

JORNAL INFORMATIVO: ACIDENTES RADIOATIVOS



Produto Educacional do Mestrado Profissional realizado por Gean Aparecido Zapateiro sob a orientação de Prof^a Dr^a Zenaide de Fátima Dante Correia Rocha e coorientação da Prof^a Dr^a Márcia Camilo Figueiredo, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Londrina.

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

GEAN APARECIDO ZAPATEIRO

JORNAL INFORMATIVO: ACIDENTES RADIOATIVOS

PRODUTO EDUCACIONAL

LONDRINA
2020

GEAN APARECIDO ZAPATEIRO

JORNAL INFORMATIVO: ACIDENTES RADIOATIVOS

Produto educacional apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientadora: Profa. Dra. Zenaide de Fátima Dante Correia Rocha
Coorientadora: Profa. Dra. Márcia Camilo Figueiredo

LONDRINA
2020

TERMO DE LICENCIAMENTO

Este Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



APRESENTAÇÃO

Este recurso didático é sugestão para o professor quando for abordar os acidentes radioativos, desta forma o professor pode imprimir o jornal para então usar em sala de aula. O material é um complemento para utilizar nas leituras e reflexões sobre os impactos dos quatro acidentes radioativos causaram na sociedade, sendo eles: Three Mile Island (1979), Chernobyl (1986), Césio – 137 (1987) e Fukushima (2011).

O recurso didático chamado de produto educacional¹, é resultado de uma pesquisa do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, da UTFPR- Campus Londrina. O produto consta no Apêndice IV da dissertação intitulada “Formação Inicial de Professores de Química: contribuições de um curso de História da Radioatividade”², no qual este produto foi aplicado e avaliado junto a um grupo de Licenciandos em Química de uma universidade pública no norte do Paraná, em novembro de 2018. Após o processo de avaliação, foram realizadas algumas alterações, e a versão final foi validada por uma banca composta pelos professores Dr. Marcelo Maia Cirino (UEL), Dr. Paulo Sérgio de Camargo Filho (UTFPR), Dra. Márcia Camilo Figueiredo (UTFPR) e Dra. Zenaide de Fátima Dante Correia Rocha (UTFPR).

Os autores.

¹ O produto consta no Apêndice I da dissertação.

² ZAPATEIRO, Gean Aparecido. **Formação Inicial de Professores de Química: contribuições de um curso de História da Radioatividade**. 2020. 300 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020.



The Radioactive News

VOL. I . No. 1

©2020 The Radioactive News

Londrina-Paraná, quinta-feira, 05 de março de 2020

R\$ 6,50

UM ANO DE OPERAÇÃO

Após um ano de operação, grave acidente classificado como Nível 5 ocorre em Three Mile Island, EUA
PÁG. 2

TERREMOTO

Terremoto de 8,9 graus na escala Richter provoca danos na usina nuclear de Fukushima
PÁG. 6

SEGURANÇA

Novo "sarcófago" é inaugurado em Chernobyl
PÁG. 3



SSE CHERNOBYL NPP

ACIDENTE NUCLEAR

Teste realizado na madrugada do dia 26 de abril de 1989 em Chernobyl provoca acidente.

Durante testes, o reator ficou descontrolado e houve uma explosão violenta; infelizmente a cobertura de proteção de 1.000 toneladas não resistiu.
PÁG. 2

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA)

FOTOGRAFIA

Anatoliy Rasskazov foi o primeiro a fotografar a usina. Relatou que havia tanta cinza voando, que era impossível tirar fotografias através do vidro. Ele disse: "Camaradas, temos que abrir a janela". Eles protestaram, dizendo que contaminariam o helicóptero. PÁG. 2



BBC NEWS / SITE

GOIÂNIA

O acidente com o céσιο-137 atingiu Goiânia, quando uma cápsula com 19 gramas do elemento radioativo foi aberta em um ferro-velho.
PÁG. 6



EDIÇÃO: N° 00.000

ANO 01

TEMPO NO ESTADO

INSTÁVEL

Pancadas de chuvas, trovoadas e descargas atmosféricas é o que a meteorologia prevê para hoje no Paraná. Litoral nublado.



