

RADIOATIVIDADE

FAZ BEM ? OU FAZ MAL?



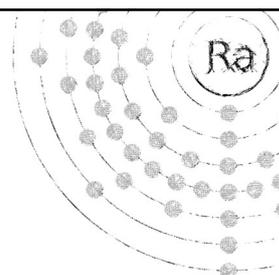
GEAN APARECIDO ZAPATEIRO
ZENAIDE DE FÁTIMA DANTE CORREIA ROCHA
MÁRCIA CAMILO FIGUEIREDO

Produto Educacional do Mestrado Profissional realizado por Gean Aparecido Zapateiro sob a orientação da 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.

TERMO DE LICENCIAMENTO

Este Produto Educacional está licenciado 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.





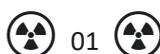
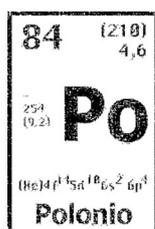
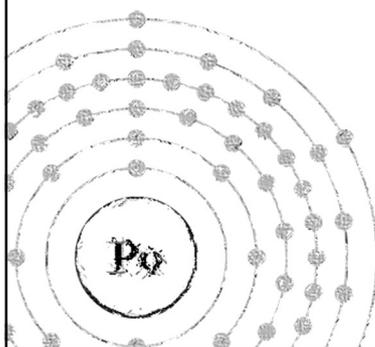
APRESENTAÇÃO

Esta obra de Gean Aparecido Zapateiro, Márcia Camilo Figueiredo e Zenaide de Fatima Dante Correia Rocha aborda um tema importante, mas pouco discutido no ensino: Radioatividade.

O trabalho surgiu como uma necessidade de tornar o tema mais conhecido por seus inúmeros benefícios a humanidade, principalmente no desenvolvimento da medicina nuclear.

Embarque em uma leitura de conhecimentos do contexto histórico e social de evolução e construção da Radioatividade, principalmente segundo contribuições de Wilhelm Conrad Röntgen, Antoine-Henri Becquerel e do Casal Pierre e Marie Curie, as quais resultaram na descoberta dos elementos químicos Polônio e Rádio, culminando com a nova era nuclear.; Neste livro iremos embarcar em uma aventura e responder: “A Radioatividade faz BEM ou faz MAL?”

Este Livro Paradidático é parte dos resultados de uma pesquisa do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, da UTFPR- Câmpus Londrina, consta no Apêndice H da dissertação intitulada “FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES DE UM CURSO DE HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE”, no qual 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).





SUMÁRIO

Vamos pensar um pouco.....	05
1. INTRODUÇÃO: RADIAÇÃO.....	07
2. VAMOS CONHECER UM POUCO DA HISTÓRIA.....	09
AS DESCOBERTAS DE PIERRE E MARIE CURIE.....	13
3. EMISSÕES RADIOATIVAS.....	25
TIPOS DE EMISSÕES RADIOATIVAS.....	26
EMISSÃO ALFA (α).....	27
EMISSÃO BETA (β).....	27
EMISSÕES GAMA (γ).....	28
4. CINÉTICA DA DESINTEGRAÇÃO RADIOATIVA.....	31
5. FISSÃO NUCLEAR.....	33
MAS COMO FUNCIONA UMA BOMBA ATÔMICA?.....	36
REATORES ATÔMICOS OU NUCLEARES.....	37
LIXO NUCLEAR.....	39
PRODUÇÃO DO URÂNIO	41
PRODUÇÃO DE URÂNIO NO MUNDO E NO BRASIL.....	42
6. FUSÃO NUCLEAR.....	45
7. APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE.....	47
MEDICINA NUCLEAR.....	48
AGRICULTURA NUCLEAR.....	52
ARQUEOLOGIA E GEOLOGIA.....	54





8. CURIOSIDADES.....	57
9. PERIGOS DA RADIAÇÃO	58
10. ACIDENTES RADIOATIVOS.....	61
1979 - Three Mile Island, EUA	63
1986 - Chernobyl, Ucrânia.....	65
1987 - Césio 137, Goiânia, Brasil.....	70
2011 - Fukushima, Japão.....	72
11. FAZ BEM ? OU FAZ MAL?.....	75
REFERÊNCIAS.....	77

Vamos pensar um pouco...



Hoje em dia, a humanidade confunde o termo radioatividade com radiação. Iremos entender que radioatividade é um tipo de radiação classificada como radiação ionizante. Mas, calma! Antes de compreender o que é radioatividade, precisamos definir como a radioatividade está classificada no termo RADIAÇÃO.

Em algum momento na vida, você já deve ter ouvido falar da palavra radiação! E, geralmente, esse termo leva as pessoas a pensarem em algo que causa malefícios à saúde e ao ambiente. Esse fato pode estar atrelado a divulgações de informações incompletas transmitidas em meios de comunicação social. Bom, está na hora de reverter esse conceito equivocado e entender o real significado de radiação.

Cuidado! Se você estiver lendo este livro no formato “e-book”, estarás expostos a um tipo de radiação; quando acordou e abriu a janela, recebeu radiação; quando ligou o micro-ondas para esquentar algum alimento, também esteve exposto à radiação... Mas, calma! Esse tipo de radiação não faz mal ao ser humano. Olha, ela faz parte do seu dia-a-dia.

Bom, neste livro iremos embarcar numa viagem irradiante para compreender melhor “O que é radiação? Quais os tipos existentes? Qual tipo de radiação é prejudicial? Tem noção básica sobre quais são as utilizações das radiações?”

Todas essas perguntas oferecerão conhecimentos básicos necessários para iniciarmos nossa jornada sobre a “radioatividade”.





1. INTRODUÇÃO: RADIAÇÃO

Você sabia que a radiação está presente no seu dia a dia? Pois é, desde o surgimento do homem na terra, somos expostos a radiação que é a forma mais familiar que conhecemos: a radiação solar.

A radiação é a forma em que a energia se propaga no vácuo ou em qualquer tipo de matéria (sólido, líquido ou gasoso) através de uma onda eletromagnética ou partículas. A radiação está presente de forma natural (na atmosfera, sol, estrelas e etc.) ou artificial (micro ondas, raio-x, lâmpadas e etc.).

A radiação é classificada em duas categorias: a radiação ionizante e a não ionizante.

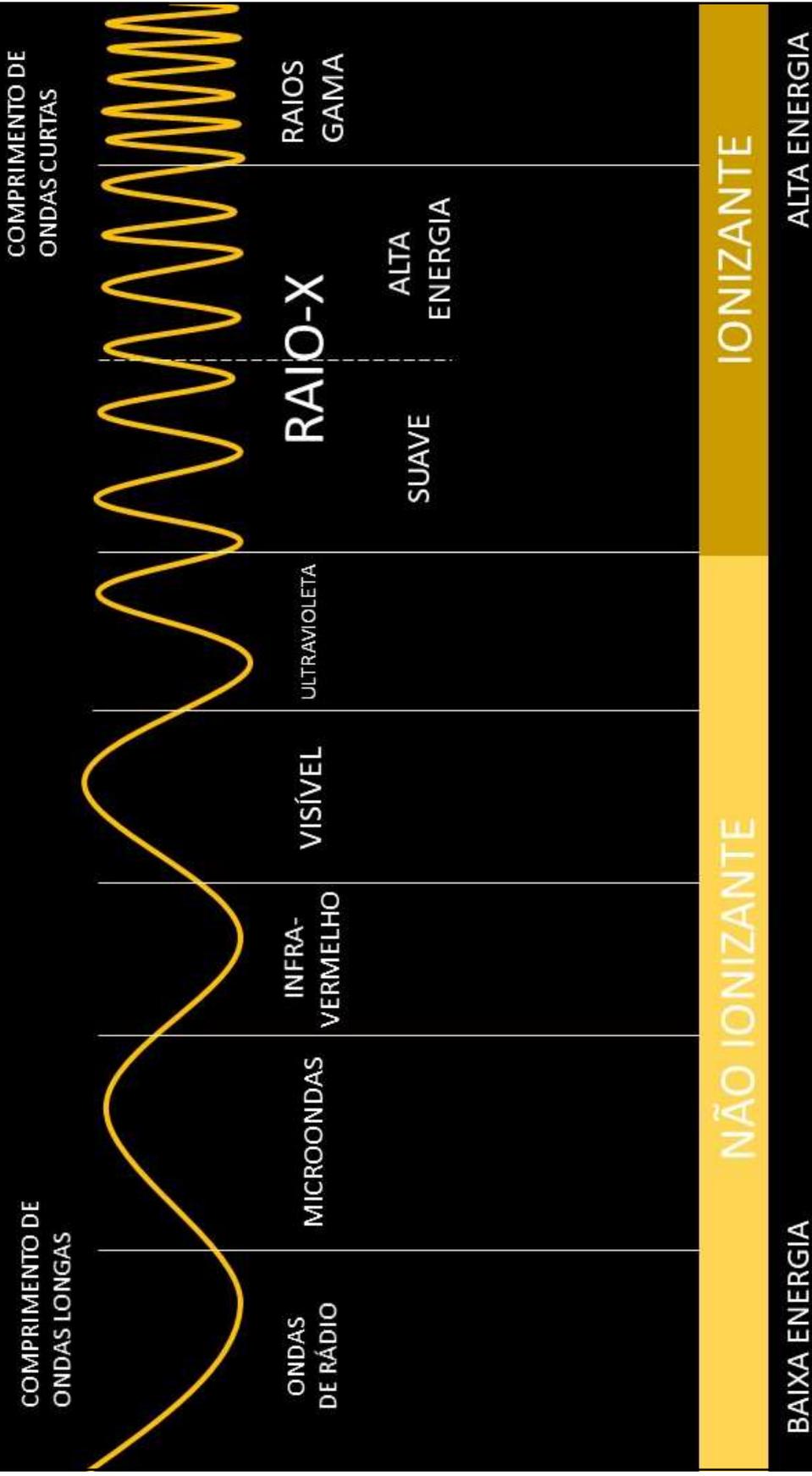
- **Ionizante:** possui energia suficiente para retirar os elétrons de seus átomos, mudando as estruturas dos átomos e moléculas. O processo é conhecido como ionização (há alteração da massa e/ou a carga de um átomo ou molécula).
- **Não ionizante:** possui menos energia do que a radiação ionizante; impossibilita a ionização de átomos ou moléculas.

Na próxima página pode-se observar onde as radiações do tipo ionizante e não ionizante estão presentes no nosso dia a dia.



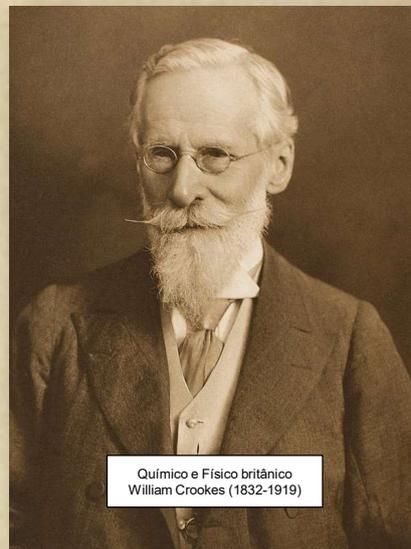
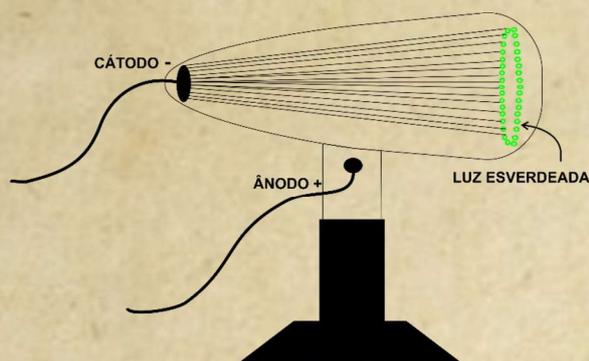
A RADIOATIVIDADE! Iremos estudá-la neste livro, ela está classificada como radiação ionizante. Compreendendo a sua classificação, iniciaremos o estudo do tema, mas antes precisamos entender um pouco de sua história.

RADIAÇÃO

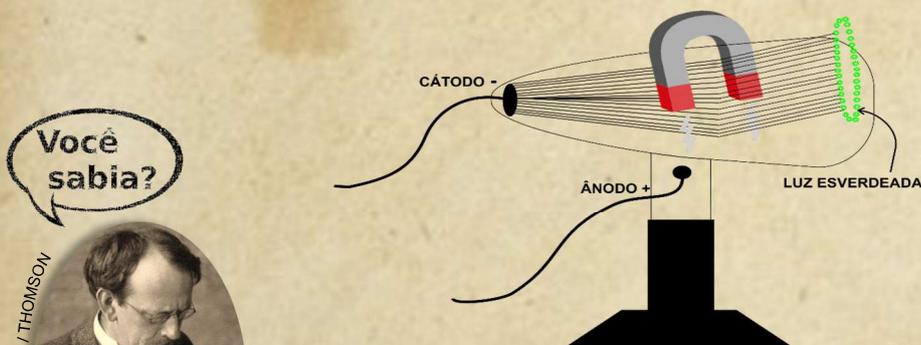


2. VAMOS CONHECER UM POUCO DA HISTÓRIA...

Em 1875, William Crookes (1832-1919) descobriu os raios catódicos em um experimento que envolvia a Ampola de Crookes, como ilustra o esquema simplificado abaixo.

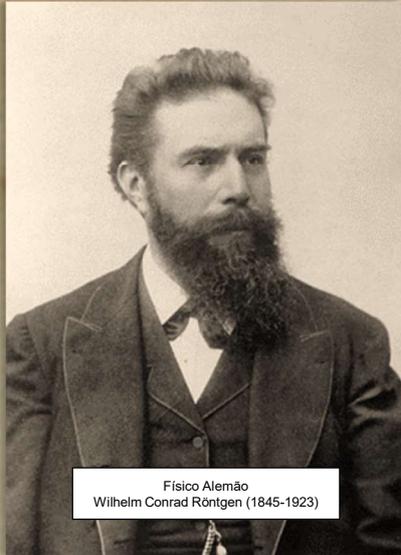


O cientista concluiu que os raios catódicos eram constituídos por partículas negativas, pois sofriam deflexões em presença de campos elétricos ou magnéticos, como demonstrado na figura a seguir. Crookes provou que o cátodo não emitia raios luminosos, e sim partículas de carga negativa.



Próximo de 1897, o cientista **Joseph John Thomson** ao investigar raios catódicos, definiu que a massa das partículas cuja carga negativa era menor que o mais leve dos átomos (mais leve que o hidrogênio), chegou a conclusão de que o átomo era constituído por partículas negativas, denominando assim, os raios catódicos de elétrons.

Nessa época a teoria atômica de Dalton foi refutada. O átomo não é mais indivisível! Era constituído de cargas elétricas positivas e negativas distribuídas uniformemente, portanto, o modelo proposto por Thomson ficou conhecido como "pudim de passas".



Físico Alemão
Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)

NOBELPRIZES.ORG / RONTGEN

Após duas décadas, em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) modificou a Ampola de Crookes. Röntgen estudou a condutividade dos gases, para isso, envolveu a ampola em uma cartolina preta, de tal forma que nenhuma luz ou raio poderia vir dela, a sala permanecia totalmente escura; perto da ampola havia uma folha de papel, usada como tela, tratada com Platinocianeto de bário. Assim, quando a ampola recebia uma descarga elétrica, a tela começava a brilhar, emitindo luz.

Neste contexto, acidentalmente Röntgen, ao passar a sua mão em frente à ampola, pôde ver os seus ossos na tela, concluiu então que a ampola, mesmo sendo envolvida com papel preto, emitia um raio que atravessava o papel e emitia um brilho na tela, portanto um novo tipo de radiação foi descoberto, denominado de raios X.

Röntgen trabalhava sozinho, fez novas investigações e repetiu a experiência da qual elaborou um relatório preliminar. Em dezembro de 1895, entregou à Sociedade Físico Médica de Würzburg, Alemanha, o relatório da sua descoberta, denominada de raios X. Foram publicados diversos artigos, e sua descoberta ficou muito conhecida em jornais e revistas. E, em 1901, recebeu o Prêmio Nobel de Física.



PHILADELPHIA: INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING / MOULD

Duas semanas após sua descoberta, Röntgen levou o primeiro raio-X da mão de sua esposa para à Sociedade Físico Médica de Würzburg, Alemanha.

Em janeiro de 1896, o matemático francês Henri Poincaré (1854-1912) recebeu de Röntgen as suas fotografias, para mostrá-las aos seus colegas da Academia de Ciências da França. E, Antoine Henri Becquerel (1852-1908) se impressionou com os estudos de Röntgen, e pensou na possibilidade de relacionar seus trabalhos de fluorescência com a descobertas.

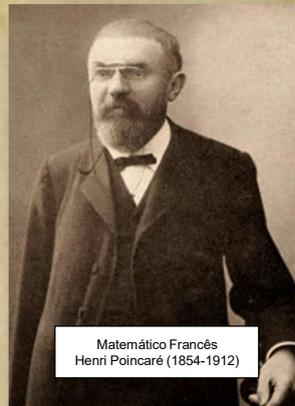
Becquerel perguntou a Henri Poincaré de qual parte da ampola emergiam os raios. Ele respondeu que eram emitidos provavelmente da área da ampola oposta ao cátodo, local em que o vidro se tornava fluorescente. Assim, imediatamente Becquerel procurou uma relação entre raios X e fluorescência. Surpreso, iniciou sua pesquisa que levaria ao avanço da radioatividade.

Com a descoberta de Röntgen, Becquerel ficou curioso para verificar se as substâncias fosforescentes ou fluorescentes também emitiam raios X. Utilizou em seu experimento sais de Urânio.

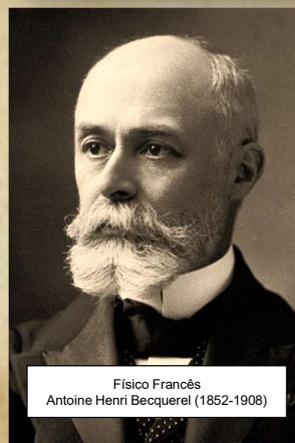
Nesta época, os sais de Urânio eram muito utilizados para estudos de luminescência, porque continham várias substâncias fosforescentes, como o Urânio, e pelo fato de sua fluorescência ser extremamente forte.

No experimento além dos sais Becquerel utilizou uma chapa fotográfica e folhas de papel preto grosso para envolver a chapa. No experimento, alguns “cristais” eram colocados sobre o papel e a chapa, os quais eram levados ao sol, e expostos por várias horas. Quando revelou a chapa fotográfica, percebeu a silhueta da substância fosforescente sobre o negativo.

PHYSICS IN PERSPECTIVE / ZAHAR



Matemático Francês
Henri Poincaré (1854-1912)



Físico Francês
Antoine Henri Becquerel (1852-1908)

NOBELPRIZES.ORG / RONTGEN



≠

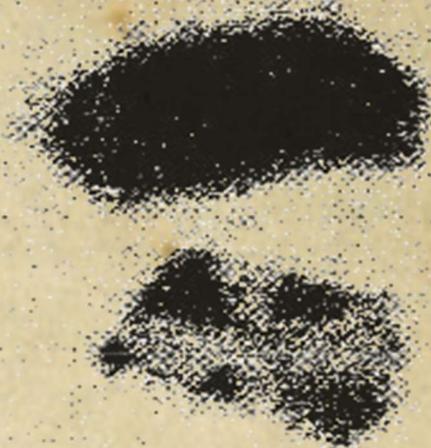


Fosforescente se refere a alguma coisa (composta por substância fosforescente) que tem fosforescência, ou seja, a capacidade de brilhar na escuridão sem emitir calor, após armazenar a energia da luz. Por exemplo: relógios, tomadas, placas de sinalização, entre outros.

