioisótopos mais conhecida na indústria é a gamagrafia, que é a impressão de radiação gama em filme fotográfico.*

*Dr. Rogério: É o seguinte, as empresas de aviação usam a gamagrafia para fazer inspeções frequentes nos aviões e verificar se há fadiga nas partes metálicas, entre outras possibilidades. Mal comparando, é como se fosse um raio X da peça metálica, percebe?*

### Fórmula do Sucesso

**Gamagrafia** consiste na impressão de radiação gama em filme fotográfico. Com essa técnica pode-se detectar defeitos ou rachaduras em peças, por exemplo. Um caso prático de utilização da gamagrafia foi na construção do gasoduto Brasil-Bolívia, para garantir a integridade das tubulações.

De modo geral, a gamagrafia é um “raio X” realizado de um peça ou terreno ou qualquer situação na qual seja necessária uma inspeção não possível a olho nu.

Discuta com os alunos qual a diferença entre a gamagrafia e a radiografia. Fale sobre a utilização dessas duas técnicas nos setores da indústria e construção.

## mais detalhes!

Mais detalhes sobre aplicações dos traçadores radioativos você encontra em <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf>

## mais detalhes!

Informações sobre esterilização ionizante e não ionizante podem ser encontradas em:

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE ESTUDOS E CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR (APECIH). *Esterilização de Artigos em Unidades de Saúde*. São Paulo, 1998.

COSTA, A.O.; CRUZ, E.A.; GALVÃO, M.S.S.; MASSA, N.G. *Esterilização e desinfecção: Fundamentos básicos, processos e controles*. São Paulo. Cortez, 1990.

## FONTES RADIOATIVAS PARA ESTERILIZAÇÕES

*Dr. Rogério: E não para por aí, não! A indústria farmacêutica também usa fontes radioativas para esterilizar seringas, luvas cirúrgicas, gaze e material farmacêutico descartável. Seria impossível esterilizar esses materiais pelos métodos convencionais.*

### Fórmula do Sucesso

A **esterilização** pode ser de dois tipos: por meios físicos ou químicos.

As fontes radioativas podem ser empregadas na esterilização na qual os produtos da radiólise da água, por exemplo, peróxido de hidrogênio, destroem as bactérias.

A esterilização por meios físicos pode ser ionizante ou não ionizante, menos energéticas (ultravioleta). A luz ultravioleta em hospitais é utilizada apenas na destruição de micro-organismos do ar ou inativação desses em superfície, devido ao seu baixo poder de penetração.

Faça um debate sobre o tema, deixando que os alunos exponham suas ideias sobre as vantagens e desvantagens desse método de esterilização.

## ENERGIA NUCLEAR GERANDO ENERGIA ELÉTRICA

*Áureo Prata: O mundo moderno demanda cada vez mais energia! Fale-nos um pouco sobre a energia nuclear como geradora de energia elétrica. Ela é viável?*

### Fórmula do Sucesso

As **usinas nucleares** geram enormes quantidades de calor, utilizado para a vaporização da água. O vapor movimenta turbinas que geram energia elétrica.

No Brasil, as hidroelétricas são as fontes principais de energia elétrica. As usinas nucleares ainda não se destacam por isso. Entretanto, em países da Europa e da América do Norte a principal fonte de energia elétrica são as usinas nucleares.

O fato de usar um material radioativo nesse processo não implica na geração de uma **energia elétrica** diferente daquela obtida nas hidroelétricas, podendo, assim, ser utilizada para qualquer finalidade.