19°/27° LONDRINA

20°/27° MARINGÁ

ASSINATURA 0800-00000000

CLASSIFONE (00) 0000-0000

Fonte: SIMEPAR

FECHAMENTO

21H 52MIN



640509-040347

PRECAUÇÃO

Por que ingerir iodo em caso de exposição à radioatividade?
PÁG. 4

DESASTRE

A contaminação da radioatividade na água, solo e ar de Fukushima
PÁG. 6



NEWS VICE / SITE

IMPACTO AMBIENTAL

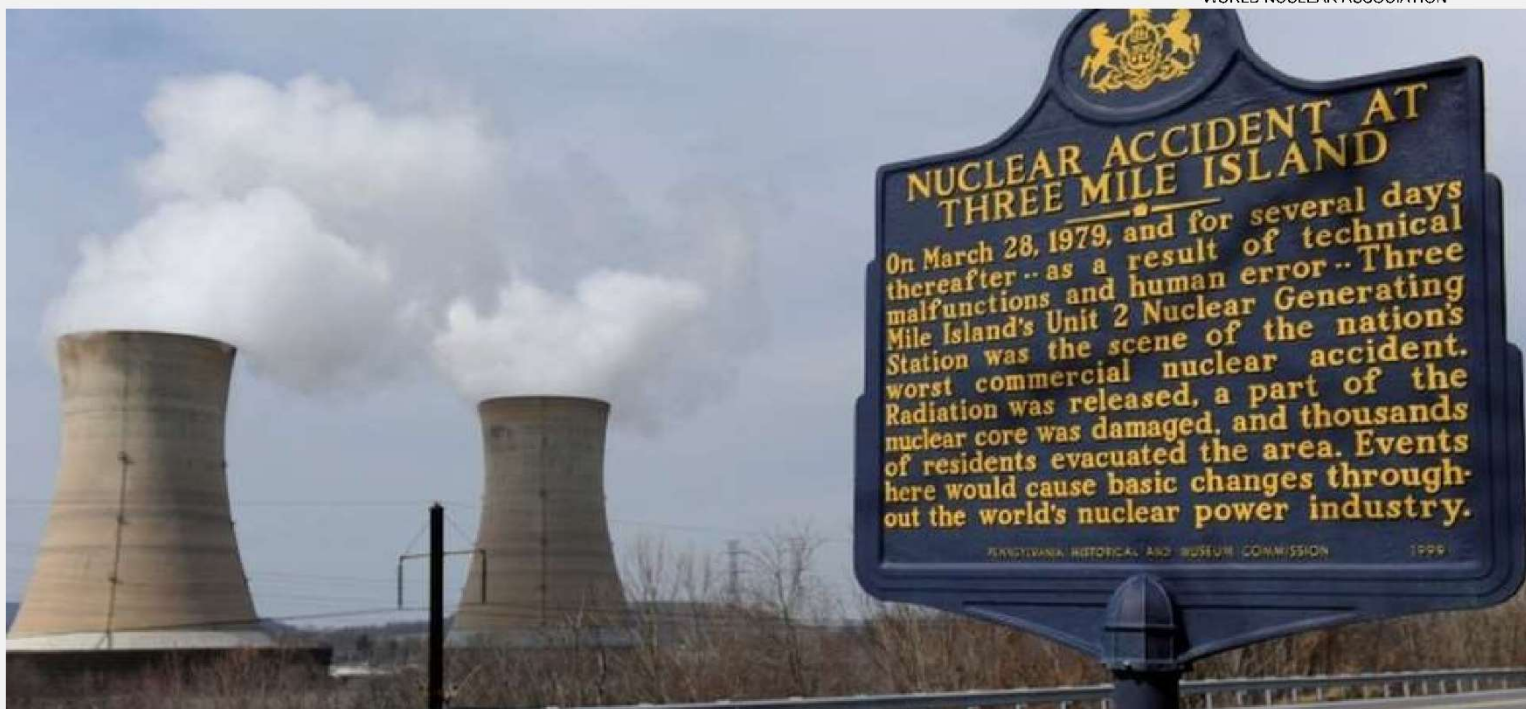
Após trinta anos, muitas plantas, animais, solos e cogumelos ainda estão contaminados em Chernobyl. PÁG. 5

1979 - Acidente nuclear na central nuclear de Three Mile Island, EUA

Após um ano de operação, grave acidente classificado como Nível 5 ocorre em Three Mile Island, EUA

O núcleo sofreu danos graves. Os operadores foram incapazes de diagnosticar ou responder adequadamente ao desligamento automático não planejado do reator. A instrumentação deficiente da sala de controle e o treinamento inadequado de resposta a emergências provaram ser as causas-raiz do acidente.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION



Por volta das 4 da manhã, do dia 28 de março 1979, a usina, localizada na Pensilvânia, Estados Unidos, sofreu um acidente, quando o sistema de refrigeração falhou e o reator estava operando na potência de 97%. O mau funcionamento no circuito de refrigeração secundário da usina causou o aumento da temperatura no sistema de refrigeração primário, provocando o desligamento do reator automaticamente. Apesar do seu desligamento, o calor intenso fez com que a parte interior do reator fundisse. Os operadores foram incapazes de diagnosticar ou responder adequadamente ao desligamento automático não planejado do reator. A instrumentação deficiente da sala de controle e o treinamento inadequado de resposta a emergências provaram ser as causas-raiz do acidente. Não houve mortes, o local foi evacuado e a cidade entrou em estado de alerta, tendo uma evacuação no raio de 70 km ao redor do reator.

Apesar da liberação de radioatividade na atmosfera, após o acidente a população local ficou abalada por causa de preocupações sobre os possíveis efeitos da radioatividade que poderiam trazer para saúde, principalmente no raio em volta da usina. Especialistas do Departamento de Saúde da Pensilvânia fizeram registros de proximamente 30.000 pessoas num raio de 8km. Esses registros foram feitos durante 18 anos após o acidente e em 1997 encerrou as atividades sem qualquer evidência de possíveis alterações da saúde da população nesse raio, nem mesmo o câncer, que poderia estar ligado ao acidente. Após o acidente, alguns estudos mostraram que o nível de liberação de radiação do acidente foi mínimo; por esse motivo, não houve efeitos perceptíveis da radiação à população.

Fonte: World Nuclear Association (2018)

A preocupação com o acidente em Three Mile Island



FORBES / SITE

Homem vestindo uma roupa de agente funerário, um grupo de pessoas desfruta de uma faixa de protesto em frente às torres de resfriamento da Usina Nuclear Three Mile Island, perto de Harrisburg, Pensilvânia

O acidente em Three Mile Island causou preocupações sobre a possibilidade de efeitos de saúde induzidos pela radiação, principalmente câncer, na área ao redor da usina. Por conta das preocupações, o Departamento de Saúde da Pensilvânia ficou em observação após o acidente para possível registro de doenças relacionados ao acidente. O departamento informou que, em meados de 1997, não havia qualquer evidência de tendências de saúde incomuns na área. De fato, estudos de saúde independentes do acidente não mostraram evidência de nenhum número anormal de cânceres em torno de Three Mile Island anos após o acidente. O único efeito detectável foi o estresse psicológico durante e logo após o acidente.