Fluorescentes: substância que sofre fluorescência, fenômeno pelo qual a substância emite luz quando exposta a radiações do tipo ultravioleta, raios catódicos ou raios X. Por exemplo, alguns animais quando expostos a radiação de luz negra (refere-se da luz UV-A ou luz ultravioleta) emitem luminosidade.

20 - 1896. 90. Salle d'Exposition de la Philadelphie
Papier noir. Cuvette de Uranium
Exposé au soleil le 27. et à la lumière diffuse le 28 -
Philadelphie le 1^{er} Mars.

PHILADELPHIA: INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING / MOULD



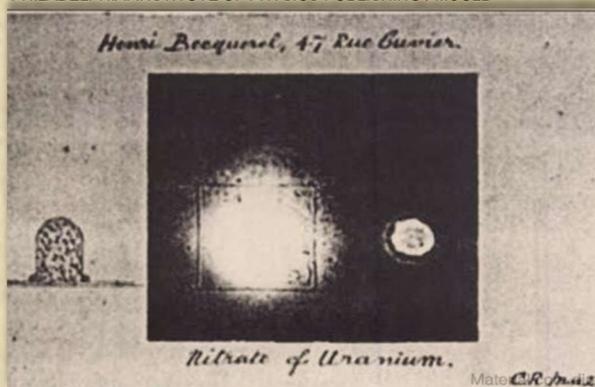
Fotografia de Becquerel, datada de 2 de março de 1896, registrando o experimento o qual realizou a descoberta da Radioatividade.

Em fevereiro, na cidade de Paris, Becquerel não pode prosseguir com seus experimentos, porque houve pouco sol. Então, guardou em sua gaveta o sal de Urânio envolvido em papel sobre as chapas fotográficas.

No mês seguinte, como o sol ainda não havia aparecido, ele decidiu revelar as chapas. Sua expectativa era encontrar as chapas pouco demarcadas, mas ocorreu o oposto: silhuetas apareceram com grande nitidez. A princípio, Becquerel acreditava que os sais emitiam radiações por terem armazenado energia luminosa (energia solar), mas verificou que o mesmo emitia radiação em tempo nublado.

Assim, Becquerel refez seu experimento obtendo os mesmos dados. Publicou os resultados de seus relatórios no final de março (1896) na academia. Até aquele momento ninguém ainda havia aceitado o desafio de descobrir o que eram esses raios e de onde vinham, então foi a partir daí que a cientista Marie Curie decidiu se aprofundar na pesquisa de Becquerel para defesa de sua tese de doutorado.

PHILADELPHIA: INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING / MOULD



Primeira fotografia da existência de radiação espontânea de Urânio de Becquerel.

AS DESCOBERTAS DE PIERRE E MARIE CURIE

Marie Sklodowska Curie nasceu em Varsóvia, Polônia, em 7 de novembro de 1867, a menor dos cinco filhos de Wladislaw e Bronislava Boguska Sklodowska. Religiosa quando criança, Marie rejeitou sua fé depois que sua irmã (Zofia) morreu de tifo (uma febre severa) em 1876. E, dois anos depois, também perdeu a mãe (com tuberculose).

Marie foi uma estudante brilhante, em 1883, ganhou uma medalha de ouro ao completar o ensino secundário. Mas, não ingressou na universidade, porque na época, na Polônia dominada pela Rússia, meninas não podiam frequentar o ensino superior.



EDITORA GLOBO / BIRCH

Pierre e Marie Curie



MUSEE CURIE / SITE

Da esquerda para direita: Marie, pai Wladislaw, Zofia e Helena.



Casa da família Szczuki na Polónia, onde Marie Curie trabalhava.

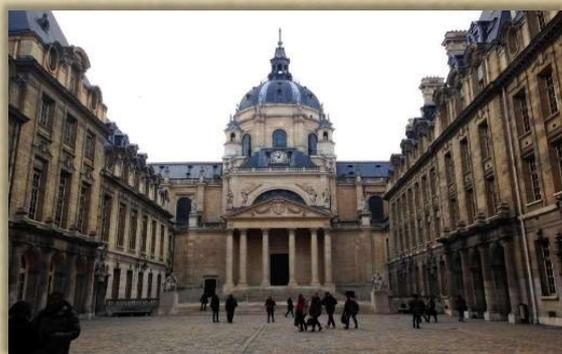
No início de 1886, Marie aceitou um emprego de governanta (educadora privada) para uma família que morava em Szczuki, na Polónia. A solidão intelectual que experimentou solidificou sua determinação de conseguir de alguma forma o sonho de se tornar uma estudante universitária. Uma de suas irmãs, Bronisława, já estava em Paris, na França, cursando medicina. Em setembro de 1891, Marie mudou-se para Paris, e morou com a sua irmã.

Marie Curie, com o objetivo de iniciar sua tese de doutorado, começou a fazer leituras dos últimos relatórios científicos publicados em todo mundo. Uma pesquisa que lhe chamou bastante atenção foi dos raios detectados por Becquerel; Marie Curie ficou fascinada com os estudos de Becquerel e decidiu aprofundar-se.

Marie ganhou um pequeno espaço para fazer sua pesquisa: uma sala gelada, úmida e minúscula no almoxarifado da Escola de Física e Química. O primeiro passo para iniciar sua pesquisa foi encontrar uma maneira de medir as forças que os raios de Becquerel emitiam dos sais de Urânio.

Marie ganhou um pequeno espaço para fazer sua pesquisa: uma sala gelada, úmida e minúscula no almoxarifado da Escola de Física e Química. O primeiro passo para iniciar sua pesquisa foi encontrar uma maneira de medir as forças que os raios de Becquerel emitiam dos sais de Urânio.

Para as análises, utilizou um aparelho (eletrômetro) inventado por Pierre e seu irmão Jacques, que era capaz de medir correntes elétricas que fluíssem no ar, por mais insignificantes que fossem. Após realizar as medições, concluiu que a força dos raios dependia somente da quantidade de Urânio na amostra, portanto a força do raio não era alterada se a amostra testada fosse seca ou molhada, em pó ou pedaços.



UNIVERSITÉ PARIS-SORBONNE / SITE

Université Paris-Sorbonne, onde Marie Curie estudou em Paris.

Marie queria saber se era somente o elemento químico Urânio que emitia radiação; nesta época eram conhecidos somente 83 elementos. Ela testou todos os elementos por meio do medidor de correntes denominado eletrômetro, e descobriu que outro elemento, chamado Tório, emitia raios iguais ao do Urânio. A partir daí, não seria adequado chamar os raios de “raios de Urânio”.



EDITORA GLOBO / BIRCH

Marie Curie em seu laboratório, abril de 1923, utilizando o Eletrômetro



MUSÉE CURIE / SITE

Eletrômetro em exposição no Musée Curie, semelhante ao eletrômetro que Marie Curie utilizou para fazer medições exatas das pequenas mudanças elétricas dos “raios de Urânio”.

Marie queria ir mais longe com suas pesquisas. Sabendo que apenas dois elementos emitiam estranhos raios, tratou de obter e medir as correntes com o eletrômetro de amostras com diferentes matérias naturais: rochas, terra, areia e minerais. Ela chegou a pensar que a amostra seria radioativa somente se contivesse Urânio ou Tório. Deixou de lado as amostras não radioativas e iniciou a sua pesquisa dando atenção apenas para as amostras radioativas.



Pechblenda: também conhecido pelo nome uraninita, é um mineral composto principalmente de óxidos do elemento urânio, UO_2 e UO_3 . É o principal minério de urânio.

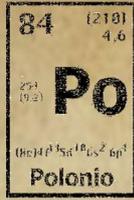
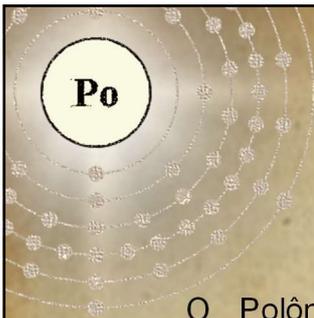
Chalcolite é o fosfato cristalizado de cobre e urânio, é duas vezes mais ativo que o urânio.

Durante a pesquisa algo inesperado aconteceu com Marie: ao testar os minérios chamados de *pechblenda* e a *chalcolite*, verificou que eram mais radioativos que as amostras que ela já havia testado, que continham a mesma quantidade de Urânio.

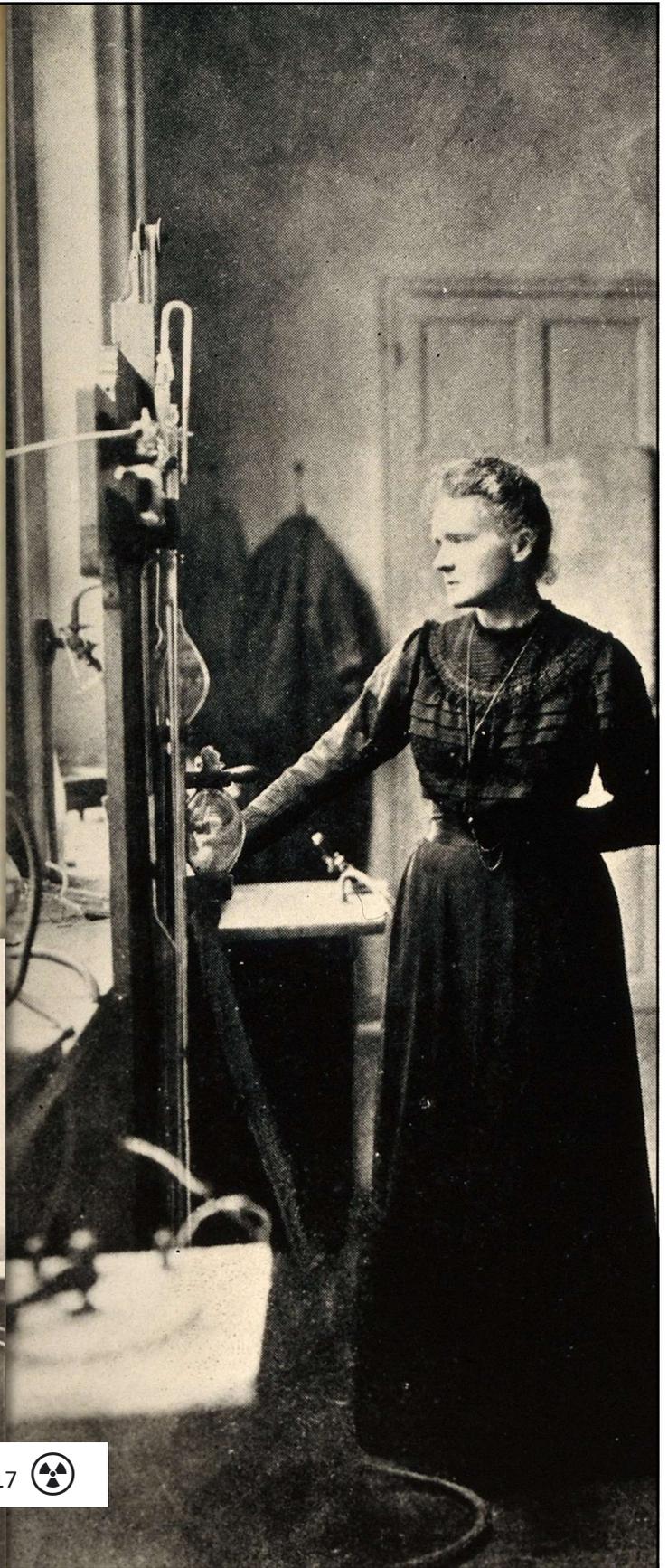
Este fato levou Marie a pensar que havia cometido algum erro, e então repetiu a experiência várias vezes, obtendo o mesmo resultado, ou seja, a força da radiação era muito grande, fato que a levou buscar explicações sobre o que havia no minério, pois até o momento ninguém tinha notado. Marie fez o relato *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (Revista da Academia das Ciências), de Paris em 12 de abril de 1898 que ambos os minérios analisados eram muito mais ativos que o próprio Urânio, levando-a pensar que os dois minérios poderiam conter um elemento mais radioativo que o Urânio.

Neste contexto, ficou em suas mãos uma tarefa extraordinária que daria grande significado à humanidade: um novo elemento a ser descoberto. Alguns cientistas diziam que Marie estava enganada e alguns erros de cálculo teriam sido cometidos, mas Marie Curie acreditava em suas ideias e precisava provar isso.

Em 1898, Pierre Curie deixou sua pesquisa sobre cristais e apoiou Marie na busca por esse novo elemento. Em suas análises feitas no minério de *pechblenda*, acabaram descobrindo dois elementos químicos: um deles, foi confirmado em junho do mesmo ano, o elemento químico Polônio! Esse nome foi escolhido para homenagear a cidade natal de Marie Curie.

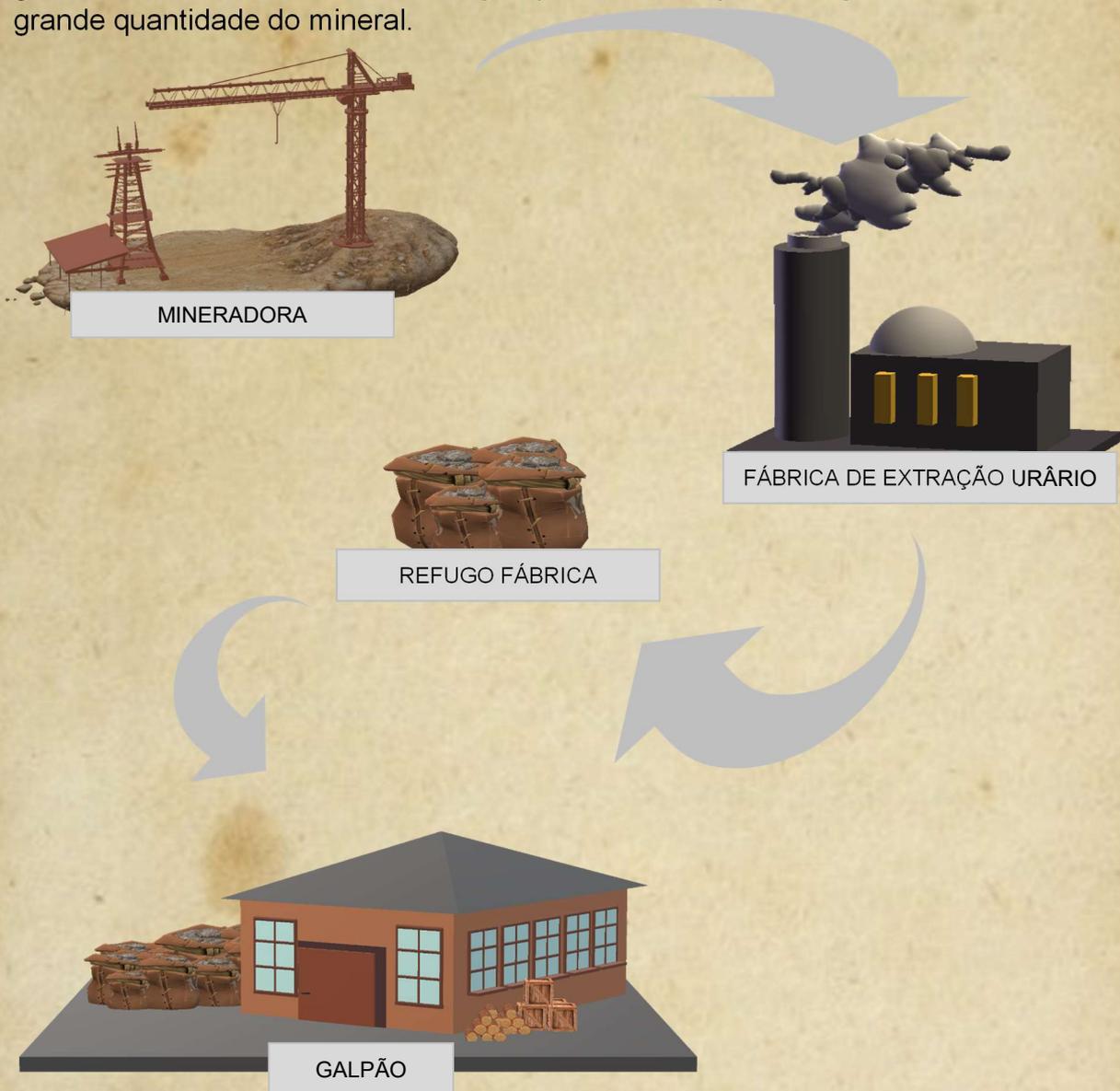


O Polônio estava presente no minério de *pechblenda* em pequenas quantidades. Altamente radioativo, foi descoberto pelo seu brilho no escuro, pois emitia tanta radiação que além de brilhar também ficava quente. Mesmo após confirmar a existência do elemento Polônio, o minério (*pechblenda*) emitia radiações ainda mais fortes (do que o Polônio isolado) o que levou Pierre a acreditar na possibilidade de um segundo elemento e sua quantidade (em gramas) seria insignificante, levando-o a pensar que o próximo elemento, cuja radiação emitida era muito maior que o polônio, seria encontrado em pouca quantidade, portanto seriam necessárias grandes porções de *pechblenda*.



Então, uma fábrica de extração de Urânio do minério de *pechblenda* para uso na fabricação de vidro disponibilizou o “refugo” (restos do minério descartados da fábrica) do minério para utilizarem na pesquisa.

No entanto, o laboratório era um espaço insuficiente para Marie Curie armazenar toneladas do minério *pechblenda*, necessitava de um espaço maior. Diante a situação, o diretor da Escola de Física e Química de Paris disponibilizou um galpão antigo que estava abandonado, de madeira, com telhado cheio de goteiras e chão de terra batido. Logo após a sua disponibilização, receberam uma grande quantidade do mineral.