## OCORRÊNCIA DE SINISTROS

*Prof. Hélio: Só que sinistros não ocorrem por acaso, houve falha de equipamentos, erros operacionais, corte indevido de custos, falta de manutenção e, para piorar, foram tomadas decisões erradas por pessoas despreparadas...*

Ligação TV

A história relata uma série de acidentes nucleares. Os principais e mais conhecidos foram:

DATA	LOCAL	FATO
Março 1979	Usina Three Mile Island - Pensilvânia EUA	A perda de refrigerante fez com que parte do núcleo do reator derretesse (pior acidente nuclear ocorrido até então).
Abril 1986	Usina de Chernobyl Rússia	Explosão de um dos quatro reatores da usina, lançando na atmosfera uma nuvem radioativa de cem milhões de curies (nível de radiação 6 milhões de vezes maior do que o que escapara da usina de Three Mile Island).
Setembro 1987	Goiânia - Brasil	A violação de uma cápsula de césio-137 por sucateiros da cidade de Goiânia matou 4 pessoas e contaminou outras 249. Outras 3 morreriam mais tarde por doenças degenerativas relacionadas à radiação.
Julho 1997	Angra 1 - Brasil	Desligamento, por defeito em uma válvula, do reator nuclear de Angra 1.
Outubro 1997	Angra 1 - Brasil	Vazamento na usina de Angra 1, em razão de falhas nas varetas de combustível.

Como é possível observar, os acidentes são causados por falhas humanas, nos equipamentos ou operacionais.

## mais detalhes!

Mais detalhes sobre o processo de obtenção de energia elétrica utilizando a energia nuclear você encontra no artigo "A utilização da energia nuclear na geração de energia elétrica", escrito por Carlos Alberto Goebel Pegollo, disponível em: [ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/357\\_47.pdf](ftp://ftp.usjt.br/pub/revint/357_47.pdf)

## dica!

Informações sobre relatos de acidentes relacionados a usinas nucleares podem ser encontrados nos sites:

Interciência ([http://www.interciencia.org/v22\\_05/ensayo.html](http://www.interciencia.org/v22_05/ensayo.html))

Blog (<http://pcs5006.blogspot.com/2006/10/o-acidente-em-three-mile-island.html>)

Brasil Escola (<http://www.brasilecola.com/historia/chernobyl-acidente-nuclear.htm>)

Shvoong (<http://pt.shvoong.com/humanities/1674857-acidente-chernobyl/>)

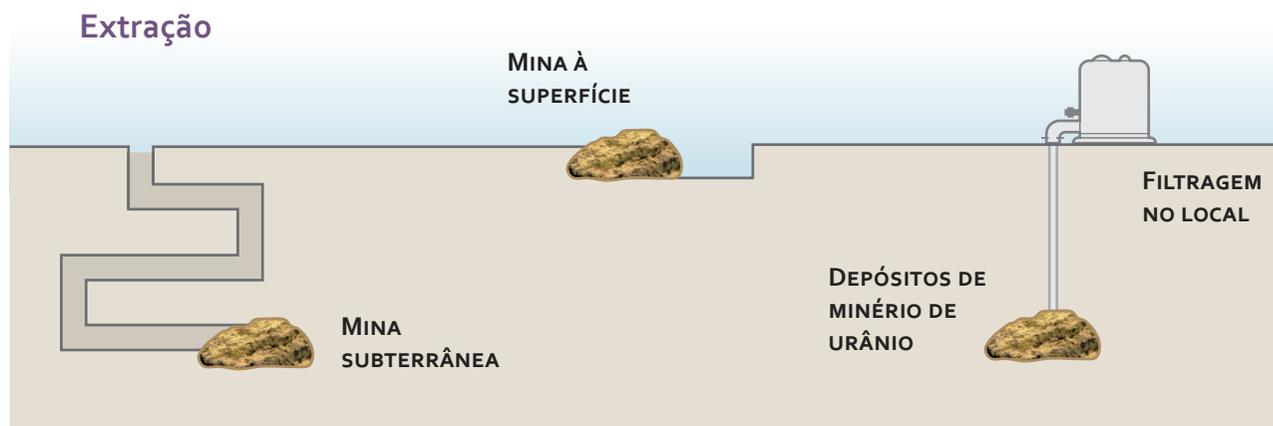
Professor, discuta com os alunos as causas e consequências dos dois acidentes mais graves registrados até hoje: nas usinas de Three Mile Island e de Chernobyl.