Os estudos descobriram que as liberações de radiação durante o acidente foram mínimas, bem abaixo de qualquer nível que tenha sido associado aos efeitos na saúde decorrentes da exposição à radiação.

Fonte: Forbes (2018) e World Nuclear Association (2018)



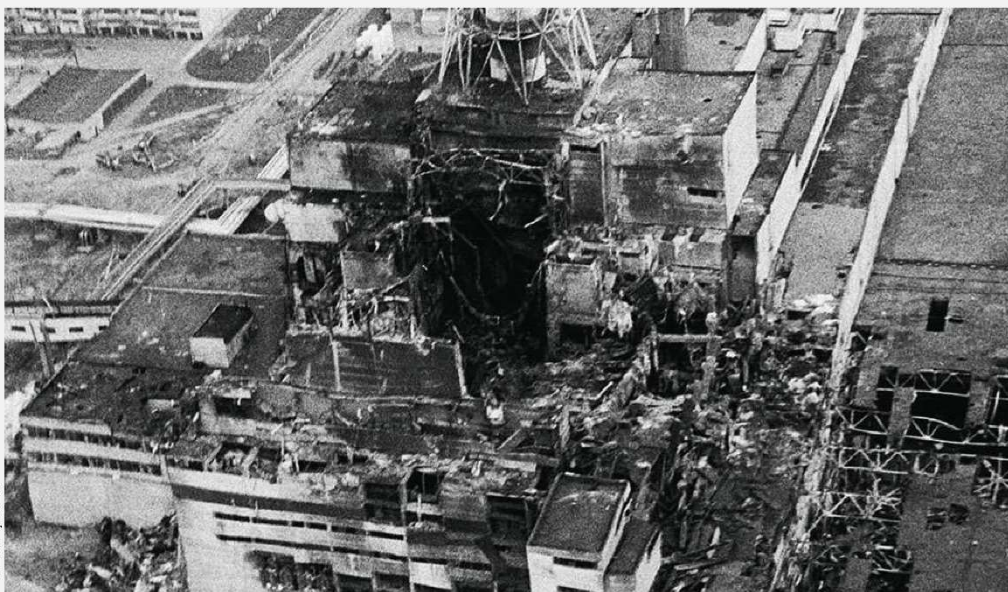
Teste realizado na madrugada do dia 26 de abril de 1989 em Chernobyl provoca acidente.

Durante testes, o reator ficou descontrolado e houve uma explosão violenta; infelizmente a cobertura de proteção de 1.000 toneladas não resistiu

Na noite de 26 abril 1986, em Chernobyl, Ucrânia, a usina nuclear passava por teste naquela noite, quando o reator sobreaqueceu devido a erros graves cometidos pelos operadores. Durante o teste as reações aceleradas provocaram um superaquecimento no combustível, devido às reações de fissão e sobrecarregou o sistema destruindo o reator que em contato com a água (sistema de refrigeração) provocou produção de vapor e um aumento da pressão, provocando uma explosão de vapor e liberando produtos de fissão para a atmosfera; a força da explosão liberou uma nuvem radioativa que atingiu a parte oeste da antiga União Soviética.

A notícia sobre o acidente só foi feita depois de pressões dos países vizinhos, em especial a Suécia. Após a nuvem radioativa sobrevoar o país, as usinas nucleares registraram altos índices de radiação.

O anúncio de que havia ocorrido o desastre nuclear foi realizado após pressões de diversos países, sobretudo da Suécia, que registrou altos índices de radiação, com xenônio e criptônio varrendo



ISTO É / SITE

Reator de Chernobyl após o acidente

os céus da Escandinávia. Do segundo ao décimo dia após o acidente, cerca de 5.000 toneladas de boro, dolomita, areia, argila, e chumbo foram lançadas no núcleo em chamas por helicóptero, em um esforço para extinguir o fogo e limitar a liberação de partículas radioativas.

Foram registradas 30 mortes logo após o acidente, dentro delas operadores e bombeiros; uma pessoa morreu no local e outra foi levada ao hospital com lesões graves; 28 morreram após semanas do acidente de Acute Radiation Syndrome (ARS)*, devido á

alta exposição de radiação. Foram diagnosticadas 237 pessoas com ARS, todas envolvidas na operação limpeza e receberam altas doses de radiação, que levaram a morte posteriormente.

*Acute Radiation Syndrome (ARS), conhecido no Brasil como Síndrome Aguda da Radiação (SAD), consiste em uma síndrome com sintomas e sinais clínicos devido à alta exposição do organismo a uma determinada quantidade de radiação em um determinado período de tempo, que pode variar de horas a meses.

Fonte: Isto É (2018) e World Nuclear Association (2016)

Anatoliy Rasskazov foi o primeiro a fotografar a usina.

Rasskazov foi o primeiro a fotografar os destroços da usina no dia 26 de abril de 1986, na manhã seguinte ao desastre. O fotógrafo relata que foi até o local onde autoridades estavam trabalhando, e entendeu que eles não sabiam realmente se a zona ativa do reator estava destruída ou não. Eles queriam fotos tiradas de cima para ver o que realmente aconteceu.

O fotógrafo foi o primeiro a observar sobre a usina o estrago que a explosão fez; sobrevoando o local, ele relata que havia muitas cinzas impossibilitando tirar as fotografias. Ele disse: "Camaradas, temos que abrir a janela". Eles protestaram, dizendo que contaminariam o helicóptero. Eles sabiam o que era: o material subindo do reator.