O processo de extração do novo elemento realizada por Marie e Pierre Curie foi da seguinte maneira:



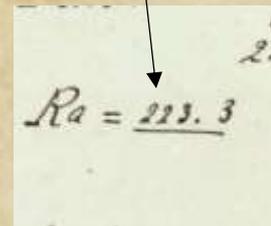
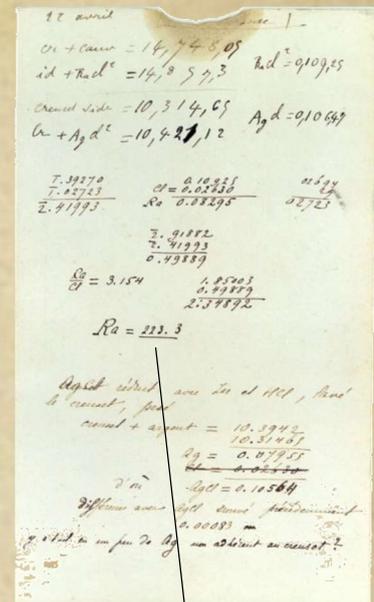
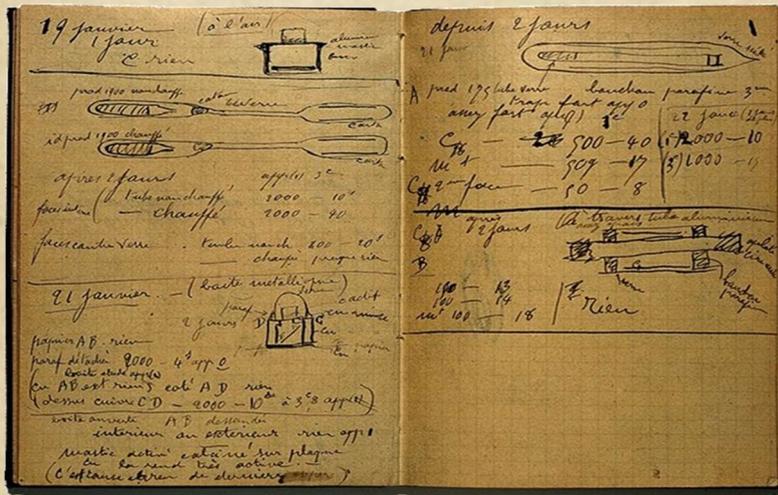
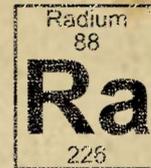
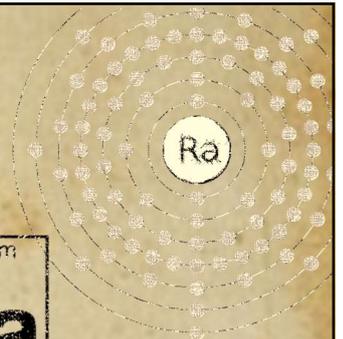
Primeiro, retiravam uma amostra de *pechblenda*, limpavam para remover impurezas, moíam e ferviam com soda para separar o material sólido do líquido. Depois, descartavam o líquido. O material sólido era dissolvido em ácido, obtendo assim, uma solução na qual tratavam com diversas substâncias químicas a fim de separar os elementos que eles não queriam, para depois, descartá-los. Então, seguiu-se um processo interminável no qual eles misturavam, cristalizavam, e assim por diante (BIRCH 1988, p. 39, tradução nossa).



Marie Curie trabalhando em seu galpão localizado atrás da Faculdade de Física da Universidade de Paris.

Pierre media com o eletrômetro a quantidade de corrente, e em cada etapa do processo, percebia que a radioatividade aumentava. O processo de extração do Rádio puro só aconteceu após quatro anos de trabalho feito com muita dedicação, de maneira minuciosa, pois qualquer erro, todo o trabalho teria de ser refeito.

Em 1902, após 45 meses de noticiarem a existência de um elemento chamado Rádio, Marie finalmente venceu a batalha: isolou um décimo de um grama do puro Rádio. A notícia se espalhou e entusiasmou os cientistas. A ciência estava crescendo, e nascia a nova Era Nuclear, graças à jovem Marie Curie, com seus estudos sobre radioatividade.

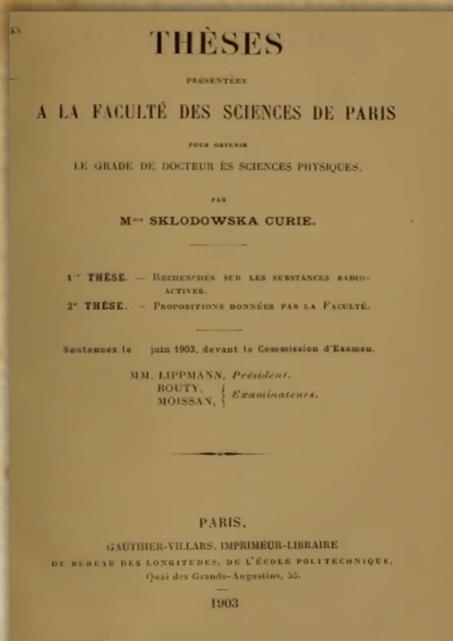


Manuscritos de Marie Curie.

Os cadernos e papéis de anotações de Marie Curie podem emitir radiação por cerca de 1600 anos, pois o isótopo Rádio-226 tem uma meia-vida de 1.601 anos. Considerados como tesouros nacionais e científicos, os cadernos de laboratório de Curie estão guardados em caixas com chumbo na Biblioteca Nacional da França, em Paris.

A coleção completa dos manuscritos de Marie se encontra sob arquivo PDF disponível no Digital Library em: <https://explore.univ-psl.fr/fr/digitized-collection/cahiers-de-bord-et-rapports-d%E2%80%99activit%C3%A9s-du-laboratoire-curie>

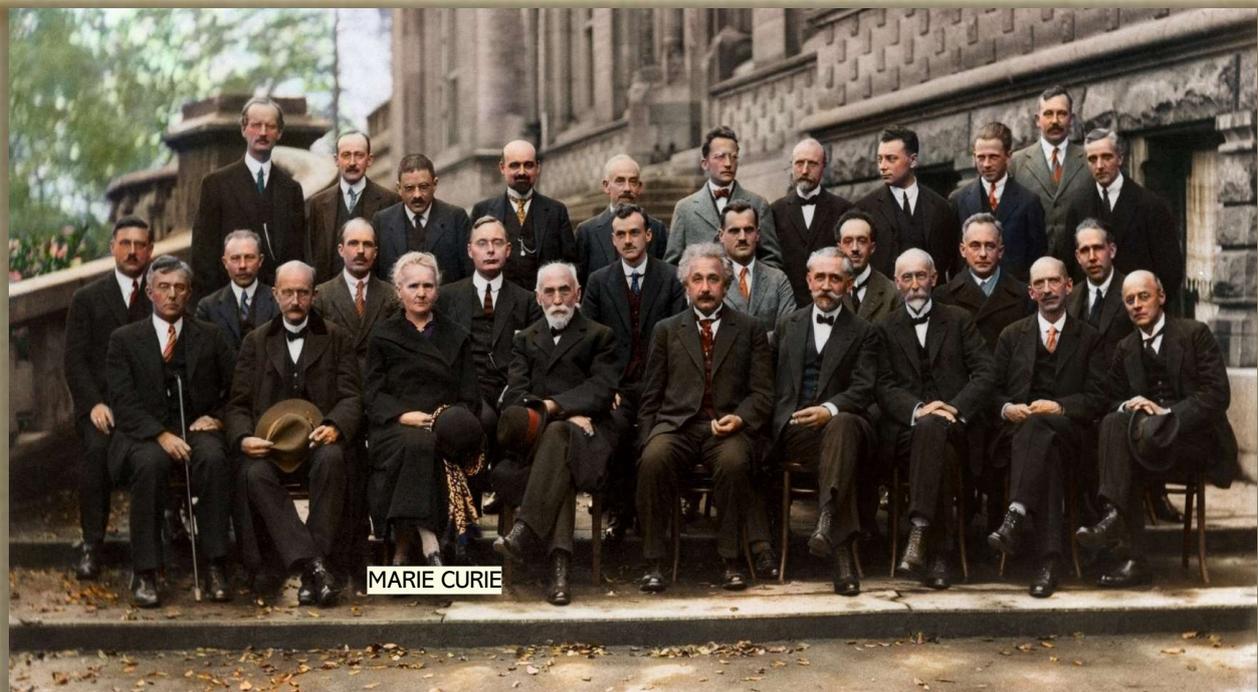
Com parte dos cálculos de massa molar do elemento Rádio, Marie Curie chegou a um valor muito próximo que conhecemos hoje (226,0254u). Disponível no banco de imagens Musée Curie : <http://musee.curie.fr/visio/www-visio46.html>



Em 25 de julho de 1903, sua tese de doutorado ficou pronta! Um árduo estudo e abrangente de suas pesquisas sobre radioatividade. Examinadores interrogaram Marie durante sua apresentação, assistida por um público numeroso, de amigos, membros da família, e grandes pesquisadores, ficando evidente o grande domínio pelo novo assunto.

Tese de doutorado de Marie Curie intitulada, "Recherches sur les substances radioactives", tradução "Pesquisas sobre Substâncias Radioativas".

Disponível para leitura (língua francesa) na íntegra no Internet Archive: <https://archive.org/details/thseprsentelafa00curi>



Integrantes da 5ª Conferência de Solvay em 1927: Elétrons e fótons. Marie Curie era a única mulher na conferência.

Marie Curie foi a primeira mulher da Europa a receber o título de Doutora. O casal Curie, em conjunto com Becquerel recebeu, em dezembro de 1903 o Prêmio Nobel de Física. Marie ficou conhecida mundialmente por sua descoberta, conquistou todos da Europa e América. Ela poderia ter feito fortunas se tivesse patenteado a sua pesquisa, porém não tirou vantagens de suas descobertas, revelou seu segredo mundialmente para ajudar a humanidade, contribuindo para futuras pesquisas na medicina, como o tratamento do câncer.



PHILADELPHIA: INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING / MOULD

Dernière Heure
LES DÉBUTS DE Mme CURIE
 A la Sorbonne

La place de la Sorbonne présentait, cet après-midi, une animation extraordinaire. Plus de trois cents personnes se pressaient devant les portes de la Faculté des Sciences. C'est qu'à une heure et demie, Mme Curie, la veuve de l'illustre savant qui périt dans les circonstances terribles que l'on sait au commencement de l'année, allait ouvrir le cours dont elle a été chargée, à la mort de son mari.

L'amphithéâtre de physique générale qui ne contient que deux cents places était occupé par plus de trois cents étudiants et étudiantes.

A une heure et demie très précise, Mme Curie parait. Elle est nu-tête et vêtue d'une robe de deuil d'une extrême simplicité.

D'un pas rapide elle gagne l'estrade et s'installe devant la table qui lui a été réservée; autour d'elle sont les préparateurs et nombre d'appareils de physique.

De nombreux applaudissements saluent la conférencière qui s'incline à différentes reprises.

Aucun discours préalable n'est prononcé. M. Briand, ministre de l'instruction publique, qui devait assister au cours, n'a pu le faire, retenu par la séance de réouverture de la Chambre.

On remarque quelques professeurs de la Faculté des Sciences et principalement le doyen M. Appell, membre de l'Institut, qui assiste au cours jusqu'à sa fin.

D'une voix lente et posée Mme Curie traite tout d'abord de la structure atomique de l'électricité et de ses rapports avec la matière. Au milieu des applaudissements, elle continue et termine par l'exposition de la théorie des « ions » dans le gaz et de la radiographie. De nombreuses expériences des plus intéressantes accompagnent les cours de Mme Curie qui se termine à trois heures et demie seulement.

Le public reste dans les couloirs pour faire une ovation au nouveau professeur, mais Mme Curie se dérobe à ces sympathiques manifestations, et c'est au milieu de quelques professeurs et d'amis qu'elle quitte la Faculté des Sciences, par la galerie Claude-Bernard où quelques journalistes la saluent respectueusement.

Les cours de Mme Curie auront lieu tous les lundis à une heure et demie, à l'amphithéâtre de physique générale.



Marie Curie em um dos veículos de raio-X utilizados na 1ª Guerra Mundial em Hoogstade, Bélgica, em 1915. Ela organizou mais de 20 veículos equipados e 50 postos de raio-X. Seu trabalho possibilitou o tratamento de mais de 1 milhão de feridos na guerra.

"[...] é uma grande vitória feminista que celebramos hoje. Pois, se a mulher tem permissão para dar educação superior a estudantes de ambos os sexos, de onde virá a suposta superioridade do homem? Na verdade, eu lhes digo: o tempo está próximo quando as mulheres se tornarão seres humanos."

La Presse, 6 de novembro de 1906 (Tradução nossa).
 Disponível para leitura na íntegra em:
http://expositions.bnf.fr/presse/grandmobile/pre_217.php

Marie Curie morreu aos 66 anos, no dia 4 de julho de 1934, foi enterrada no cemitério de Sceaux, junto de seu esposo, Pierre Curie, a cerimônia foi acompanhada pelas filhas, familiares, amigos e cientistas.

Mas o que Marie Curie significou para mundo? Hoje um dos termos conhecidos mundialmente:

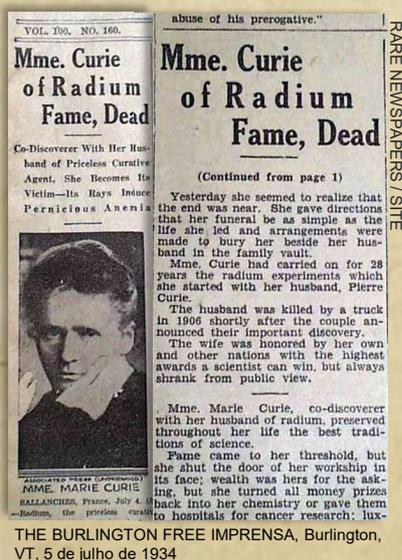
No Instituto do Radium, cujos trabalhos prosseguem, o enorme volume vem juntar-se na biblioteca a outras obras. Na capa cinzenta, o nome do autor "Madame Curie. Professora da Sorbonne. Prêmio Nobel de Física. Prêmio Nobel de Química."

E como título, uma palavra só, sincera e radiante: RADIOATIVIDADE.

(CURIE, 1938, p. 304, tradução nossa).



MUSEE CURIE / SITE



RARE NEWSPAPERS / SITE

Madame Curie faleceu em Sancellemoz a 4 de julho de 1934

Marie estava doente devido a exposição à radiação de suas pesquisas que totalizou 34 anos, e a nota foi publicada em jornais:

Os sintomas anormais, os exames de sangue diferente de todas as anemias perniciosas conhecidas, acabam revelando o verdadeiro criminoso: o RÁDIO.

Madame Curie pode ser contada entre as vítimas dos corpos radioativos que ela e Pierre Curie descobriram, escreve o doutor Regaud Tobé.

O doutor Tobé redige a ordem do dia: *Madame Curie faleceu em Sancellemoz a 4 de julho de 1934, de anemia perniciosa de marcha rápida, febril. A medula óssea não reagiu, provavelmente por estar alterada por um longo acumulo de radiações.*

(CURIE, 1938, p. 303, tradução nossa).



PARIS PANTHEON / SITE

Em 1995, os restos mortais de Pierre e Marie Curie foram transferidos para o Pantheon.

"Aux grands hommes, la Patrie reconnaissante"
(A Pátria agradece aos grandes homens)

Mesmo que fosse previsto que aquele era um local destinado aos "grandes homens" que a Pátria homenageia e aos quais está reconhecida, ali, naquele momento se acolhia uma mulher polonesa mais de 60 anos após a sua morte.

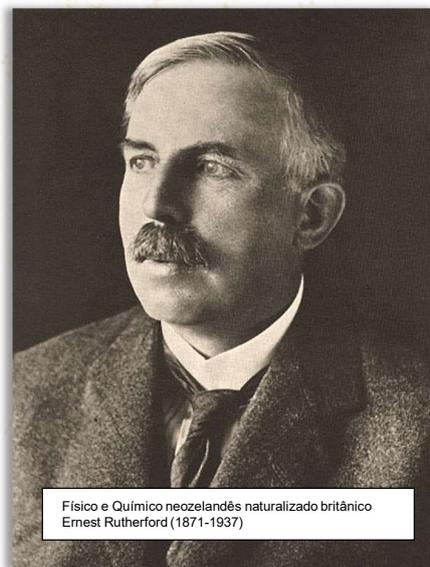
3. EMISSÕES RADIOATIVAS

No começo do século 20, cientistas sabiam que o átomo era a menor parte da matéria. Marie Curie concluiu que a radioatividade ocorria no interior dos átomos, acreditando que no átomo havia partículas ainda menores que se agitam em seu interior. Portanto as descobertas de Marie Curie foi a porta de entrada para grandes pesquisadores descobrirem os segredos da estrutura da matéria.

Ernest Rutherford (1871-1937), quando acompanhou os trabalhos do Casal Curie, somando os resultados obtidos por eles, descobriu em 1899, por meio de um equipamento desenvolvido por ele, que o Urânio emitia dois tipos de raios, denominados de raios Alfa (α) e Beta (β).

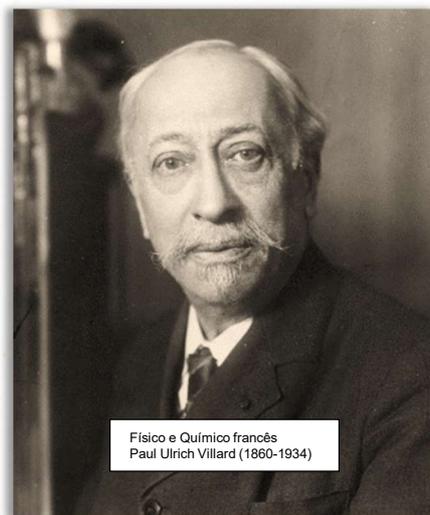
Seu experimento consistia em um aparelho no qual eram submetidas emissões radioativas naturais. O elemento Polônio e o Rádio foram utilizados para o teste, o material radioativo era colocado em um furo feito em um bloco de Chumbo; a radiação passava por um feixe entre duas placas eletrizadas ou magnetizadas, onde ocorria uma subdivisão, que demarcava uma tela fluorescente ou uma chapa fotográfica.

Paul Ulrich Villard (1860-1934), quando estudava o Urânio e o Rádio no Departamento de Química em Paris, descobriu em 1900, um novo raio, que era muito penetrante, que foi denominado como raios gama (γ). Os raios gama tinham um poder de penetração muito maior que as partículas alfa e beta; hoje sabemos que o poder da penetração ocorre por ele não possuir massa nem carga elétrica. Assim não sofrem desvios em um campo elétrico ou magnético. Os raios gama não são partículas, e sim, ondas eletromagnéticas semelhantes à luz.



Físico e Químico neozelandês naturalizado britânico
Ernest Rutherford (1871-1937)

NOBEL PRIZE ORG / RUTHERFORD

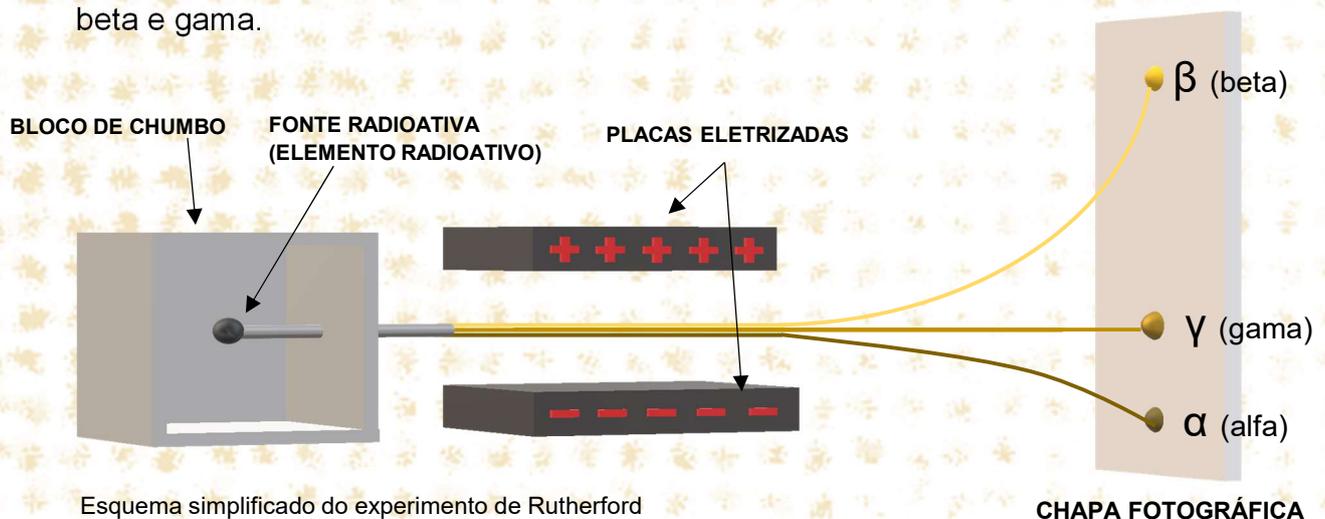


Físico e Químico francês
Paul Ulrich Villard (1860-1934)

PHYSICS IN PERSPECTIVE / GERWARD

TIPOS DE EMISSÕES RADIOATIVAS

Na figura abaixo, temos a esquematização do aparelho que Ernest Rutherford utilizou para identificação das emissões. No material radiativo (amostra de Urânio que sofre emissões naturais), quando submetido ao campo elétrico ou magnético, observa-se a divisão de três partículas, denominadas alfa, beta e gama.