## CICLO DO ELEMENTO COMBUSTÍVEL NUCLEAR

*Prof. Hélio: Bom... Acredito que seria melhor falar sobre o ciclo do elemento combustível nuclear.*

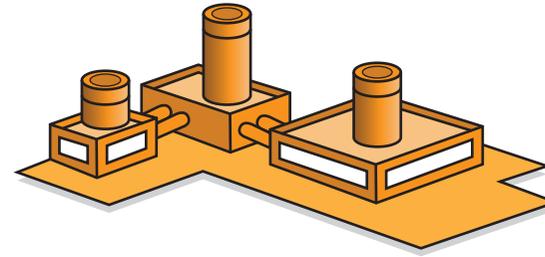
### Ligação TV

O ciclo do elemento combustível nuclear envolve todas as etapas necessárias para a obtenção do combustível nuclear, o urânio. São as seguintes etapas: extração, conversão, enriquecimento, produção de energia. O esquema a seguir deixa claro o passo-a-passo do processo.



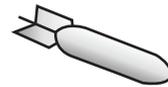
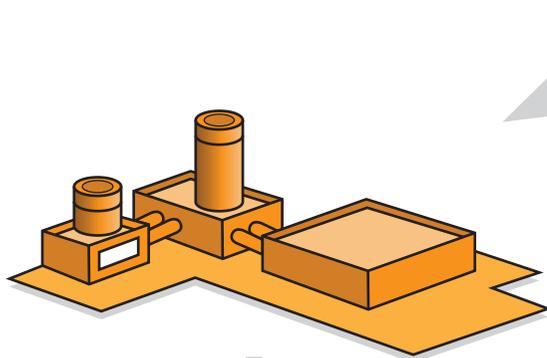
## Conversão

Após o minério ser moído, é extraído o urânio concentrado (yellow cake ou diuranato de amônio), por meio de um processo químico. Depois, o urânio ( $U_3O_8$ ) é transformado em um gás corrosivo, o hexafluoreto de urânio ( $UF_6$ ).



## Enriquecimento

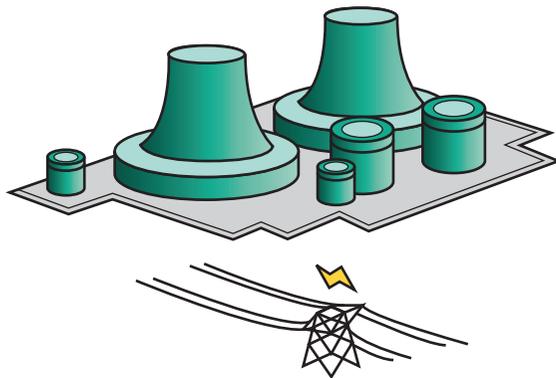
O gás hexafluoreto de urânio contém uma relação de isótopo U-235 e do U-238 de 0,7 para 99,3 por cento, respectivamente. Esse processo de enriquecimento é feito com o objetivo de concentrar ou aumentar a quantidade do isótopo U-235, capaz de fissão nuclear (processo pelo qual a energia é produzida num reator nuclear). Em geral, são atingidas concentrações do isótopo U-235 entre os 3,5 e 5 por cento.



## BOMBA NUCLEAR

Exige urânio enriquecido a 90% de U-235

## CENTRAL DE ENERGIA NUCLEAR



## Produção de energia

O óxido de urânio resultante do enriquecimento é pressionado e transformado em pequenas pastilhas, depois inseridas em tubos de metal e, por fim, unidos uns aos outros, formando como que uma grande pilha. Essas pilhas, montadas no núcleo do reator, originam reações em cadeia que aquecem um sistema de condutas de água, provocando vapor, que, por sua vez, faz girar as turbinas que geram eletricidade.

## mais detalhes!

No site da PUC-Rio está disponível um capítulo de tese relacionado ao ciclo da combustão nuclear:

LIMA, Cintia Monteiro de; *Estudo da solubilidade de compostos de urânio do ciclo do combustível em LPS*, Rio de Janeiro, RJ, 2008: [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0412200\\_08\\_cap\\_03.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0412200_08_cap_03.pdf).