"Quando voltei para casa à meia-noite, vomitei. Eu estava todo vermelho. Eu tive uma ferida na minha testa que não foi curada por 20 anos"

O fotógrafo relatou que a qualidade da foto foi afetada após o contato do filme com as partículas radioativas no ar.

Fonte: BBB News (2006)

10 dias após o acidente, 130 mil pessoas foram evacuadas

Em 27 de abril, cerca de 45 mil moradores foram evacuados de Pripyat (cidade planejada para abrigar os trabalhadores após construção da usina); e em 14 de abril foram evacuadas 116 mil pessoas num raio de exclusão de 30km iniciais, modificado e ampliado para cobrir 43km.

A princípio, os moradores que foram evacuados receberam um alerta que seria por um tempo curto a desocupação do local; levaram apenas documentos e pertences pessoais. De todos habitantes, cerca de 1.000, retornaram não oficialmente para viver dentro da zona contaminada.

Fonte: World Nuclear Association (2018)

Sudoku é um quebra-cabeça baseado na colocação lógica de números. O objetivo do jogo é a colocação de números de 1 a 9 em cada uma das células vazias numa grade de 9x9, constituída por 3x3 subgrades, chamadas regiões. O quebra-cabeça contém algumas pistas iniciais. Cada coluna, linha e região só pode ter um número de cada um dos 1 a 9. Resolver o problema requer apenas raciocínio lógico e algum tempo.

SUDOKU

			8			4	3	6
		2	4	9	3			
		8		5			9	
6	9		3		4			
1	2						4	8
			2		5		7	9
	5			4		1		
			1	3	8	2		
8	4	1			7			

Após trinta anos, muitas plantas, animais, solos e cogumelos ainda estão contaminados



REVISTA GALILEU / CHRISTELS

Especialistas dizem que algumas espécies de alces, veados e lobos estão realmente prosperando na área, graças à falta de interferência humana

Após anos do acidente, os danos devido à radiação são vistos até hoje. A grande proporção de radioatividade que foi espalhada na região elevou os índices de radiação, que posteriormente vieram a desenvolver o câncer da tireoide.

A grande proporção de ar radioativo que se espalhou foi a maior liberação radioativa no meio ambiente já registrada; o material radioativo foi transportado pelo vento sobre a Ucrânia, a Bielorrússia, a Rússia e, em certa medida, sobre a Escandinávia e a Europa.

Pesquisas realizadas na região, com objetivo de investigar a contaminação de alimentos e produtos florestais produzidos localmente na Ucrânia e na Rússia, tiveram como resultados níveis de isótopos radioativos substancialmente mais altos do que os limites permitidos para o consumo humano; em alguns casos, a análise de concentração era de até 16 vezes mais alto.

O céσιο-137, por exemplo, é a maior preocupação para o consumo humano pois ele pode ser facilmente absorvido pelas plantas. Foram detectados em vários produtos altas concentrações do elemento, em destaque no leite, cogumelos selvagens, bagas e carne.

Na região de Riyne, localizada cerca de 200km de Chernobyl foram coletadas 50 amostras de leite, "Todas continham céσιο-137 em níveis acima do valor limite estabelecido para o consumo por adultos na Ucrânia, e todos estavam substancialmente acima do limite" de acordo com relatos de Shawn-Patrick Stensil, analista sênior de energia do Greenpeace e coautor do relatório.

Além disso, na região da Zona de exclusão de Chernobyl se tornou um "habitat" de vida selvagem próspera.

O efeito ambiental do acidente tem sido muito maior na biodiversidade e abundância de espécies. A zona de exclusão tornou-se um santuário único para a vida selvagem, os especialistas dizem que algumas espécies de alces, veados e lobos estão realmente prosperando na área, graças à falta de interferência humana.

Outro exemplo é na fauna: coníferas em cerca de 10 quilômetros quadrados de floresta perto da usina foram mortas pelos altos níveis de radiação, mas a regeneração começou a partir do ano seguinte.

Fonte: Revista Galileu (2018) The Guardian (2015) e News Vice (2016)

Novo "sarcófago" é inaugurado em Chernobyl

Mais de 40 governos contribuíram com cerca de US \$ 1,6 bilhão para a construção do New Safe Confinement. Mais de 10.000 pessoas diferentes contribuíram para a construção da estrutura, com 354 pés de altura e impressionantes 843 pés de largura.

30 anos após o desastre nuclear em Chernobyl, as autoridades ucranianas anunciaram o sucesso do isolamento do reator danificado. Depois de todo esse tempo, o pior desastre nuclear da humanidade ainda é tão perigoso que o mundo precisa concluir um megaprojeto internacional apenas para mantê-lo seguro. O projeto, chamado New Safe Confinement, teve 40 governos que contribuíram com cerca de US \$ 1,6 bilhão para sua construção. Mais de 10.000 pesso-

SSE CHERNOBYL NPP



New Safe Confinement, foto construção em 2014 (parte externa)

1986 - Acidente nuclear na central nuclear de Chernobil, Ucrânia

as diferentes contribuíram para a construção da estrutura, com 354 pés de altura e impressionantes 843 pés de largura. Ele tem uma incrível variedade de “recursos de design”, para dar uma vida útil de 100 anos ou mais. Em atendimento à cerimônia de conclusão, o presidente ucraniano, Poroshenko, chamou de “a maior construção móvel que a humanidade já criou”.