A utilização do bloco de Chumbo neste experimento é para deter as emissões radioativas, ou seja, não dispersarem por todas as direções do equipamento, e protege quem estiver manipulando o aparelho, e também obter um feixe de radiação passando pelo furo, como representado acima.

Quando o material radioativo (que se desintegra e forma um feixe radioativo) passa entre as duas placas eletrizadas, estas sofrem uma divisão, demarcando a chapa fotográfica ou na tela fluorescente. Podemos observar as três divisões das emissões na representação acima:

- emissão que sofre desvio na placa negativa é denominada emissão alfa (α);
- emissão que sofre desvio na placa positiva é denominada emissão beta (β);
- emissão que não sofre nenhum desvio é denominada emissão gama (γ).

EMISSÃO ALFA (α)

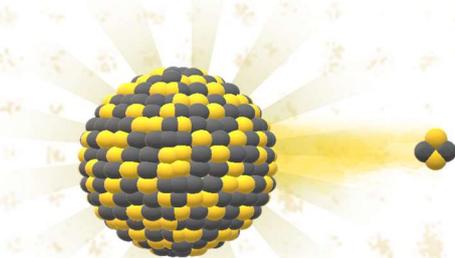
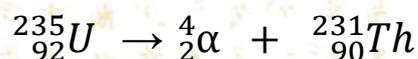
Emissões alfa (α) são partículas formadas por 2 prótons e 2 nêutrons. As partículas alfa (α) possuem carga igual a $2+$ e seu número de massa igual a 4. Na figura de representação do aparelho de Rutherford, observamos que a carga positiva sofre desvio, pois é atraída pelo polo negativo da placa eletrizada, e a sua massa igual a 4 (massa inércia) explica o porquê seu desvio é pequeno como demonstrado na aparelhagem. Seu poder de penetração é menor, podendo ser barrada por uma folha de papel. A partícula é representada pelo símbolo α .

SAIBA MAIS

TRANSMUTAR: Fazer com que fique diferente; ir de um lugar para outro; mudar de uma circunstância para outra; transformar ou transformar-se: a felicidade transmutou-se em tristeza.

Na Química: Transformar um elemento químico em outro.

As emissões α ocorrem em núcleos instáveis de alguns elementos químicos. Quando o núcleo emite uma partícula α , sua carga diminui duas unidades, e sua massa diminui quatro unidades. Por exemplo, se o Urânio-235 emitir uma partícula alfa, ele se transmuta no Tório-231:

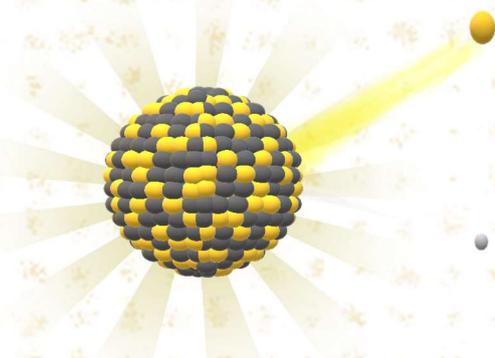


Representação esquemática da emissão alfa (α)

EMISSÃO BETA (β)

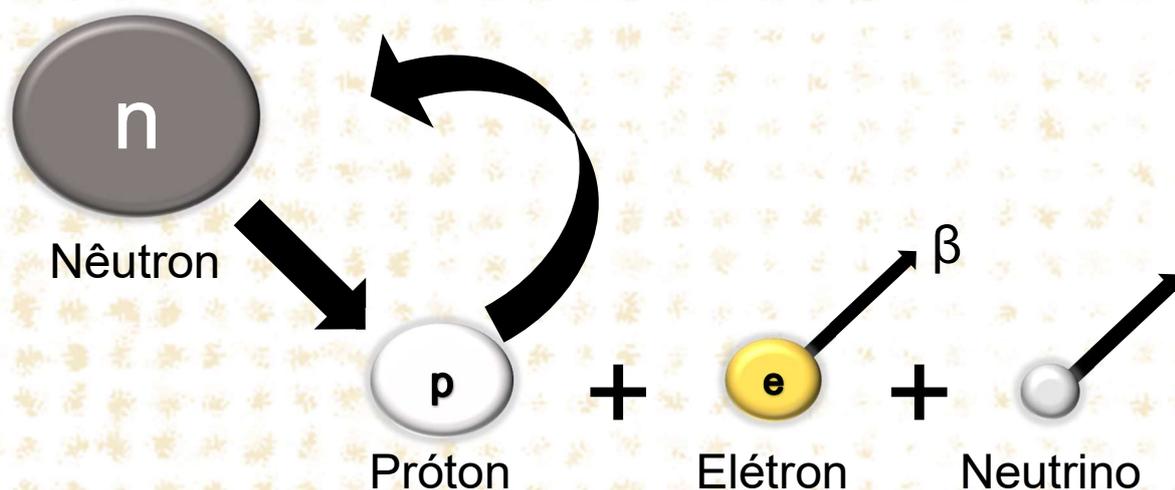
Emissões betas (β) são partículas negativas (elétron); possuem carga igual a -1 e seu número de massa igual a 0.

Na figura de representação do aparelho de Rutherford, observamos que a carga negativa sofre desvio no aparelho de . Isso acontece pois ela é atraída pelo polo positivo da placa eletrizada ou magnética, e sua massa igual a 0 (massa inércia) explica por que o desvio ser maior que da partícula alfa (α), como demonstrado na aparelhagem. A partícula é representada pelo símbolo β .



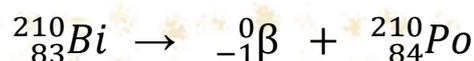
Representação esquemática da emissão beta (β)

É importante deixar elucidado que o elétron não existe no núcleo; o núcleo é formado por prótons e nêutrons. O elétron se forma a partir de um nêutron (em núcleos instáveis), conforme ilustração abaixo.



Observamos a formação do elétron e neutrino; na aparelhagem, o neutrino não é percebido, pois sua carga é eletricamente neutra, e tem massa desprezível. O elétron é “atirado” para fora do núcleo junto ao neutrino, e o próton permanece no núcleo.

As emissões betas (β) ocorrem em núcleos instáveis de alguns elementos químicos. Quando o núcleo emite uma partícula β , sua carga aumenta uma unidade, e sua massa não se altera. Por exemplo, o Bismuto-210 quando emite uma partícula beta, ele se transmuta no Polônio-210; não há alteração na massa, mas sua carga aumenta uma unidade:

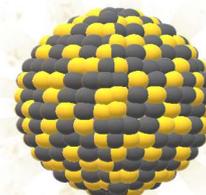


EMISSÕES GAMA (γ)

Emissões gama (γ) não são partículas, e sim ondas eletromagnéticas semelhantes à luz; as ondas gama (γ) não possuem carga nem massa. Na figura de representação do aparelho de Rutherford, observamos que as emissões gama não sofrem desvio ao passar pelo campo magnético ou elétrico, não possuindo nem carga e massa. Seu poder de penetração é muito maior que das partículas α e β ; o raio gama pode ser barrado por uma parede de chumbo (espessura 5cm). A onda eletromagnética é representada pelo símbolo γ .



Como a emissão da partícula gama (γ) não sofre alteração no número de massa, e nem no número atômico do elemento, então não se costuma escrever as equações para essas emissões. Vale realçar que as emissões gama ocorrem juntamente com emissões alfa ou beta.



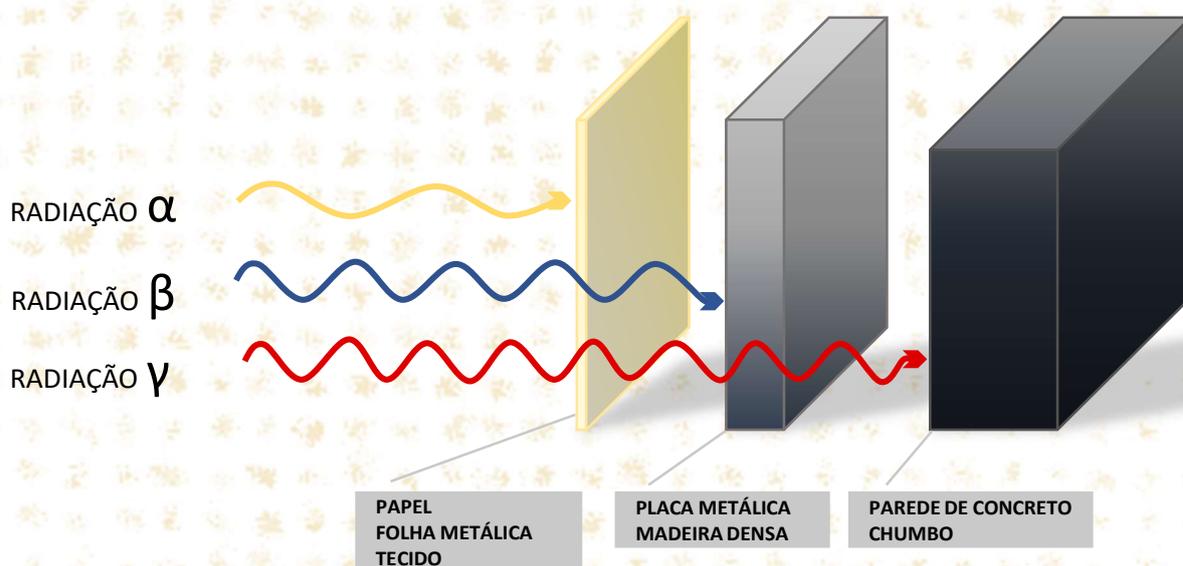
Por exemplo, o Cobalto-60, quando emite uma partícula beta, ele se transmuta no Níquel-60, não há alteração na massa, mas sua carga aumenta uma unidade e, conseqüentemente, há a emissão de uma onda eletromagnética, a emissão gama (γ):



CONCLUSÕES

Estudamos até agora a propriedade em que os núcleos instáveis emitem partículas e/ou ondas eletromagnéticas para se transformarem em núcleos mais estáveis. Foi denominado por Marie Curie como o termo RADIOATIVIDADE.

Além disso, estudamos também que cada partícula tem um poder de penetração, ou seja, de acordo com cada propriedade, a partícula ou a onda eletromagnética pode penetrar em diversos tipos de materiais. Abaixo representamos o grau de penetração de cada radiação.



4. CINÉTICA DA DESINTEGRAÇÃO RADIOATIVA

Assim como as pessoas nascidas hoje podem ter vida mais curta ou mais longa, a mesma coisa acontece com as reações nucleares. O tempo de vida de uma reação nuclear é denominado de Cinética das Desintegrações Radioativas, que estuda a velocidade de um decaimento radioativo, ou seja, o tempo necessário para desintegrar a metade dos átomos radioativos de um rádio isótopo.

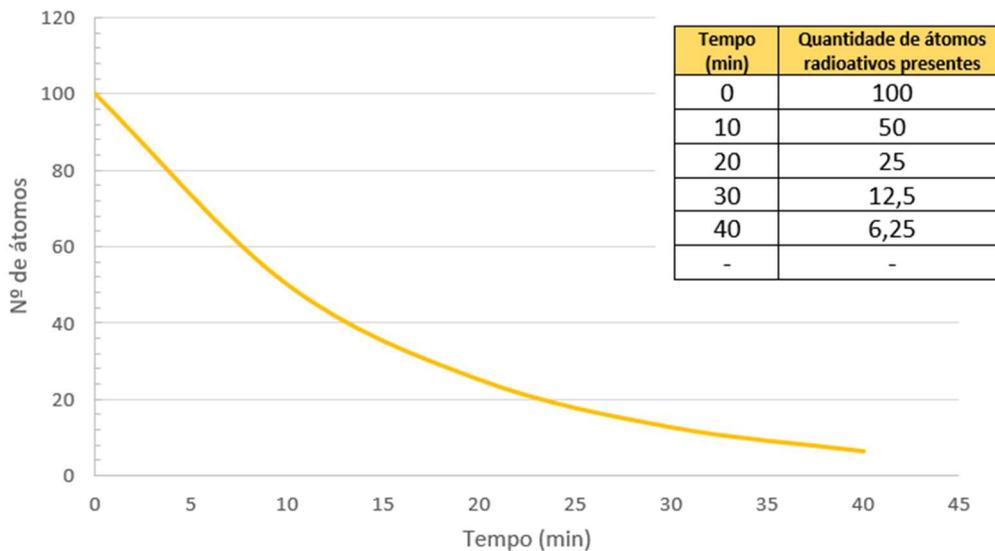
No conjunto de átomos radioativos, cada elemento tem um tempo necessário para desintegrar, ou seja, o decaimento radioativo ocorre a uma taxa fixa. A desintegração é denominada de tempo de meia-vida ($t_{1/2}$); cada elemento tem um tempo de meia vida diferente.

A meia-vida de um radioisótopo é o tempo necessário para que metade da quantidade de material instável se degrade em um material mais estável. Vamos entender com um exemplo: uma amostra terá uma intensidade de 100% quando nova. Em uma meia-vida, sua intensidade será reduzida para 50% da intensidade original. Em duas meias-vidas, terá uma intensidade de 25% de uma nova fonte. Após dez meias-vidas, menos de um milésimo da atividade original permanecerá. Embora o padrão de meia-vida seja o mesmo para todos os radioisótopos, a duração da meia-vida é diferente. Por exemplo, o Co-60 tem uma meia-vida de cerca de 5 anos, enquanto o Ir-192 tem uma meia-vida de cerca de 74 dias. Adiante temos uma tabela com o diferente tempo de meia vida de alguns elementos químicos.

Vale realçar que o tempo de meia-vida é uma característica de cada radioisótopo, portanto não irá depender das condições externas como a pressão, temperatura, campo elétrico, campo magnético e etc. (é importante lembrar que radioatividade é uma propriedade dos núcleos dos átomos e não de suas eletrosferas, que são as responsáveis pelas propriedades químicas dos elementos).



Agora iremos compreender como interpretar a curva de decaimento do elemento radioativo que traduz também a velocidade de desintegração (ou atividade) do elemento, ou seja, observamos na curva que o número de núcleos ativos em uma amostra radioativa diminui exponencialmente com o tempo, conforme gráfico abaixo.



Observando o gráfico acima, temos que no t_0 (tempo 0 min) a quantidade de átomos presentes na amostra é de 100 átomos, já no t_{10} (tempo 10 min), quando se passam 10min da reação, a quantidade de átomos cai pela metade, agora a quantidade é de 50 átomos. Percebemos que no decorrer do gráfico a quantidade a cada 10min decai para metade, portanto o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) é de 10min.

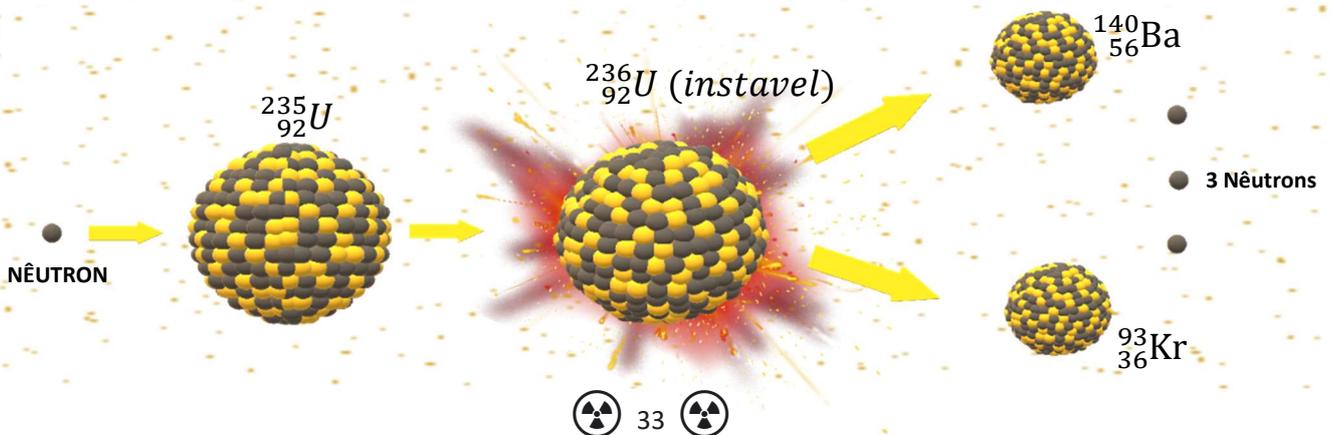


5. FISSÃO NUCLEAR

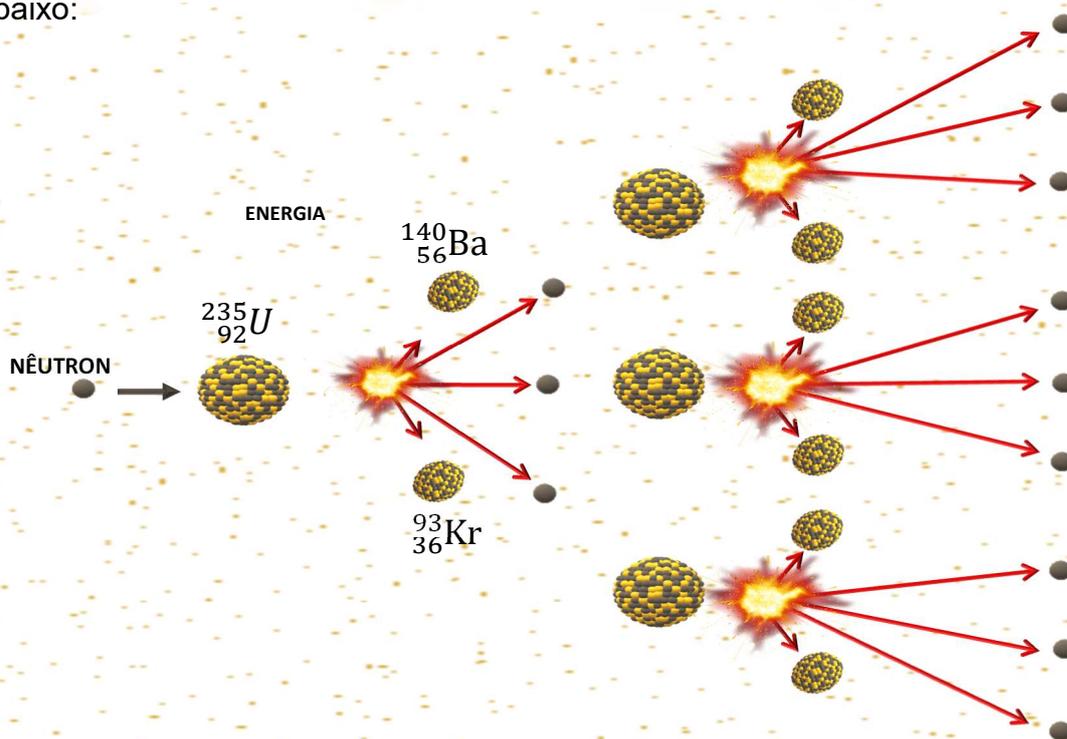
O físico italiano Enrico Fermi (1901-1954), em 1934, estudou fazendo bombardeamento de átomos de Urânio com nêutrons, e obteve um material radioativo no qual descobriu a formação de elementos transurânicos. A partir dos estudos de Fermi, em 1938, Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassmann (1902-1980) determinaram a partir dos mesmos experimentos de Fermi, que há presença de Bário e outros elementos como produto do bombardeamento do Urânio por nêutron. Lise Meitner (1878-1968) e Otto Frisch (1904-1979), que trabalharam muitos anos com Otto Hahn, concluíram que o Bário era um dos fragmentos que resultava da quebra do átomo de Urânio. Portanto, essa reação é chamada de fissão, onde há a divisão do núcleo do átomo, como podemos observar na equação:



A hipótese pode ser representada pelo esquema da figura X abaixo:



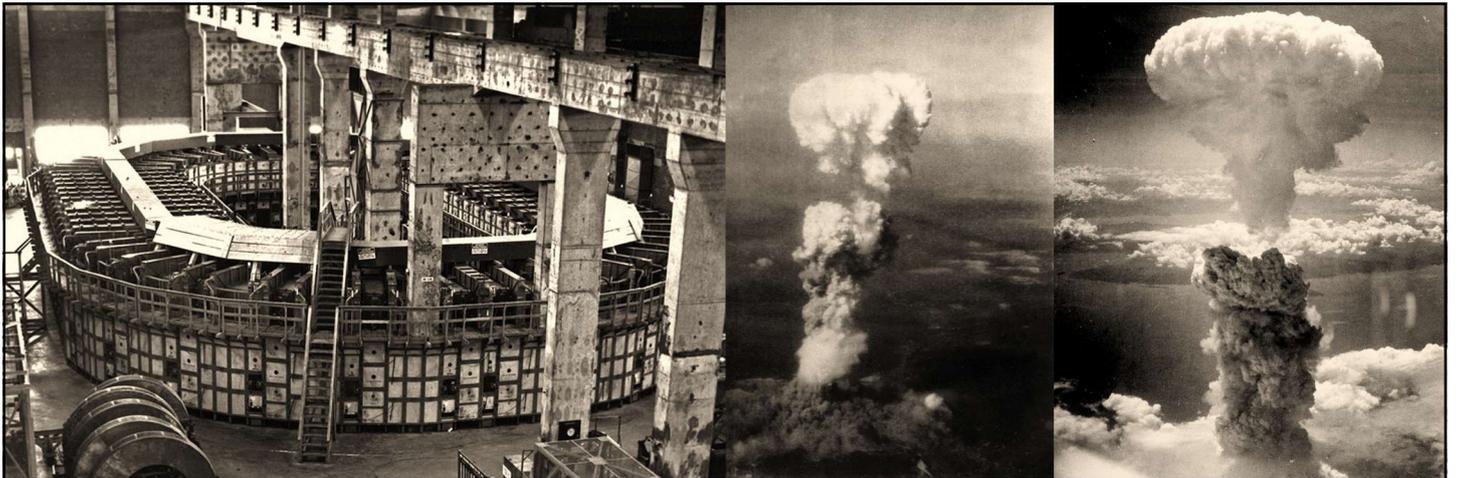
Essa reação é chamada de reação de fissão (quebra) nuclear. Bombardeando o átomo de Urânio com nêutrons, torna-se o átomo instável. Quando o átomo se torna instável, ele libera energia e então ocorre a quebra do átomo de Urânio, que produz Bário-140 e Potássio-93, e 3 nêutrons, que irão quebrar outros átomos de Urânio, dando origem a uma reação em cadeia, como mostra o esquema da figura abaixo:



A reação envolve uma grande quantidade de calor, que ocorre no princípio do funcionamento das bombas atômicas e reatores nucleares. O desenvolvimento da fissão nuclear foi muito rápido, devido às pressões político-militares existentes na Europa, naquela época.

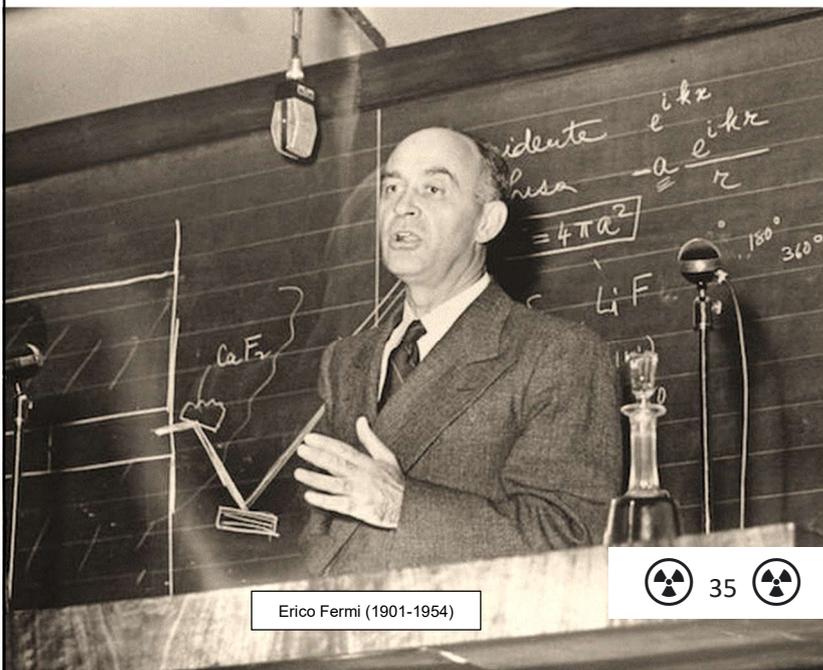
Iniciou-se em setembro de 1939, quando a Polônia foi invadida pelos nazistas, dando início à Segunda Guerra Mundial. Com receio dos alemães construírem uma arma para enfrentá-los, fez com que vários cientistas norte-americanos escrevessem uma carta ao presidente dos Estados Unidos Franklin Delano Roosevelt (1882-1945), aconselhando-o a desenvolver um projeto atômico. Nasceu então, o Projeto Manhattan, um plano secreto para construir a bomba atômica, do qual Fermi foi um dos coordenadores.





O Projeto Manhattan teve como trabalho inicial a construção do primeiro reator nuclear no mundo. Foi construído secretamente em uma quadra na Universidade de Chicago. Em 2 de dezembro de 1942, o reator foi acionado pela primeira vez, marcando o início da construção de uma bomba letal.

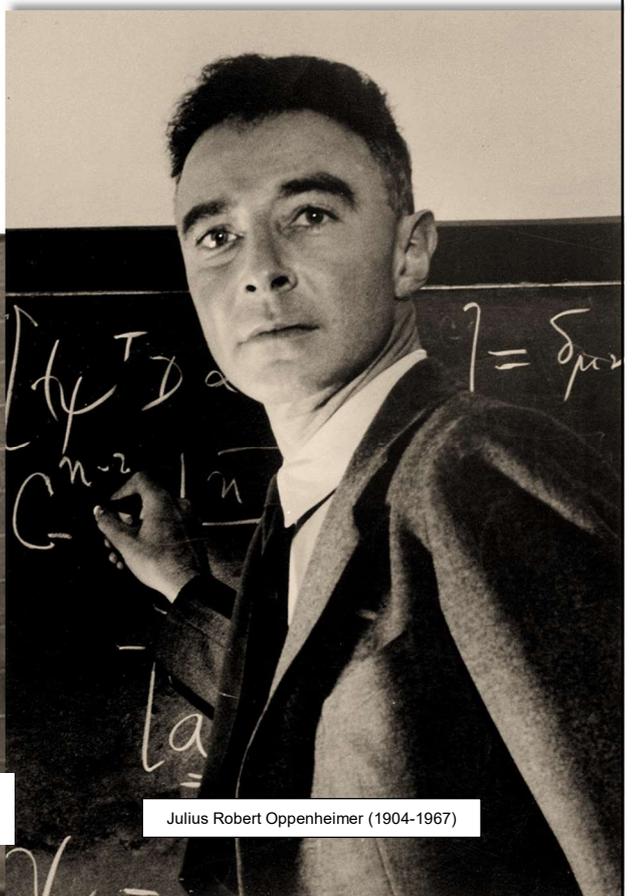
Por pressões políticas durante a guerra, iniciou-se a corrida para construção de bomba atômica nos laboratórios secretos de que eram mantidos sob orientação de Enrico Fermi e Julius Robert Oppenheimer (1904-1967). Ali foram montadas as primeiras bombas atômicas que deram origem tanto à primeira detonação experimental em julho de 1945, como às explosões sobre Hiroshima e Nagasaki em agosto de 1945, que puseram fim à Segunda Guerra Mundial.



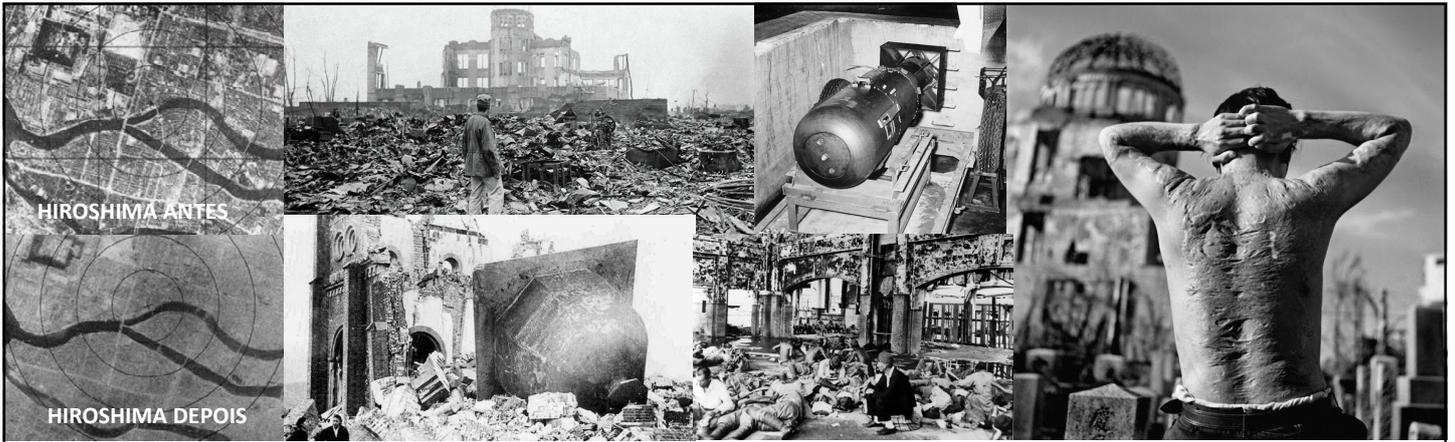
Enrico Fermi (1901-1954)



35

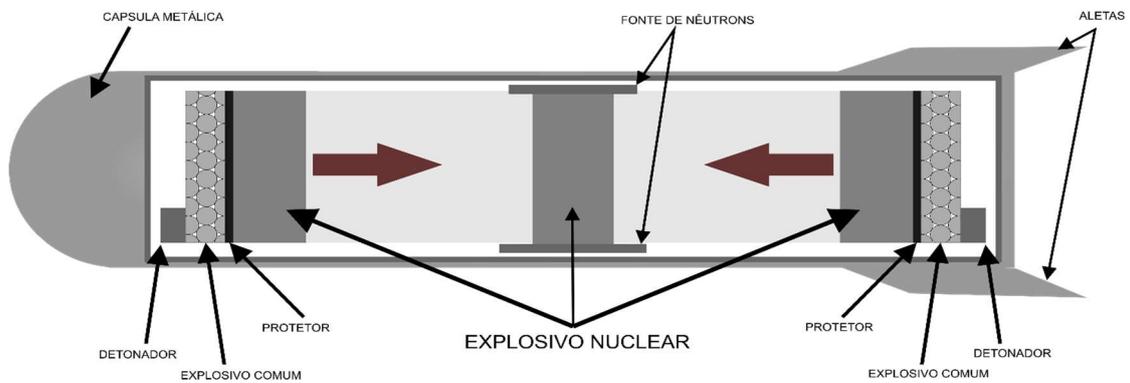


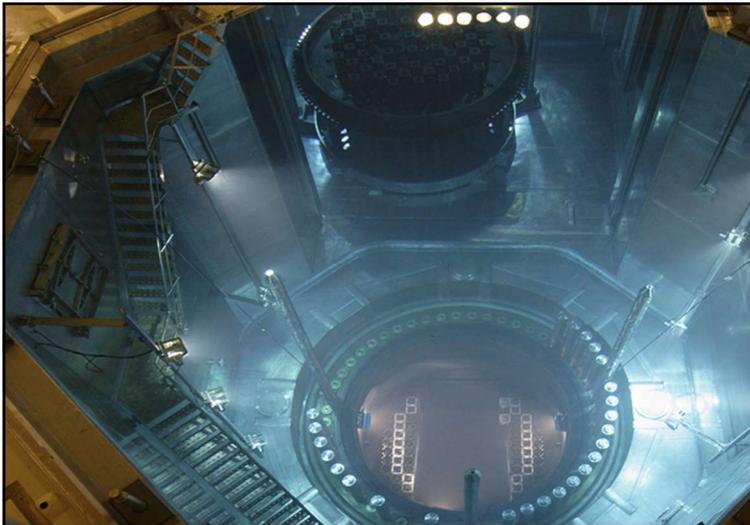
Julius Robert Oppenheimer (1904-1967)



MAS COMO FUNCIONA UMA BOMBA ATÔMICA?

O funcionamento de uma bomba atômica consiste na utilização como combustível o ^{233}U , ^{235}U e ^{239}Pu . A bomba é abastecida com dois detonadores que acionam o explosivo comum (carga de dinamite). Quando acionado, faz com que os 3 blocos de explosivo nuclear se compactam, fazendo com que este atinja a massa crítica necessária para explosão nuclear causada pela reação de fissão. E, esta reação faz com que os átomos do explosivo nuclear se “quebrem” (reação de fissão) e conseqüentemente, acontece a reação em cadeia. A energia produzida na bomba atômica é suficiente para destruir uma cidade, como ocorreu em Hiroshima e Nagasaki em agosto de 1945.





ELETROBRAS / ELETRONUCLEAR



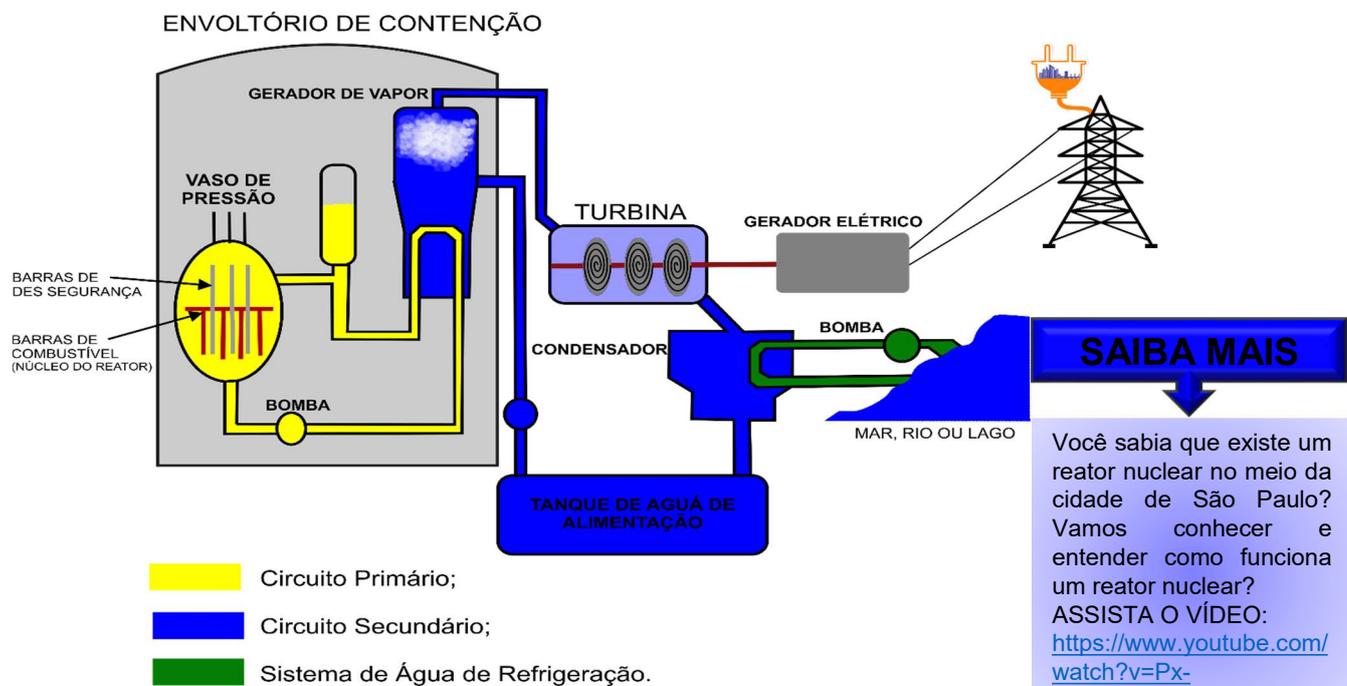
ELETROBRAS / ELETRONUCLEAR

Reator nuclear de Angra 1. No centro da imagem fica o núcleo do reator, onde as barras de combustível alimentam o núcleo a partir da reação de fissão que libera nêutrons.

REATORES ATÔMICOS OU NUCLEARES

O primeiro reator ou pilha nuclear foi construído em 1942, por Fermi e seus colaboradores, na Universidade de Chicago. A primeira usina nuclear foi inaugurada em dezembro de 1951.

Abaixo temos a representação do sistema de funcionamento de uma usina nuclear, que é dividido em 3 etapas: 1.Circuito Primário; 2.Circuito Secundário; e 3.Sistema de Água de Refrigeração.



SAIBA MAIS

Você sabia que existe um reator nuclear no meio da cidade de São Paulo? Vamos conhecer e entender como funciona um reator nuclear? ASSISTA O VÍDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=Px-wrOBfDMs&t=108s>

No **circuito primário**, encontra-se o Urânio sob pressão no vaso de pressão; dentro do reator temos o combustível nuclear responsável pela reação de fissão. Durante a reação em cadeia (fissão), é produzida uma grande quantidade de energia. Nestes sistema, temos a água que é usada para resfriar o núcleo do reator, para que não sobrecarregue o sistema e aquecendo-o. Além disso, o sistema conta com barras de controle, usualmente as de Cádmio ou Boro, que têm como objetivo absorver os nêutrons, para que o reator não venha a sobrecarregar e superaquecer, possibilitando o controle do sistema em trabalhar mais rápido ou mais devagar.

No **circuito secundário**, a água que é abastecida pelo tanque de alimentação (rio, lago ou mar) passa pelo circuito primário. Devido à alta energia térmica (calor), a água entra em ebulição no gerador de vapor, passando pela turbina, gerando energia elétrica no gerador. Após, a água se condensa no condensador no **Sistema de Água e Refrigeração**; a bomba do condensador é alimentada por rio, lago ou mar.