As Indústrias Nucleares do Brasil (INB) apresentam um breve resumo de cada passo até a geração de energia: [http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/interna.aspx?secao\\_id=81](http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/interna.aspx?secao_id=81)

## mais detalhes!

Matéria publicada no Globo Online, em 26/05/2009: <http://oglobo.globo.com/rio/mat/2009/05/26/material-radioativo-vazou-da-usina-nuclear-angra-2-756042194.asp>

## RISCOS DA USINA DE ANGRA DOS REIS

*Juliana: Dá licença, seu Darcy... Professor... Mas, e as usinas de Angra dos Reis? O senhor acha que elas podem causar acidentes como os da usina da Pensilvânia ou de Chernobyl?*

Ligação TV

Recentemente, em maio de 2009, material radioativo vazou da **usina nuclear de Angra 2**. Quatro funcionários foram contaminados, mas, segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a contaminação ficou abaixo de 0,1% dos limites estabelecidos. Numa escala de zero a 7 da Agência Internacional de Energia Atômica, foi considerado de nível 1 (anomalia ou desvio operacional).

Os mecanismos de proteção, no total de 5 barreiras, são bem eficientes. Entretanto, nunca estaremos totalmente livres de algum acidente.

Professor, discuta com os alunos sobre que barreiras de proteção são utilizadas nas usinas de Angra e discuta a utilidade e eficiência de cada uma delas.

Proponha a construção de uma maquete, buscando reproduzir as 5 barreiras de proteção da usina Angra 2.

## SISTEMA DE REATOR A ÁGUA PRESSURIZADA

*Prof. Hélio: Olha só, Juliana... Angra 2 opera pelo sistema de reator a água pressurizada. Essa é a opção mais segura na área nuclear. Mesmo porque esse sistema utiliza cinco barreiras de defesa que tornam remotíssima a possibilidade de escape de material radioativo.*

Ligação TV

É interessante fazer algumas considerações sobre a relevância do reator a água pressurizada. Sugerimos que você comente que a **fissão nuclear** gera calor e é necessário que esse calor seja removido. Para isso, o **reator a água pressurizada** utiliza um meio refrigerante – água desmineralizada e tratada quimicamente, a denominada **água leve**. Além de remover o calor, o reator a água pressurizada atua desacelerando os nêutrons liberados no processo.

Em Angra 2, por exemplo, são empregados 4 circuitos térmicos independentes, que mediante bombas de circulação acionadas por motores elétricos, bombeiam o refrigerante através do reator e dos geradores de vapor (sistema primário). O sistema refrigerante do reator tem sua pressão e temperatura operacionais ajustadas de modo a aproveitar ao máximo o poder de refrigeração da água pressurizada.

Ressalte que não pode haver passagem de radioatividade do sistema de refrigeração do reator para o circuito da turbina. Por isso, há interposição dos geradores de vapor entre o sistema de refrigeração e o circuito de água (vapor) da turbina. Portanto, nas usinas nucleares, as instalações de conversão da energia do vapor em energia elétrica são muito semelhantes às encontradas nas usinas termoelétricas convencionais.

## 2. Atividades

- a) Ao término da apresentação do áudio, é importante reservar um tempo para que os alunos façam perguntas e esclareçam suas dúvidas. Não havendo perguntas, você, professor, pode **levantar questões** que julgar relevantes e retomar o tema para que eles debatam.
- b) **Organize** a turma em grupos. Peça para que cada grupo escolha um país e para que façam uma pesquisa sobre a principal usina nuclear nele existente, indicando o funcionamento, possíveis problemas apresentados no seu tempo de funcionamento, o tempo de implementação, entre outros pontos que considere importantes.
- c) Dependendo da sua região e da disponibilidade da sua escola em dispor de recursos, **organize** uma visita a usina de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro, com seus alunos. Visitas guiadas podem ser agendadas pelos telefones (24) 3362-8480 / (24) 3362-9063 e pelo fax (24) 3362-9047 ou ainda pelo endereço eletrônico centinf@eletronuclear.gov.br. Professor, se você conseguiu realizar a visita, reúna os alunos para debater sobre o que foi visto e apresentado na visita.
- d) **Organize** um debate sobre a importância da energia nuclear para o mundo e para o Brasil em particular.
- e) **Discuta** com os alunos sobre o descarte dos rejeitos radioativos.
- f) Monte uma roda de debates e **discuta**: o que é feito para prevenir acidentes com reatores?
- g) Dizer que a energia nuclear é uma forma de energia contaminante é uma verdade absoluta? Então, para responder a essa questão, peça para os alunos fazerem uma pesquisa sobre o tema. Em seguida, **organize** um júri simulado sobre energia nuclear.