A exposição de longo prazo à área ao redor de Chernobyl é tão perigosa que rapidamente se decidiu que o máximo possível da construção teria que ser feito fora do local, com um mínimo de montagem ocorrendo no próprio reator.

Treze enormes arcos de aço foram construídos e entregues no local, onde foram colocados no lugar para criar a estrutura de um recinto grande o suficiente para abrigar a Catedral de Notre Dame e conter um dos ambientes mais tóxicos da Terra. As tampas planas e verticais são construídas separadamente e formam uma vedação com o invólucro original do reator, sem serem apoiadas por ele.

O projeto é chamado New Safe Confinement por um motivo: em oposição a Containment (contenção, em português). A contenção é o processo de evitar que os gases radioativos escapem, e é o que a maioria dos reatores ativos do mundo precisa fazer - o que Chernobyl em si catastróficamente não conseguiu como resultado das explosões de 1986 e do colapso final.

SSE CHERNOBYL NPP



Ele foi construído para resistir a condições climáticas extremas, incêndios, terremotos e muito mais; foi feito sem perder o confinamento por um século ou mais.

O confinamento, por outro lado, consiste em manter amostras radioativas sólidas, como as que estão no coração de Chernobyl de atingir ou afetar o mundo exterior. Ele foi construído para resistir a condições climáticas extremas, incêndios, terremotos e muito mais; e foi feito sem perder o confinamento por um século ou mais.

Fonte: Folha UOL (2016)

Por que ingerir iodo em caso de exposição à radioatividade?



G1 GLOBO / SITE

A ingestão prévia de iodo estável é um meio eficaz de proteger a glândula tireoide do câncer de tireoide e outros efeitos, especialmente entre as crianças.

-te na tireoide. O iodo radioativo é cancerígeno pois ataca as células do tecido desta glândula.

O iodeto de potássio também se armazena na tireoide. Se for administrado em comprimidos de altas doses, a glândula ficará sobrecarregada e não conseguirá mais absorver iodo – nem o inofensivo nem o radioativo, ou seja, se o iodeto de potássio for administrado de forma suficiente na glândula de tireoide, não haverá “espaço” para o iodo radioativo.

É importante notar que a ingestão estável de iodo apenas protege contra o câncer de tireoide, e não qualquer outro câncer que possa surgir após a exposição aos muitos outros elementos radiativos que seriam liberados se um acidente ou incidente nuclear grave ocorresse. No entanto, é o único câncer que podemos prevenir ou mitigar, se forem feitas preparações antecipadas.

A ingestão prévia de iodo estável (muitas vezes iodeto de potássio, ou seja, KI) é um meio eficaz de proteger a glândula tireoide do câncer de tireoide e outros efeitos da tireoide, especialmente entre as crianças.

Mas é necessário consumir iodo estável imediatamente após um incidente nuclear: a melhor maneira de prever isso é a distribuição antecipada de iodo estável antes de qualquer acidente ou incidente.

O Ministério Alemão do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) recomenda a ingestão de comprimidos de iodo pela população que vive num raio de até 100 quilômetros da usina atingida.

Fonte: G1 Globo (2018)

No caso de um acidente ou incidente nuclear, as três principais respostas são abrigo, evacuação e profilaxia estável com iodo. Neste jornal, iremos discutir apenas sobre profilaxia com iodo.

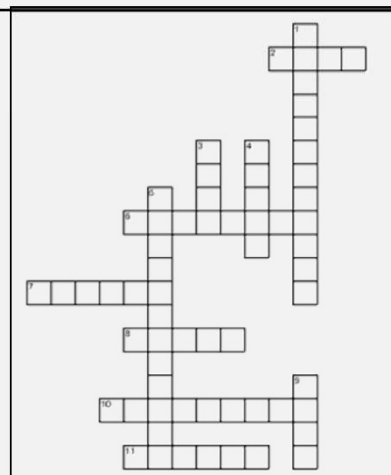
O iodo radioativo é um subproduto da fissão de átomos de urânio. Dois processos que levam à criação do iodo radioativo são as reações de fissão de urânio como combustível em reatores nucleares e seu uso como material explosivo em bombas atômicas.

Em um acidente nuclear, o iodo radioativo é uma das substâncias que se liberaria no ambiente. Ele facilmente pode ser absorvido pelo ar, alimentos e até mesmo pela pele, e consequentemente ser armazenado naturalmen-



PALAVRA CRUZADA RADIOATIVA

- Nome do tratamento para o câncer que usa exposição de tecidos à radiação.
- Nome da radiação que possui maior poder de penetração na matéria.
- Nome da partícula com poder de penetração na matéria intermediário entre as radiações alfa e gama.
- Nome do elemento que foi peça chave no acidente ocorrido no Brasil, na cidade de Goiânia, em 1987.
- Nome dado ao tipo de usina que produz energia elétrica a partir da energia liberada na fissão nuclear.
- Tempo necessário para que uma amostra radioativa tenha sua massa diminuída pela metade.
- Nome dado ao fenômeno da colisão de um nêutron em um elemento pesado, fato que dá origem a elementos de menor massa.
- Fenômeno que ocorre em estrelas como o sol e que explica a origem dos elementos químicos.
- Nome da partícula produzida por decaimento radioativo constituída por dois prótons e dois nêutrons.
- Maior acidente nuclear da história, ocorrido em 1986 na Ucrânia.
- Elemento utilizado como combustível nuclear e em bombas atômicas, o qual requer um processo de enriquecimento.