ELETOBRAS / ELETRONUCLEAR



Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - Angra dos Reis – RJ

A Central, situada no município de Angra dos Reis, foi assim denominada em justa homenagem ao pesquisador da tecnologia nuclear no Brasil e principal articulador de uma política nacional para o setor. Atualmente estão em operação as usinas Angra 1, com capacidade para geração de 640 megawatts elétricos, e Angra 2, de 1350 megawatts elétricos. Angra 3 permanece em construção. As usinas nucleares Angra 1 e 2 fornecem cerca de 3% da eletricidade do Brasil.

O combustível nuclear usado nos dois reatores no Brasil, Angra 1 e Angra 2, é produzido em uma instalação governamental em Resende, cidade do interior do estado do Rio de Janeiro localizada a 130 km de Angra dos Reis. O Brasil processa apenas urânio para ser usado como combustível em usinas de energia, sob a supervisão da Agência Internacional de Energia Atômica.

O órgão regulador nuclear do Brasil é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), responsável pelo licenciamento de usinas nucleares e instalações nucleares, executando atividades regulatórias e treinando e organizando pessoal, de acordo com a Lei 4 118 de 1962.



ELETRONUCLEAR / ELETRONUCLEAR

LIXO NUCLEAR

Observamos que o Urânio é um dos principais combustíveis usados para o funcionamento de uma usina nuclear; após 3 á 5 anos de funcionamento há a necessidade de troca de combustível. Como já abordado, a reação de fissão é uma reação em cadeia, onde núcleos instáveis se quebram formando dois núcleos menores, então a quantidade de Urânio decai, formando-se o Plutônio e outros elementos.

Desta forma, há a necessidade de troca do combustível, pois os subprodutos destas reações atrapalham o funcionamento do reator. Antes de se tornar lixo, o combustível já utilizado passa por um processo de purificação de Urânio, conhecido por reaproveitamento. Nesse processo, reaproveita-se o Plutônio e Urânio, que serão reutilizados como combustível, e os demais produtos requerem um processo de separação difícil e de pouca aplicação, então torna-se **LIXO NUCLEAR**. Além do lixo nuclear proveniente dos reatores nucleares, temos também o lixo produzido pelos equipamentos utilizados na medicina e indústrias, produzindo uma grande escala de resíduos radioativos. Portanto, deve-se fazer o descarte adequadamente, armazenando em recipiente resistente as emissões radioativas.



Símbolo de aviso de radiação ("trifólio").

Símbolo da Radiação

Para conscientizar a todos sobre um perigo em qualquer área em que exista uma fonte de radiação são usados os símbolos de radiação ionizante, o trifólio (figura ao lado). São hélices magenta, vermelha ou pretas sobre fundo amarelo. O designer foi escolhido para representar radioatividade que um átomo emite, explicando assim o motivo icônico do ponto (centro do átomo) e da lâmina (radiação).

O símbolo se tornou um emblema icônico, dentro e fora da ciência, por possuir um design simples. É eficaz para aqueles que conhece seu significado.

Mas e uma pessoa que não tem conhecimento sobre o seu significado?

Para isso, a Agência Internacional de Energia Atômica e a Organização Internacional de Normalização desenvolveram um novo símbolo de aviso de radiação ionizante para fontes radioativas, para suplementar o sinal trifólio. Este pictograma atualizado fornece uma descrição mais intuitiva dos perigos e consequências da radiação ionizante, que pode ser entendida universalmente.

O símbolo foi desenvolvido devido a acidentes nucleares que aconteceram porque as pessoas abriram equipamentos com materiais radioativos, como o acidente de Goiânia em 1987 ou o desastre de Samut Prakan perto de Bangcoc em 2000.



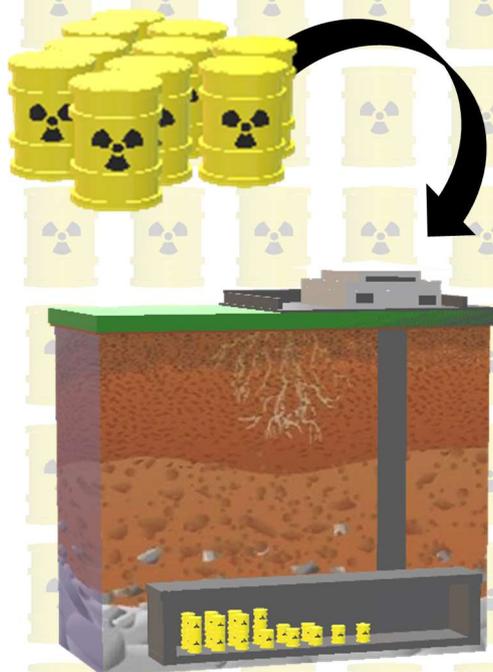
Símbolo suplementar do trifólio.

COMO É FEITO O DESCARTE DO LIXO?

O lixo nuclear deve ser descartado adequadamente e armazenado em recipiente resistente às emissões radioativas; precisa ser armazenado em recipientes metálicos, e confinados em blocos de concreto.

Se o armazenamento não é feito de maneira adequada, há riscos ao ecossistema, pois o solo é contaminado, toda a vegetação que nele cresce será contaminada, ocasionando riscos à saúde da humanidade e aos animais que se alimentarem de vegetação, podendo sofrer as consequências da radioatividade, como o desenvolvimento de doenças e anomalias em diversas espécies. A contaminação pode durar décadas, trazendo um grande impacto ambiental, principalmente consequências para a vida nas regiões afetadas.

Anteriormente, o descarte era feito no mar em blocos metálicos, de tal forma que poderiam sofrer a corrosão marinha, liberando o material radioativo no mar, provocando grandes contaminações. Atualmente, o descarte é realizado em blocos de concreto e chumbo, e enterrados em depósito de grande profundidade, ou até mesmo em minas abandonadas, desertos ou outros; nos Estados Unidos, utilizam-se minas ou túneis abandonados.



ELETROBRAS / ELETRONUCLEAR



Rejeitos do Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)

Os rejeitos radioativos ficam em depósitos, dentro da área da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), em Itaorna, até que a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) escolha um local para armazená-los definitivamente (assim como outros materiais radioativos usados pela indústria ou pela Medicina).

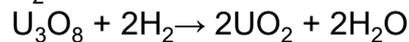
Os rejeitos são classificados pelo seu teor de radioatividade. Nas usinas de Angra, os rejeitos classificados como de baixa radioatividade são materiais utilizados na operação das usinas, como luvas, sapatilhas, roupas especiais, equipamentos e até fitas crepes. Depois de coletados e separados, estes materiais sofrem um processo de descontaminação para reduzir seus níveis de radioatividade. Alguns materiais são triturados e prensados, para ocuparem menos espaço e acondicionados em recipientes que bloqueiam a passagem dessa radiação.

Os resíduos de média radioatividade, compostos de filtros, efluentes líquidos solidificados e resinas são acondicionados em uma matriz sólida de cimento e mantidos dentro de recipientes de aço apropriados.

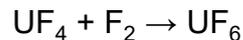
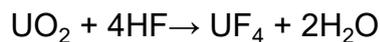
PRODUÇÃO DO URÂNIO

Ouvimos falar muito sobre o elemento químico Urânio, sendo a principal matéria-prima da fabricação do combustível de reatores e bombas atômicas. Os minérios de Urânio contêm vários tipos de óxidos, como, UO_2 e UO ; há a necessidade de purificá-los para fabricação do Urânio metálico. O Urânio encontrado na natureza é uma mistura de 99,3% de ^{238}U e apenas 0,7% de ^{235}U . Para fabricação do urânio metálico (^{235}U) deve-se passar por um tratamento, seguindo estas etapas:

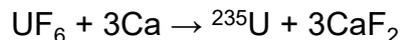
- Extração do mineiro de Urânio;
- separação de impurezas, por processos físicos;
- tratamento químico, tendo como produto final yellow cake (bolo amarelo), contendo cerca de 80% de U_3O_8 ;
- purificação do U_3O_8 (octóxido de triurânio);
- redução do U_3O_8 para UO_2 :



- transformação do UO_2 (sólido) em UF_6 (gasoso):



- Em meio a estas reações temos uma mistura de $^{238}\text{UF}_6$ e $^{235}\text{UF}_6$, dois gases difíceis de separar. Poucos países do mundo dispõem da utilização da técnica e recursos para a separação. Portanto, há a necessidade de obter o concentrado do ^{235}U , os produtos anteriores passam por um processo de aumento de 238 a 235, denominado de enriquecimento do Urânio, e por esse meio obtêm-se misturas de 98% de ^{235}U . Esse enriquecimento é feito por um processo de reação com o Cálcio:



A partir destes processos obtemos o ^{235}U , que será usado como combustível em reatores e bombas nucleares.



WORLD NUCLEAR ASSOCIATION

Octóxido de Triurânio ou "bolo amarelo" é uma etapa intermediária no processamento de minérios de urânio.

Dióxido de urânio em pó e granulado



WORLD NUCLEAR ASSOCIATION





INB - INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL

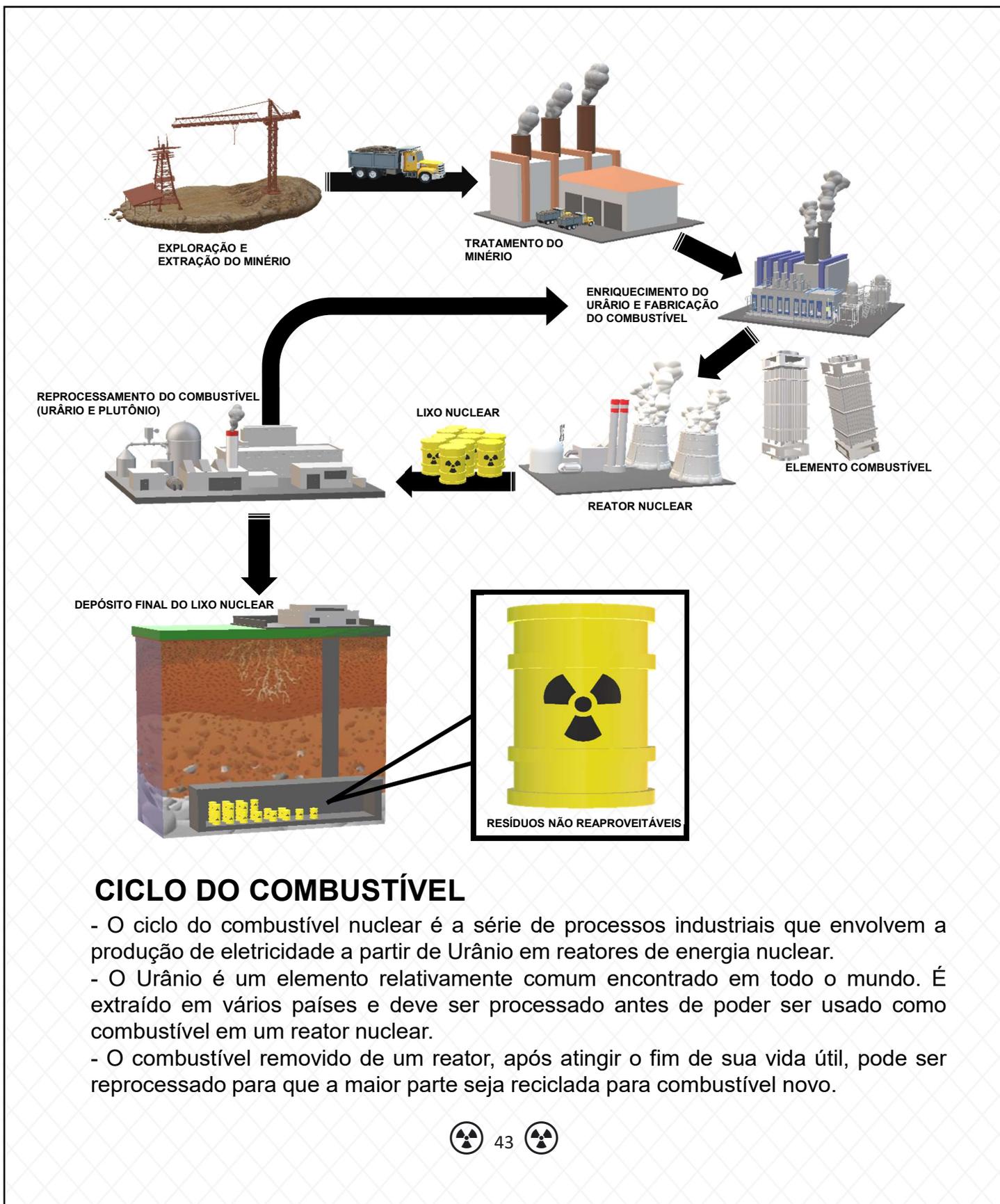
PRODUÇÃO DE URÂNIO NO MUNDO E NO BRASIL

De acordo com as fontes do World Nuclear Association, atualizadas em julho de 2016, o Urânio é um metal relativamente comum, encontrado em rochas. É um metal tão comum como o Estanho ou Zinco. Segundo a associação, mais de dois terços da produção mundial de Urânio é feita nas minas de Cazaquistão, Canadá e Austrália. O Cazaquistão produz a maior parte de Urânio das minas (41% do suprimento mundial de minas em 2018), seguido pelo Canadá (13%) e Austrália (12%).

No Brasil, segundo as Indústrias Nucleares do Brasil – INB, o Urânio é extraído desde 1982, mas a única mina em operação localiza-se em Lagoa Real na cidade de Caetité, estado da Bahia, com extração de 340 toneladas ao ano; nela ocorrem somente as duas primeiras etapas do ciclo do combustível nuclear: a mineração e o tratamento do minério no qual resulta no produto chamado concentrado de Urânio ou “*yellowcake*”. O concentrado de Urânio produzido pela INB é transportado até o porto de Salvador, e segue para a Europa, ao qual é submetido a outro processo do ciclo do combustível nuclear, que é o enriquecimento.

IMAGENS: INB - INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL





CICLO DO COMBUSTÍVEL

- O ciclo do combustível nuclear é a série de processos industriais que envolvem a produção de eletricidade a partir de Urânio em reatores de energia nuclear.
- O Urânio é um elemento relativamente comum encontrado em todo o mundo. É extraído em vários países e deve ser processado antes de poder ser usado como combustível em um reator nuclear.
- O combustível removido de um reator, após atingir o fim de sua vida útil, pode ser reprocessado para que a maior parte seja reciclada para combustível novo.

SUGESTÕES DE VÍDEOS PARA ASSISTIR



CANAL: INB INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL



Assista o vídeo das Indústrias Nucleares do Brasil sobre Ciclo do Urânio. O vídeo mostra todo o processo de fabricação do combustível nuclear, da mineração do Urânio, passando pelo seu beneficiamento, conversão, enriquecimento até chegar na montagem do elemento combustível que abastece as usinas de Angra 1 e Angra 2. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=eWV1JVrR_oU&t=68s



CANAL: MANUAL DO MUNDO



Assista o vídeo do Manual do Mundo sobre a usina nuclear de Angra no Brasil. O vídeo mostra como funciona a usina, a segurança, monitoramento e muito mais. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM>



CANAL: ELETRONUCLEAR TV



Uma usina nuclear com reator de água pressurizada (PWR, em inglês), como Angra 2, precisa fazer uma parada a cada 12 meses, aproximadamente, para trocar um terço do combustível. Nesse vídeo, mostra-se, em time-lapse, como isso é feito.

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=dS-RTfA842g&t=138s>

6. FUSÃO NUCLEAR

O fenômeno fusão é um processo inverso de fissão. As pesquisas se iniciaram logo após o fim da Segunda Guerra Mundial, depois do descobrimento da quebra dos átomos, conhecida como fissão nuclear.

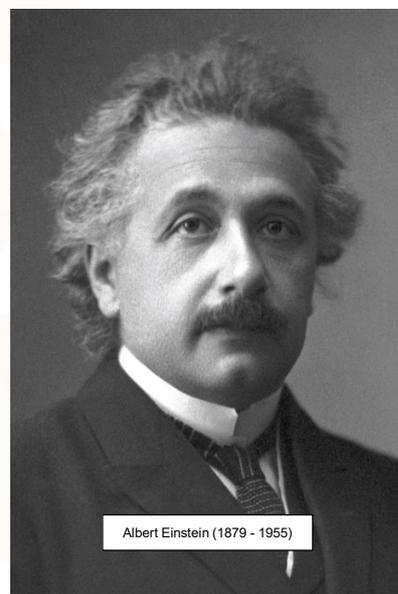
Hans Albrecht Bethe (1906-2005) estudou, entre 1935 a 1938, as reações nucleares, pesquisa que lhe foi útil para desenvolver a teoria de Bohr do núcleo composto de maneira mais quantitativa. Portanto, a teoria das reações nucleares e dos núcleos compostos foi desenvolvida por Bethe; descobriu também as reações que fornecem energia para as estrelas, que é a reação nuclear. Nas estrelas brilhantes, é o ciclo carbono-nitrogênio, e as estrelas mais fracas, como o Sol, são reações próton-próton.

Bethe estudou como as estrelas produzem energia através do processo de fusão nuclear. Os núcleos de hidrogênio são fundidos, dando origem a átomos de Hélio e há libertação de uma grande quantidade de energia. Bethe por meio de sua investigação mostrou que praticamente a energia produzida pelas estrelas mais brilhantes é gerada a partir de uma reação de fusão, tendo o elemento química Carbono como catalisador, e o Hidrogênio como combustível. Bethe recebeu Prêmio Nobel da Física, em 1967 por suas descobertas. Em 16 de julho de 1945, presenciou como testemunha do teste nuclear no Novo México. Até o momento, ele não demonstrava preocupação com as consequências para o mundo, mas apenas com a perfeita execução do teste.

Hans Albrecht Bethe se uniu a Albert Einstein (1879 - 1955) na formação do "Comitê de Emergência de Cientistas Nucleares"; tinha como objetivo informar o público a respeito da energia atômica. Fez campanha para restringir a pesquisa em armas nucleares e incentivou o uso pacífico da energia nuclear; inclusivamente contribuiu para a proibição, em 1973, de testes nucleares atmosféricos.



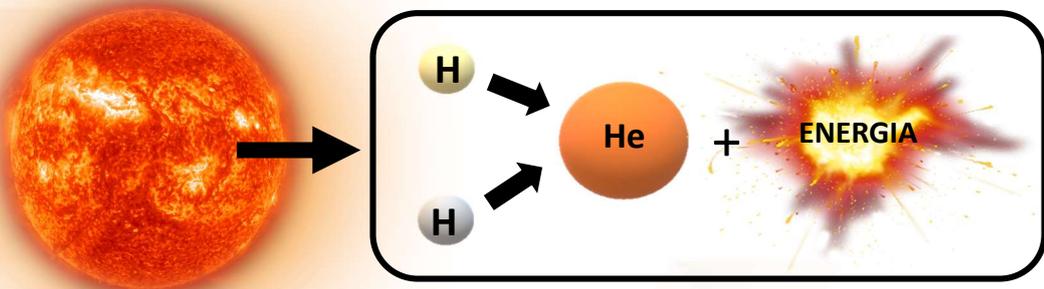
NOBEL PRIZES ORG / BETHE



NOBEL PRIZES ORG / EINSTEIN

Fusão nuclear é o fenômeno inverso da fissão nuclear. Como anteriormente explicado, na reação de fissão há quebra de átomos grandes (Urânio, Plutônio, etc.), reduzidos a átomos menores. Já na reação de fusão aglomeram-se os átomos pequenos (Hidrogênio, Deutério, Trítio, etc.), produzindo então átomos maiores. A reação de fusão libera muito mais energia do que as reações de fissão; por exemplo: a reação que ocorre no Sol e nas estrelas explica a quantidade imensa de energia que é liberada por esses astros.