### mais detalhes!

Veja o esquema de funcionamento de um reator a água pressurizada em <http://www.biodieselbr.com/i/energia/nuclear/reator-nuclear-agua.jpg>

Será preciso **dividir** a turma em três grupos: o grupo 1 defende os pontos a favor dessa poderosa fonte, o grupo 2 é contra e o grupo 3 vota naquele que melhor argumentou. Você, professor, faz o fechamento do assunto.

### 3. Avaliação

As atividades realizadas servem de base para a avaliação do trabalho realizado. O professor deve, a cada atividade, fazer uma avaliação dos alunos. O processo é de avaliação continuada. Como fechamento do trabalho, e visando uma avaliação final, podem ser solicitados aos alunos uma autoavaliação e um portfólio.

## FICHA TÉCNICA

Direção Geral, Criação e Roteiros  
Claudio Perpetuo

Direção Técnica  
Guto Goffi - Estúdio Cabeça de Lâmpada

Direção de Rádio e Dramaturgia  
Francisco Barbosa, Luiz Santoro e Amaury Santos

Música, Sonoplastia, Gravação e Edição  
Estúdio Cabeça de Lâmpada

Coordenação Musical  
Cláudio Gurgel

Coordenação de Gravação e Edição  
Luciano Lopes

Voz das Vinhetas  
Luiz Santoro

Personagens  
Áureo Prata | Francisco Barbosa

Professor Hélio | Luiz Santoro

Darcy Lício e Zinco | Amaury Santos

Balão | Chico Sales

Zé Tubinho | Miguel Bezerra

Dr. Rogério Cruz | Fausto Nascimento

Marta Silva | Isaura Henrique

Juliana de Assis, Pipeta Rodrigues, Dóris Becker e Gisele Bunsen | Simone Molina

## Músicas

Composições, Arranjos, Bateria e Percussão  
Guto Goffi

Composições, Arranjos e Teclados  
Luciano Lopes

Composições, Arranjos, Violão e Guitarra  
Claudio Gurgel

Melodia e Intérprete de *Céu de Fogo*  
Roberta de Recife

Letra de *Céu de Fogo*  
Claudio Perpetuo

Percussão regional de Céu de Fogo – Ciranda, Côco e Maracatu  
Garnizé

Baixo elétrico  
Pedro Perez

Melodia e Letra do *Duelo dos Elementos*  
Claudio Perpetuo

Participação Especial

Roberta de Recife | Atriz e Cantora Popular

Chico Sales | Compositor, Cantor Popular e Cordelista

Miguel Bezerra | Cantor Popular e Repentista

Garnizé | Músico e Percussionista

Pedro Perez | Músico

Miguel Bezerra | Cantor Popular e Repentista

## **RADIO - AUDIO**

### **EQUIPE PUC-RIO**

Coordenação Geral do Projeto  
Pércio Augusto Mardini Farias

### **Departamento de Química**

Coordenação de Conteúdos  
Pércio Augusto Mardini Farias

Assistência

Camila Welikson

Produção de Conteúdos

Pércio Augusto Mardini Farias

### **CCEAD - Coordenação Central de Educação a Distância**

Coordenação Geral

Gilda Helena Bernardino de Campos

Coordenação Pedagógica

Leila Medeiros

Coordenação de Áudio

Claudio Perpetuo

Coordenação de Avaliação e Acompanhamento

Gianna Oliveira Bogossian Roque

Coordenação de Produção dos Guias do Professor

Stella M. Peixoto de Azevedo Pedrosa

Redação

Gisele da Silva Moura

Tito Tortori

Design

Eduardo Dantas

Romulo Freitas

Revisão

Alessandra Muylaert Archer