O Brilho da Morte: Césio-137 em ferro velho espalha radioatividade em Goiânia

No dia 13 de setembro de 1987, dois catadores de sucata encontraram um aparelho contendo uma peça radioativa, que foi aberto, em Goiânia-Goiás. O equipamento continha uma capsula contendo césio-137 e estava num prédio abandonado onde funcionava uma clínica desativada para tratamento de câncer; a capsula estava envolta por chumbo para proteção das radiações. Eles levaram o pedaço pesado para vendê-lo a um comerciante de sucata, Devair Alves Ferreira, 33, em cujo quintal foi deixado.

Quando o Sr. Ferreira e vários outros trabalhadores separaram a máquina, eles usaram martelos pesados para abrir um pedaço grosso de chumbo. Lá dentro, encontraram o pó azulado brilhante que, disseram mais tarde aos médicos, brilhava no escuro.

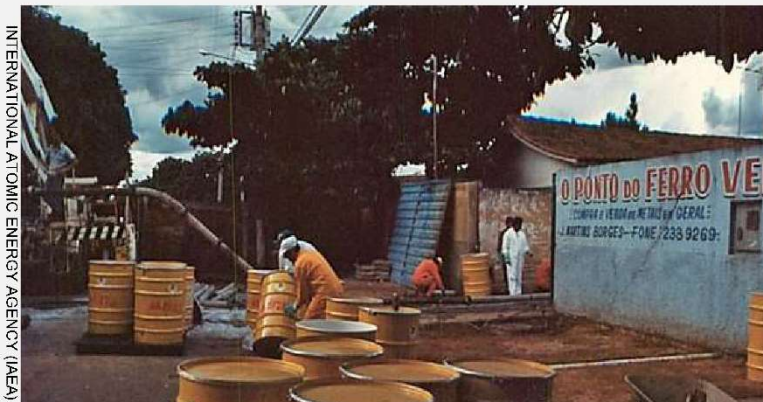
Atraídos pelo pó bonito, várias pessoas manejaram e examinaram. Leide Ferreira, a filha de 6 anos do comerciante, chegou a esfregá-lo em sua pele. Ela então comeu um pedaço de pão, contaminado por suas mãos, introduzindo assim as partículas letais em seu estômago. O acidente só foi descoberto após sentirem os sintomas do contágio; o material foi levado à Vigilância Sanitária constatando que o material era radioativo. Seis das vítimas mais seriamente afetadas tiveram sintomas que incluem perda de cabelo, queimaduras na pele, vômitos e diarreia.

Leide, de 6 anos, que ingeriu e brincou com o "pó" radioativo, morreu em 23 de outubro; ela foi enterrada em um caixão de chumbo, selado com concreto.

Vale lembrar que o césio-137 é um sal em forma de cloreto, tem características nucleares perigosas (emite partícula β e tem vida-média de 30 anos); é um sal solúvel em água, muito semelhante ao sal comum e que, portanto, é absorvido pelo organismo com extrema facilidade.

Os cientistas disseram que o governo no início demorou em reconhecer a magnitude da emergência e organizar uma resposta adequada.

Técnicos com contadores geiger e outros instrumentos rastream e limpam a contaminação. O perigoso material radioati-



O desastre fez centenas de vítimas, todas contaminadas por meio de radiações emitidas por uma única cápsula que continha césio-137.

-vo está em uma forma problemática, um pó que aparentemente se espalhou por todo bairro. Variados são os graus de exposição.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear foi acionada e bloqueou uma área de 2.000 metros quadrados; casas e ruas foram isoladas, técnicos e especialistas visitaram o local. Os atendimentos foram feitos no Estádio Olímpico de Goiânia, e os casos mais graves foram transferidos para o Rio de Janeiro. Uma criança morreu após ingerir o material, quando se alimentou com as mãos sujas do césio-137.

Milhares de pessoas foram contaminadas por radiação de césio-137; confirmação de 4 mortes. A tragédia causou uma comoção internacionalmente e o acidente ficou conhecido como "Cesio-137-o brilho da morte".

Fonte: Feltre (2004), Globo (2016) e World Nuclear Association (2018)

Com cuidados 'extremos', depósito em Abadia de Goiás guarda 6 mil toneladas de rejeitos do césio-137

Durante a desmontagem, os catadores chegaram até a cápsula que armazenava 19 gramas de césio-137, gerando cerca de 6 mil toneladas de material contaminado.

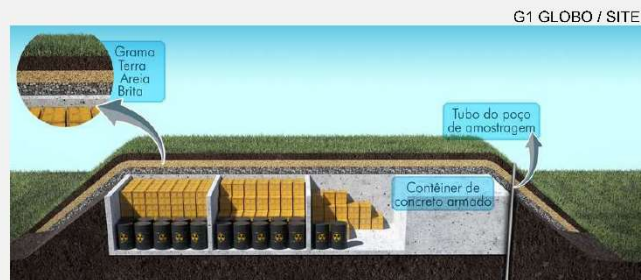
Num depósito especial, isolados, vigiados e enterrados em duas enormes caixas de concreto estão rejeitos e lembranças que aterrorizaram moradores de Goiânia há 30 anos. Há lixo contaminado com o césio-137, como roupas, móveis e até casas. Todo o material está em um imenso depósito, em Abadia de Goiás, a 20 km da capital.

"Ali, foi colocado o que apresentava mais radioatividade, incluindo 50 veículos, nove casas totalmente demolidas e 45 ruas inteiras que foram arrancadas. Além disso, também há árvores, roupas, utensílios domésticos e animais que tiveram de ser sacrificados"

(Explicação do assistente em Ciência e Tecnologia do CRNC-CO, Marco Antônio Pereira da Silva.)