Abaixo podemos observar a reação que acontece no sol e nas estrelas, dessa forma, podemos observar a liberação de energia nas reações.



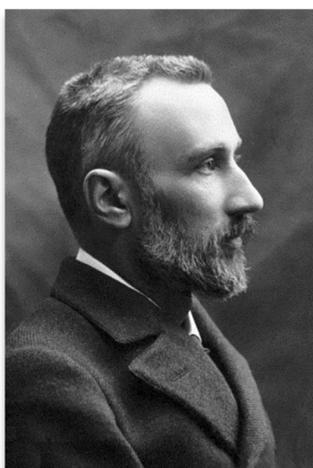
Na reação de fusão, há o aglomeramento de núcleos atômicos menores, produzindo um núcleo maior, com uma liberação de energia muito grande.

Podemos obter a reação de fusão nuclear nas bombas de hidrogênio (bombas H). A primeira bomba de hidrogênio foi construída sob orientação do físico húngaro Edward Teller (1908- 2003), e explodiu em 1952.

7. APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE

O anúncio da descoberta e o isolamento do elemento químico Rádio, em 1898, levou o público geral a ficar fascinado, porque fornecia uma fonte obscura de raios ao brilhar no escuro. Logo, grandes cientistas começaram suas pesquisas sobre esse novo elemento.

Pierre e Becquerel começaram a testar quais os efeitos fisiológicos que o Rádio podia causar para o homem. Após essa descoberta, Pierre permaneceu com uma amostra de Rádio não purificado em seu braço e percebeu que sua pele estava avermelhada, como se tivesse sinais de queimadura. Assim descreveu em nota à Academia de Ciências:



NOBEL PRIZES ORG / CURIE

A pele tornou-se vermelha em uma superfície de seis centímetros quadrados; a aparência é de uma queimadura, mas a pele é pouco dolorosa. Após algum tempo, o vermelhidão, sem se espalhar, começou a aumentar de intensidade; no vigésimo primeiro dia, as crostas foram formadas, e então uma ferida começou a se formar; aos quarenta e dois dias, a epiderme começou a se formar nas bordas, atingindo o centro, e em cinquenta e dois dias, permanece no estado da ferida uma superfície de um centímetro quadrado, que assume uma aparência acinzentada, que indica uma mortificação mais profunda (CURIE, p. 161, tradução nossa).

Em 1903, Pierre, em parceria com os professores Charles-Joseph Bouchard, médico patologista, e o médico forense Victor Balthazard, estudaram os efeitos e a ação fisiológica da emanção de Rádio em ratos cobaias. Eles se surpreenderam, porque após vários testes verificaram que o elemento poderia curar tumores e certas formas do cancro. O Rádio destruiu células infectadas! Novos testes foram efetuados, e tiveram sucesso nos tratamentos em vítimas de câncer. O casal Curie disponibilizou aos médicos franceses a emanção de Rádio para o tratamento do câncer; assim, naquela época, tornou-se conhecido o tratamento como Curie-terapia, em homenagem ao casal pela descoberta.



CÉLULAS NORMAIS



CÉLULAS ANORMAIS

Cancro é a designação que engloba um grupo de mais de cem doenças diferentes, que têm em comum um crescimento celular descontrolado e a disseminação de células anormais.



MEDICINA NUCLEAR

Na medicina são usados os isótopos radioativos, para o diagnóstico e terapias. Os métodos mais comuns utilizados na imagiologia médica são a radiografia, tomografia computadorizada (CT), mamografia e cintilografia.

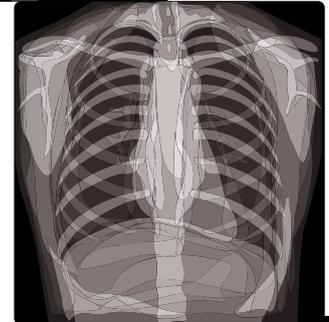
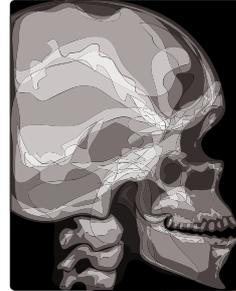
RADIOGRAFIA

A radiografia foi um dos primeiros métodos utilizado para “fotografar” o interior do corpo; essa técnica foi descoberta em 1895 por Wilhelm Roentgen, na Alemanha.

No entanto, a técnica trazia riscos aos pacientes, porque demorava para se obter imagens do corpo. A radiografia durava cerca de 30 a 40 minutos para ser feita, e assim, o paciente ficava exposto aos raios X por muito tempo. Naquela época, não se conhecia ainda os riscos da radiação a que as pessoas eram submetidas.

Pela história da ciência, observamos que todos os cientistas fizeram descobertas e demoravam para saber os riscos que vinham a ocorrer. Até aquele momento, o conhecimento dos Raios-X era pouco, e eles não sabiam quais os efeitos nocivos ao ser humano; só tinham o conhecimento que os mesmos poderiam “fotografar” o corpo humano, especificamente os tecidos mais duros como o osso.

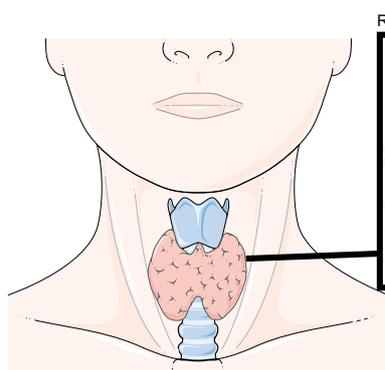
Após anos de pesquisa, descobriram que os raios-X de fato quando exposto ao paciente em excesso traz riscos à saúde. Hoje, com o avanço da ciência e tecnologia, o uso dessa técnica se tornou normalizada e controlada, conhecida como meio mais tradicional de obter imagens do interior do corpo, podendo obter imagens em 3 a 4 segundos.



CINTILOGRAFIA

A cintilografia é um procedimento utilizado na medicina nuclear que produz uma imagem visual do órgão a ser analisado. Por meio desse método é possível obter imagens sobre a anatomia e fisiologia do órgão a ser analisado, utilizando um biomarcador (radiotraçadores). Cada biomarcador tem um tempo de meia vida diferenciado e pode ser administrado por via oral, inalatória, venosa ou subcutânea.

Por exemplo, vários radioisótopos podem ser utilizados para o diagnóstico da tireoide; a escolha vai depender da clínica e a questão a ser analisada. O radioisótopo mais utilizado é o ^{123}I , usualmente administrado via oral; o exame clínico pode ser realizado a qualquer momento entre 4 e 24 horas após a administração. Após o paciente ingeri-lo, a glândula de tireoide o absorve, então o paciente é levado até uma sala para se submeter ao exame. O equipamento (câmera gama) utilizado no procedimento captura a radiação emitida pelo radioisótopo no órgão; assim, pode-se obter a imagem da tireoide.



RADIOLOGIC CLINICS OF NORTH AMERICA /



JOYCE E SMIHART
Exame de mulher com 26 anos com doença grave de hipotireoidismo; podemos observar na imagem a absorção dos radioisótopos em ambos os lados (esquerdo e direito).

Equipamento utilizado na Cintilografia TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POR EMISSÃO DE FÓTON ÚNICO

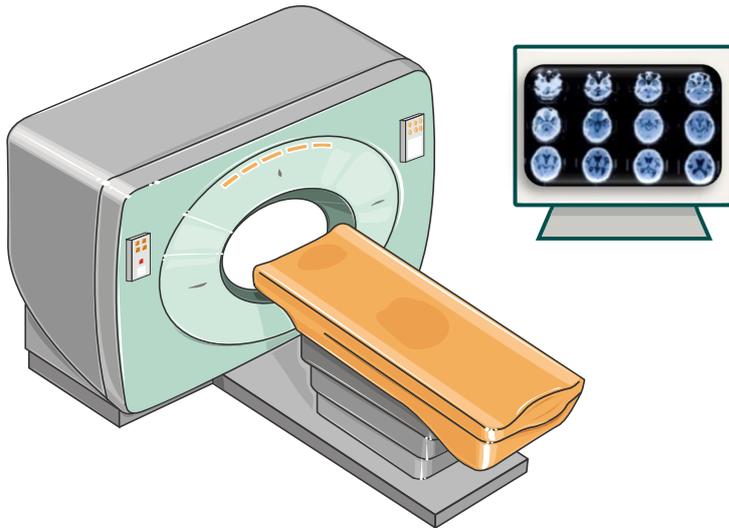
Utilizado para revelar a mudança fisiológico e metabólica, uma ferramenta para diagnosticar e tratar pacientes. É esta capacidade para fazer visível o que poderia normalmente ser invisível que permite a descoberta verdadeira na medicina nuclear através da utilização da radiação ionizante de raios gama.



TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (TC)

A tomografia computadorizada é um procedimento de radiografia em que o feixe estreito de raios X é direcionado ao paciente e rapidamente girado ao redor do corpo; produz sinais que são processados pelo computador para gerar imagens transversais do corpo (imagens “fatiadas”).

Essas imagens são chamadas de imagens tomográficas, as quais contêm mais informações que as radiografias convencionais (raio - x). Com as imagens fatiadas, é possível agrupá-las e formar uma imagem tridimensional do paciente, podendo facilitar na identificação e localização das estruturas básicas, como tumores e anomalias.



Para melhor resultado, em alguns casos nos exames de tomografia são utilizados contrastes, que são elementos químicos que possibilitam aumentar a visibilidade no procedimento. Nesse método, é necessário que o paciente ingira substâncias radioisótopos, para aumentar o contraste na imagem. Tais substâncias são conhecidas como radiotraçadores.

A TC pode ser usada para identificar doenças ou lesões em várias regiões do corpo; por exemplo: para localizar tumores, coágulos que levam a derrame, hemorragia e outras condições. A TC vem sendo bastante agregada para visualização de fraturas ósseas complexas, articulações severamente erodidas ou tumores ósseos, uma vez que produz mais detalhes do que uma radiografia convencional.

MAMOGRAFIA

A mamografia é uma técnica que possibilita radiografar a mama, pode ser usada para verificar o câncer de mama em mulheres que não apresentam sinais ou sintomas da doença, ou para verificar a presença de nódulos na mama. Existem dois tipos de mamografia: a 2D e 3D.

A mamografia em 2D é o método convencional que cria uma imagem bidimensional da mama a partir de duas imagens de raio x de cada mama. Porém, pode deixar escapar alguns sinais do câncer na bidimensional, porque a imagem não fornece informações suficientes como na 3D.



No mundo todo, o mês de **outubro** é dedicado às campanhas de conscientização, prevenção e detecção precoce do **câncer de mama**.

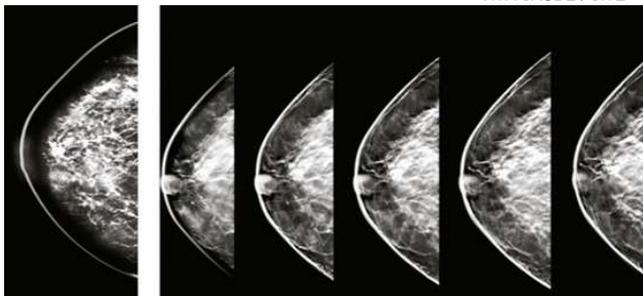
O símbolo é o laço cor-de-rosa. A utilização desse símbolo tem como objetivo alertar as mulheres para o autoexame e para o diagnóstico. Segue a importância do seu tratamento, bem como o apoio às mulheres vítimas do câncer de mama.

A mamografia em 3D ou mamografia tridimensional (conhecida também como, tomossíntese digital) cria uma imagem tridimensional da mama, na qual várias imagens de diferentes ângulos ao redor da mama são usadas para criar a imagem em 3D. Alguns estudos apontam que a mamografia por tomossíntese detecta 12% a mais do câncer de mama do que no método convencional.

No entanto, no Brasil, a mamografia em 3D por ser ainda uma tecnologia nova e poucos laboratórios possuem o equipamento, e os valores de exames são um pouco altos em relação a convencional (3D custa em torno de R\$500 reais, e a convencional em 2D cerca de R\$200).

No Sistema Único de Saúde (SUS) ainda não se sabe oficialmente o número de equipamentos de Tomossíntese no âmbito nacional. O DataSUS, sistema de informática, ainda não informou o cadastro do equipamento em questão.

VIVA SAÚDE / SITE



A mamografia em 3D faz imagens fatia a fatia da mama, permitindo maior visibilidade de tudo.



CÂNCER DE MAMA



PRESTE ATENÇÃO AOS SINTOMAS

- Nódulo fixo e geralmente indolor
- Pele da mama avermelhada ou retraída
- Alterações no mamilo
- Nódulos nas axilas e/ou no pescoço
- Saída de líquido anormal das mamas



AUTOEXAME

- Pode ser feito sempre que se sentir confortável, como no banho ou no momento da troca de roupa
- Não há necessidade de técnica ou período do mês específicos



ORIENTAÇÕES

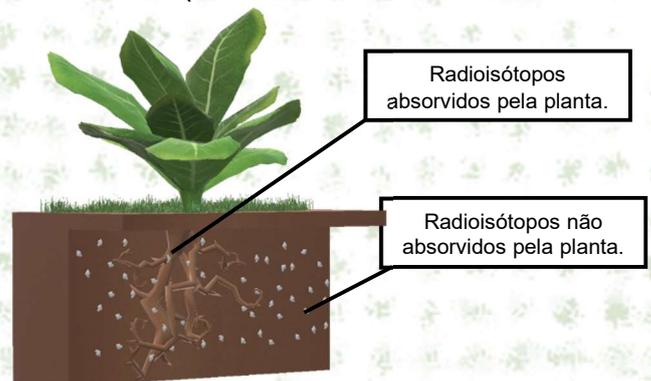
- Buscar o serviço de saúde para investigação ao sinal de qualquer alteração
- Mulheres entre 50 e 69 anos devem fazer mamografia a cada dois anos



AGRICULTURA NUCLEAR

Na agricultura, o uso de radioisótopos está em determinar a absorção de adubos e fertilizantes no metabolismo das plantas, através do acompanhamento dos traçadores radioativos. Verifica-se assim o que é absorvido por raízes e folhas (SINGH, SINGH, KAUR, 2013).

Por exemplo, os fertilizantes marcados com radioisótopos como Nitrogênio-15 e Fósforo-15 são utilizados para estudos de absorção e retenção; o uso excessivo de fertilizantes pode afetar a biodiversidade e prejudicar o meio ambiente. Esse método possibilita determinar a quantidade de fertilizante absorvida e consumida (pela planta) e analisar a quantidade perdida no meio ambiente.



Essa técnica permite estudar qual a quantidade necessária de fertilizante para a nutrição da planta, evitando o uso excessivo dele.

No campo de alimentos, os radioisótopos são utilizados para conservação de alimentos. O método é usado para a extensão do prazo de validade, para evitar que os alimentos se estraguem. A irradiação de alimentos mata insetos e parasitas, inativa esporos e fungos, previne a reprodução de bactérias, inibe o surgimento de tubérculos e retarda o amadurecimento.



CEBOLAS NÃO IRRADIADAS

MESES DE
ARMAZENAMENTO



COM ENRAIZAMENTO
COM BROTOS
COM APODRECIMENTO



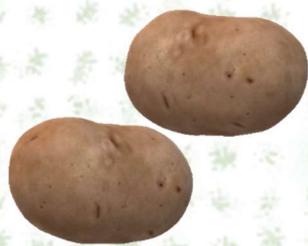
CEBOLAS IRRADIADAS

MESES DE
ARMAZENAMENTO



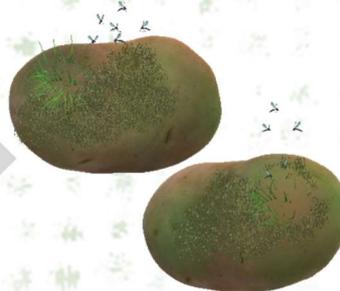
SEM ENRAIZAMENTO
SEM BROTOS
SEM APODRECIMENTO

Cebolas irradiadas não sofrem brotamento nem o apodrecimento por meses.

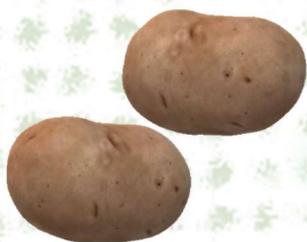


BATATAS NÃO IRRADIADAS

MESES DE
ARMAZENAMENTO

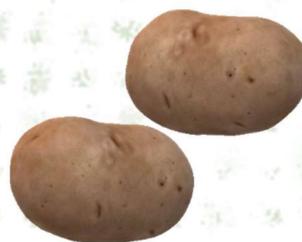


COM ENRAIZAMENTO
COM BROTOS
COM APODRECIMENTO



BATATAS IRRADIADAS

MESES DE
ARMAZENAMENTO



SEM ENRAIZAMENTO
SEM BROTOS
SEM APODRECIMENTO

Batatas irradiadas não sofrem brotamento nem o apodrecimento por meses.

A Administração de Alimentos e Medicamentos (Food and Drugs Administration) dos Estados Unidos aprovou o método de irradiação para inibição da germinação e retardar o amadurecimento em frutas e vegetais frescos, esse procedimento permitiu aumentar a exportação de alimentos de um país para outro. O órgão afirma que o método não traz riscos à saúde.

Por lei, os produtos irradiados devem apresentar em seus rótulos o símbolo internacional de irradiação de alimentos.





GEOLOGIA E ARQUIOLOGIA

Os radioisótopos na geologia e arqueologia são usados para determinação da idade de fósseis, matérias orgânicas e minerais.

Na geologia, a radioatividade é utilizada para determinar a idade de eventos geológicos registrados na rocha; os geólogos utilizam as rochas sedimentares e vulcânicas que estão expostas na superfície para estabelecer as análises. Para datar a idade de uma rocha, os geólogos comumente usam métodos de datação radiométrica, baseados no decaimento radioativo natural de certos elementos, como o potássio e o carbono.

A maioria dos isótopos encontrados na Terra é geralmente estável. No entanto, alguns isótopos, como o ^{14}C , têm o núcleo instável e são radioativos. Isso significa que ocasionalmente o isótopo instável mudará o seu número de prótons, nêutrons ou ambos. Essa mudança é chamada de decaimento radioativo, como estudamos nos capítulos anteriores.

O decaimento depende do tempo de meia vida de cada radioisótopo. Para compreendermos melhor o decaimento, vamos para um exemplo: o ^{14}C instável se transforma em nitrogênio estável (^{14}N). O núcleo atômico que se decompõe é chamado de isótopo pai, o produto do decaimento é chamado de isótopo filho. No exemplo, ^{14}C é o pai e ^{14}N é o filho. É essa relação entre o isótopo pai e isótopo filho que nos permite determinar a idade no objeto de análise.



Os depósitos fósseis de Liaoning, na China, não apenas preservam os dinossauros, mas também os primeiros pássaros, como esses delicados e belos exemplares da espécie *Confuciusornis sanctus*, de 120 a 125 milhões de anos de idade. Esta ave – conhecida por suas duas longas penas da cauda – é um dos animais mais comumente descobertos nas formações Yixian e Jiufotang do início do Cretáceo, com muitas centenas de exemplares agora em museus chineses. Isso significa que os pesquisadores podem fazer perguntas sobre a variação dentro da população, uma oportunidade incomum em uma espécie fóssil.

MAS, COMO É DETERMINADA A IDADE A PARTIR DESSA RELAÇÃO?