A fonte onde foi encontrado o césio-137 também está nesse recipiente. Todo o material foi colocado dentro de caixas e tambores de aço e acondicionados dentro do contêiner. Os espaços vagos que ainda persistiram foram preenchidos por uma mistura de argila e betonita, um material aglutinante e absorvente.

O espaço onde estão os rejeitos fica em uma área de 32 alqueires, dentro do Parque Estadual Telma Otergal, às margens da



Depósito onde estão enterrados dejetos do césio-137, em Goiás.

BR-060. Lá, foi construído o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRNC-CO), que é vinculado à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Sua função é monitorar o entulho do césio e promover pesquisas na área ambiental ligadas à radioatividade; para isso, realizam-se coletas do solo através do tudo de amostragem.

"Temos aqui o que é considerado o mais moderno em relação a depósito de material radioativo. Nunca houve uma contaminação. A caixa é praticamente inviolável!", pontua Silva.

Fonte: G1 Globo (2017)

Terremoto de 8,9 na escala de Richter perto da costa noroeste do Japão e um tsunami subsequente afetaram severamente a usina nuclear de Fukushima em Fukushima.



Desastre nuclear de Fukushima

NOVA ESCOLA / AMPUDIA

Na madrugada do dia 11 de março de 2011, o Japão sofreu um terremoto de 8,9 graus na escala Richter, sequencialmente a um tsunami, provocando danos na usina nuclear de Fukushima. O tsunami inundou cerca de 560 km² e resultou em um número de mortes humanas de cerca de 19.000 e muitos danos a portos e cidades costeiras, com mais de um milhão de edifícios destruídos ou parcialmente destruídos.

Na região estas localizadas 11 usinas nucleares. Todas entraram em processo de desligamento, mas, mesmo assim, após o desligamento os reatores precisam ser resfriados, pois mesmo cortando a geração energia elétrica o processo de fissão ainda continua. Após uma hora do tremor, a usina de Fukushima foi atingida pelo tsunami. Técnicos japoneses imediatamente decidiram utilizar medidas alternativas para o resfriamento, a injeção de água do mar nos reatores e o processo

de fissão acontecendo. Houve três explosões na manhã da segunda-feira (14).

Segundo o governo japonês, houve vazamento de material radioativo e os níveis de radiação no local chegaram a oito vezes o limite estabelecido. O governo entrou com medida de evacuação do local imediatamente em uma área de 20 km ao redor da usina, seguindo as medidas estabelecidas pelo manual de operações para crises em usinas.

Fonte: Nova Escola (2016) e World Nuclear Association (2018)

A contaminação da radioatividade na água, solo e ar de Fukushima

Em relação às emissões para o ar e também para o vazamento de água de Fukushima, o principal radionuclídeo, dentre os muitos tipos de produtos de fissão no combustível, era o volátil iodo-131, que tem uma meia-vida de 8 dias. O outro principal radionuclídeo é o cézio-137, que tem uma meia-vida de 30 anos e é facilmente transportado pelo ar; quando precipitado pela chuva, pode contaminar a terra por algum tempo. O Cs-134 também é produzido e disperso, tem uma meia-vida de dois anos. O cézio é solúvel e pode ser ingerido no corpo, mas não se concentra em nenhum órgão específico e tem uma meia-vida biológica de cerca de 70 dias.

Como o resfriamento falhou no primeiro dia, as evacuações foram progressivamente ordenadas, devido à incerteza sobre o que estava acontecendo dentro dos reatores e os possíveis efeitos. Na noite de sábado, 12 de março, a zona de evacuação foi ampliada para 20 km da usina. Há alguma incerteza sobre a quantidade e as fontes exatas de radiação nas liberações para o ar.

Em nota, dia 11 de março de 2016, matéria de Vanessa Barbosa, do EXAME.com,

Informou: há água contaminada da usina com materiais radioativos, entre eles iodo, estrôncio, cézio e plutônio, hoje o principal desafio da operadora da usina, a Tokyo Electric Power Co, ou Tepco. Guardam mais de mil tanques gigantes com líquido tóxico do reator, e o governo japonês não faz ideia do que fazer com isso.

Segundo comunicado de imprensa do corpo de pesquisa do Greenpeace, publicado dia 4 de março de 2016, a equipe vem fazendo pesquisas no local nestes últimos 5 anos, os impactos ambientais da tragédia infelizmente se tornam cada vez mais aparentes. De acordo com uma nova análise do Greenpeace Japão, "não há fim à vista" para as consequências ecológicas; os impactos ambientais já estão se tornando aparentes, com estudos que incluem mutações em árvores, danos no DNA de seres vivos da região, além de montanhas e bacias hidrográficas contaminadas pela radiação por "décadas e séculos". Greenpeace já realizou 25 exames radiológicos em Fukushima desde março de 2011.

Fonte: Greenpeace (2016), Exame (2016) e World Nuclear Association (2018)

GREENPEACE / SITE



"Nunca mais" durante a amostragem das operações na costa da usina nuclear de Fukushima Daiichi, no Japão (março de 2016)

Referências

AMPUDIA, Ricardo. **Entenda o acidente nuclear em Fukushima, no Japão**. Nova Escola. Disponível em: <http://novaescola.org.br/conteudo/261/entenda-o-acidente-nuclear-em-fukushima-no-japao> . Acesso em: 22 mai. 2018.

BARBOSA, Vanessa. 5 anos após o desastre nuclear de Fukushima. **EXAME.com**, São Paulo, 11 mar 2016. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/mundo/album-de-fotos/5-anos-apos-o-desastre-nuclear-de-fukushima-em-imagens>. Acesso em: 22 mai. 2016.

BBB NEWS. **Chernobyl voices**: Anatoly Rasskazov. 2006. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/6177927.stm>. Acesso em: 19 jul. 2018.

EXAME.COM. **As cicatrizes nucleares 30 anos após o inferno de Chernobyl**. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/mundo/as-cicatrizes-nucleares-30-anos-apos-o-inferno-de-chernobyl/>. Acesso em: 11 set. 2018.

FOLHA UOL. **Nova Cúpula de segurança para reator de Chernobyl inaugurada**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2016/11/1836742-nova-cupula-de-seguranca-para-reator-de-chernobyl-e-inaugurada.shtml>. Acesso em: 19 jul. 2018.

FORBES. **How To Get Ready For Big System Failure Headed Your Way**. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/brookmanville/2018/07/08/how-to-get-ready-for-big-system-failure-headed-your-way/#70f40c7c528e> . Acesso em: 30 jul. 2018.

G1 GLOBO. **Com cuidados extremos depósito em Abadia de Goiás guarda 6 mil toneladas de rejeitos do césio 137**. Disponível em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/com-cuidados-extremos-deposito-em-abadia-de-goias-guarda-6-mil-toneladas-de-rejeitos-do-cesio-137.ghtml>. Acesso em: 19 jul. 2018.

G1 GLOBO. **Por que ingerir iodo em caso de exposição a radioatividade**. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/noticia/por-que-ingerir-iodo-em-caso-de-exposicao-a-radioatividade.ghtml>. Acesso em: 19 jul. 2018.

GLOBO.COM. **Acidente radioativo em Goiânia – Césio 137**. Disponível em: <http://memoriaglobo.globo.com/programas/jornalismo/coberturas/acidente-radioativo-em-goiania-cesio-137/acidente-radioativo-em-goiania-cesio-137-a-historia.htm> Acesso em: 11 set. 2016

GREENPEACE. **Fukushima nuclear disaster: 5 years on and no end in sight**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/international/en/news/Blogs/nuclear-reaction/fukushima-nuclear-disaster-5-years/blog/55815/> Acesso em: 11 set. 2018.

GREENPEACE. **Fukushima nuclear disaster will impact forests, rivers and estuaries for hundreds of years, warns Greenpeace report**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/international/en/press/releases/2016/Fukushima-nuclear-disaster-will-impact-forests-rivers-and-estuaries-for-hundreds-of-years-warns-Greenpeace-report/> Acesso em: 11 set. 2018

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **The radiological accident in Goiânia**. Vienna, 1988.

ISTO É. **A tragédia em Chernobyl**. 2016 Disponível em: <https://istoe.com.br/tragedia-em-chernobyl/>. Acesso em: 19 jul. 2018.

REDAÇÃO GALILEU. Lobos de Chernobyl estão deixando a 'zona de exclusão' nuclear. **Galileu Online**. Ed. 213, abr. 2009. Disponível em:

<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2018/07/lobos-de-chernobyl-estao-deixando-zona-de-exclusao-nuclear.html> . Acesso em: 30 jul. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. About **State Specialized Enterprise “Chernobyl NPP” (SSE ChNPP)**. Disponível em: <https://chnpp.gov.ua/en/about> . Acesso em: 20 ago. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. **New Safe Confinement from inside (2014)**. Disponível em: <https://chnpp.gov.ua/en/infocenter/photos/category/68-march-20-2014> . Acesso em: 20 ago. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. **New Safe Confinement from inside (2016)**. Disponível em: https://chnpp.gov.ua/panorama/360/near_nsc.html. Acesso em: 20 ago. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. **Photos - Accident 1986**. Disponível em: <https://chnpp.gov.ua/en/infocenter/photos/category/9-avariya-1986-roku-3>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. **Photos - History**. Disponível em: <https://chnpp.gov.ua/en/infocenter/photos/category/6-istoriya-em>. Acesso em: 20 ago. 2018.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Three Mile Island Accident**. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/three-mile-island-accident.aspx>. Acesso em: 27 set. 2018.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Fukushima Daiichi Accident**. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/informationlibrary/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-accident.aspx>. Acesso em: 11 set. 2018.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Chernobyl Accident 1986**. Disponível em: <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>. Acesso em: 11 set. 2018.

THE GUARDIAN. **Wildlife thriving around Chernobyl nuclear plant despite radiation**. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2015/oct/05/wildlife-thriving-around-chernobyl-nuclear-plant-despite-radiation>. Acesso em: 19 jul. 2018.

NEWS VICE. **30 years after the Chernobyl disaster locals are still eating radioactive food**. Disponível em: <https://news.vice.com/article/30-years-after-the-chernobyl-disaster-locals-are-still-eating-radioactive-food>. Acesso em: 19 jul. 2018.

11. URÁRIO	3	6	9	7	2	5	1	4	8
10. CHERNOBYL	4	5	2	8	1	3	6	7	9
9. ALFA	2	5	3	9	4	6	1	8	7
8. FUSÃO	7	8	1	6	9	3	4	5	2
7. FISSÃO	9	6	7	5	2	1	8	3	4
6. MERVADA	8	4	3	6	9	7	5	2	1
5. TERMONUCLEAR	1	2	5	8	4	3	6	9	7
4. CÉSIO	6	9	7	3	8	4	5	2	1
3. BETA	4	3	8	6	5	1	7	9	2
2. GAMA	7	6	2	4	9	3	8	1	5
1. RADIOITERAPIA	5	1	9	8	7	2	4	3	6