Matérias orgânicas, como fósseis, madeira, animais, plantas entre outros, contêm o ^{14}C ; seu tempo de meia-vida é de 5.730 anos. Isso significa que, a cada 5.730 anos, o decaimento do ^{14}C é reduzido à metade. Analisando a proporção de ^{14}C que ainda existe nesses materiais é possível determinar a “idade” dos materiais.

Por exemplo, se a abundância medida de ^{14}C e ^{14}N em um osso for igual, uma meia-vida passou e o osso tem 5.730 anos (uma quantidade igual à meia-vida de ^{14}C). Se houver três vezes menos ^{14}C do que ^{14}N no osso, duas meias vidas passaram e a amostra tem 11.460 anos de idade. Se o osso tiver 70.000 anos ou mais, a quantidade de ^{14}C deixada no osso será pequena demais para ser medida com precisão. Portanto, a datação por rádiocarbono é útil apenas para medir as coisas que foram formadas no passado geológico relativamente recente. Por isso, existem outros métodos, como o de Potássio-Argônio (K-Ar), que permite a datação de materiais que estão além do limite de datação por rádiocarbono.

NATIONAL GEOGRAPHIC / WU



Datado em cerca de 200 milhões de anos, o delicado carnívoro *Coelophysis bauri* foi um dos primeiros dinossauros a viver no sudoeste dos Estados Unidos. Essa espécie do final do Triássico, que é o fóssil do estado do Novo México, chegou a 2,98 metros de comprimento, mas pesava entre 33 a 44 quilos apenas. Este espécime tem a cabeça torcida para trás sobre a espinha, conhecido como a “postura da morte” – uma posição comum para os dinossauros fossilizados, possivelmente causada pela contração dos músculos e ligamentos após a morte.

NATIONAL GEOGRAPHIC / WEI-HAAS

Encontrada Múmia que revela a mais antiga receita de embalsamento dos egípcios. Datada de 5,6 mil anos atrás.

A múmia permanece museu em Turim, na Itália, ela permaneceu nessa vulnerável posição por milhares de anos no Egito, coberta por areias quentes próxima às margens do Nilo.



8. CURIOSIDADES

Em busca de remédios que curariam todos os males, após a descoberta do Rádio vários empresários buscavam patentear produtos que tinham em sua composição esse elemento, com o intuito de curar ou prolongar vida. Na época ficaram conhecidos como a Era dos Elixires Radioativos. Mas, em 31 de março de 1932, os produtos radioativos foram proibidos, depois que o médico forense Raymond Miles da cidade de Nova York, publicou em primeira manchete no New York Times "Eben M. Byers Dies of Radium Poisoning", morre Byers por intoxicação do Rádio.

Byers foi um empresário milionário internacionalmente conhecido. Segundo o jornal, 1927, após ter machucado o braço, apresentou dores musculoesqueléticas crônicas intensas e, após consultar o médico fisioterapeuta Charles Clinton Moyar, em 1928, ele sugeriu utilizar o medicamento radioativo produzido em 1925, patente de William J. A. Bailey, do Bailey Radium Laboratories, conhecido como Radithor. Eben M. Byers, e ainda foi orientado a beber uma garrafa por dia, embora houvessem rumores de que ele bebia cerca de duas ou três garrafas por dia.

O medicamento radioativo Radithor era anunciado como "Uma cura para os mortos-vivos", bem como "Sol Eterno". Sua composição descrevia uma água mineral radioativa que continha uma mistura secreta de Rádio e Tório; cerca de 400.000 garrafas foram preparadas pela empresa e vendida pelo mundo. Após a morte de Byers, todo setor de medicamentos radioativos desmoronou. Órgãos Públicos da Saúde ficaram responsáveis em investigarem se lojas ainda vendiam o produto após a proibição, para garantia que todos esses medicamentos saíssem das prateleiras.

Como a radioatividade era a tendência do momento, em 1929 havia em registro cerca de 80 patentes relacionadas ao uso da radioatividade, dentro delas estavam os medicamentos, alimentos, cosméticos e produtos de higiene pessoal, por exemplo: chocolate, cremes dentais, batons, pó de arroz, entre outros. Todos anunciavam que a presença de substâncias radioativas curava câncer, doenças mentais, propriedades curativas e embelezadoras, e possuíam poderes rejuvenescedores.



JAMA / MACKLIS

Garrafas de amostra Radithor originais, fabricadas entre 1927 e 1929. Cada garrafa custava US\$1 e continha aproximadamente 16,5 ml de líquido.

Em 1932, mesmo depois da proibição de produtos radioativos, e após a morte de Byers, algumas empresas ainda vendiam, como no caso da pasta de dentes Doramad, que ficou disponível para venda nas lojas até o início de 1940.



THESES / GANAU



Imprima a réplica da caixinha do chocolate "RADIUM" e a pasta de dente "DORAMAD". APÊNDICE A e B

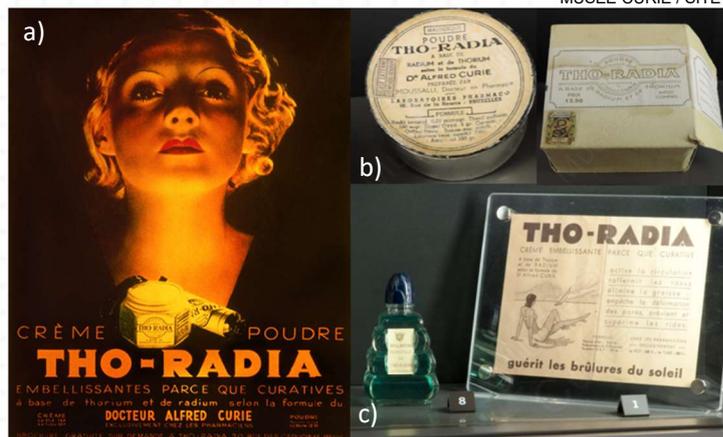
Doramad Creme Dental, produzido Auergesellschaft de Berlim. O anuncio na parte de trás do tubo dizia: "A radioatividade aumenta as defesas dos dentes e gengivas. As células são carregadas com nova energia vital e os efeitos destrutivos das bactérias são impedidos. Ele lustra cuidadosamente o esmalte dos seus dentes que são polidos e tornam-se brancos e brilhantes. Espumas maravilhosas, sabores novos, agradáveis, suaves e refrescante."



THESES / GANAU

Vendido por Burk & Braun da Alemanha de 1931 a 1936, esse CHOCOLATE foi promovido por "seu poder de rejuvenescimento",

MUSÉE CURIE / SITE



(a) Publicidade de Tho-Radia; (b) Pó compacto contendo 0,01 micrograma de brometo de rádio e tório e embalagem, fabricado no período de 1933-1937; (c) Folder Tho-Radia (1933-1937) e frasco de Brilliantine, perfume da década de 1940. As mulheres francesas compraram os produtos THO-RADIA com a esperança de manter a pele saudável e estimular a beleza. Observe na publicidade que a iluminação no cartaz de publicidade faz o rosto da mulher brilhar, era que o marketing divulgava "TENHA UMA PELE LINDA E IRRADIANTE".

9. PERIGOS DA RADIAÇÃO

Dentro dos perigos das radiações, está o fato de nós não sentirmos de imediato. Por exemplo, uma pessoa que sofre efeitos do fogo ou eletricidade sente de imediato os efeitos no corpo.

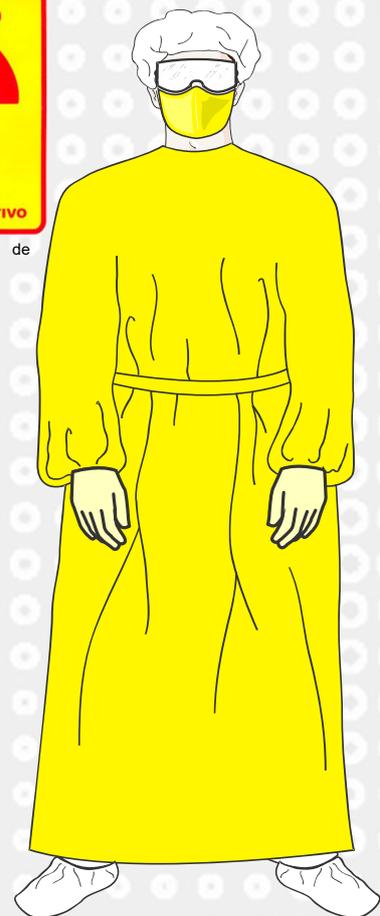
Quanto à radiação, o ser humano não sente que está sob o efeito dela, pois absorvemos aos poucos sem perceber. Quando entendemos, a nossa saúde já pode estar comprometida, podendo causar até danos genéticos para futuras gerações. Por exemplo, se uma mulher grávida absorve doses gradativas de radioatividade, pode provocar alterações no embrião, por esse perigo, os laboratórios e indústrias que utilizam materiais radioativos tomam medidas de segurança no local. É importante estar atento ao local onde se aplica a radioatividade, exemplo, nos possíveis locais que indicam a presença de materiais radioativos, geralmente o ambiente é sinalizado por um símbolo (trifólio), para alertar as pessoas a manterem distância do local ou utilizarem uma roupa específica para que possa bloquear as emissões radioativas.

Quanto aos efeitos fisiológicos provocados pela radioatividade, depende da intensidade da radiação absorvida. Os primeiros sintomas do ser humano exposto à radioatividade podem ser tonturas, ulcerações na pele e até mesmo a morte (intensidade alta); isso irá depender da quantidade de radiação absorvida pela pessoa.

Em uma indústria ou usina, o material radioativo deve ser manipulado por garras mecânicas, às vezes sob as vistas de um circuito fechado de televisão. Além disso, é preciso prender à sua roupa um dosímetro elétrico, que apita quando há ação da radiação no local, ou o dosímetro descartável, que é uma pequena placa que faz medição da radiação do local; quando substância escurece quer dizer que há ação das radiações no local, ambos servem como um sistema de alerta.



Símbolo de aviso de radiação ("trifólio").



10. ACIDENTES RADIOATIVOS



The Radioactive News

VOL. 1. No. 1

©2018 The Radioactive News

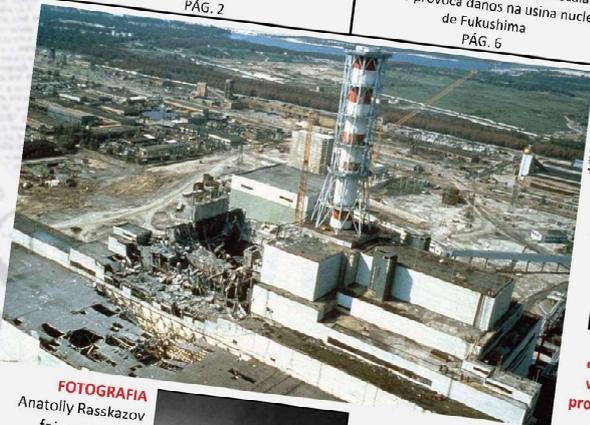
Londrina-Paraná, quarta-feira, 16 de outubro de 2019

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

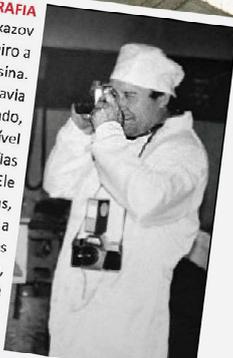
R\$ 6,50



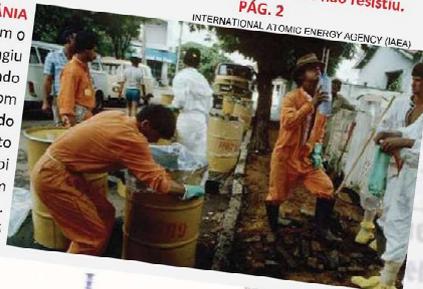
ACIDENTE NUCLEAR
Teste realizado na madrugada do dia 26 de abril de 1989 em Chernobyl provoca acidente.

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

FOTOGRAFIA
Anatolly 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



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



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



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

EDIÇÃO Nº 00.000
ANO 01
TEMPO NO ESTADO
INSTÁVEL
Parceiros de atuação: Monitoramento de desastres em nível global. Análise de impactos ambientais em nível global. Hoje em Paraná. UFRS/RS/RS/RS.

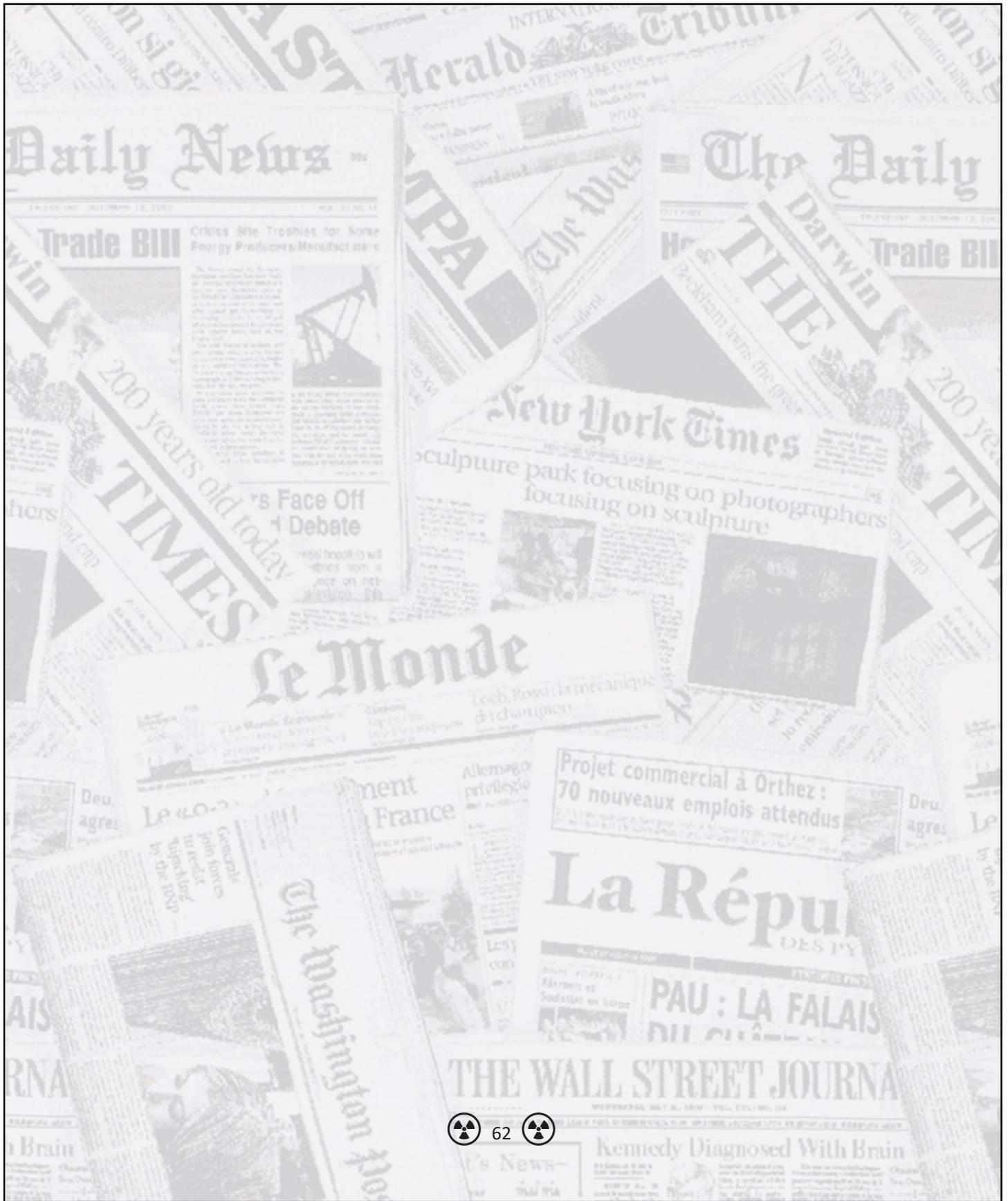
19/727 LONDRIANA
30/727 MARINGÁ
ASSINATURA 0800-0000000
CLASSIFICAÇÃO (CNPJ) 0800-0000
FECHA/CONTATO
23H 52MIN

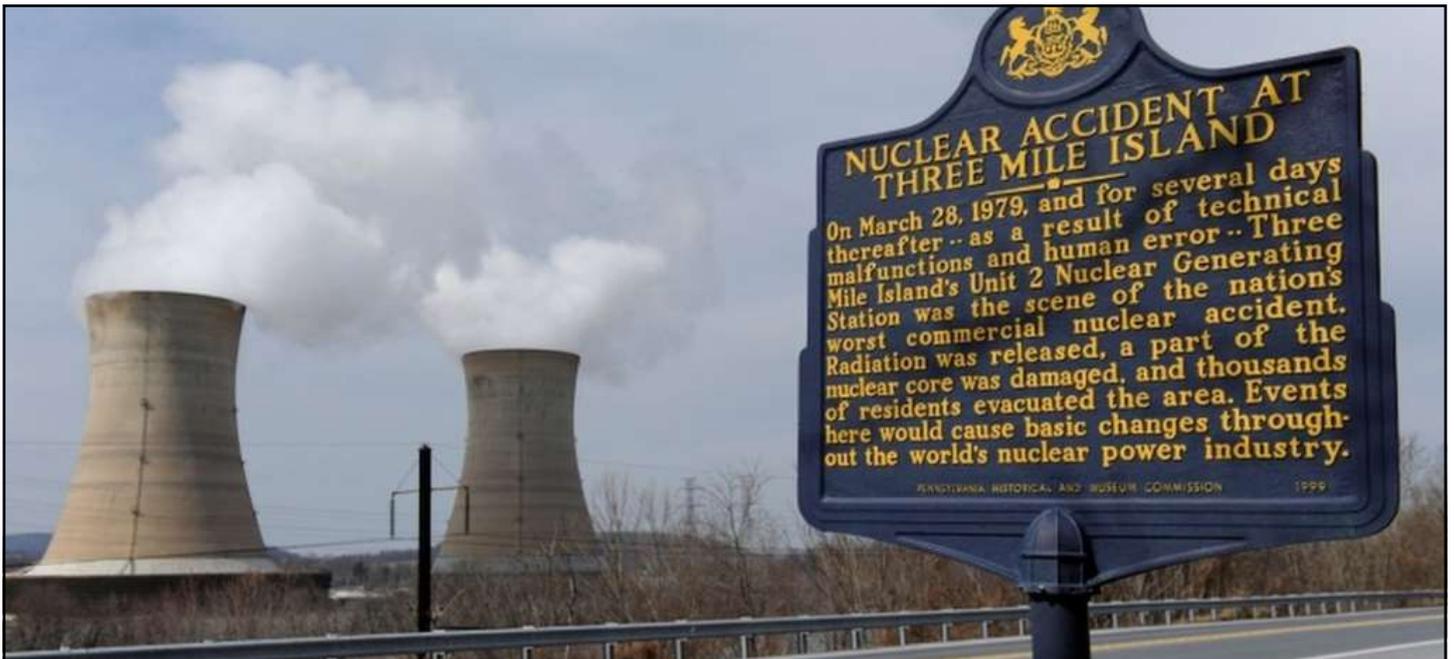
Fonte: SIMEPAR

610507-040217



Faça download do Jornal "The Radioactive News" em PDF





WORLD NUCLEAR ASSOCIATION

1979 - Three Mile Island, EUA

Por volta das 4 horas 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 aos redores 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 no local, 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.



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.

A PREOCUPAÇÃO COM O ACIDENTE EM THREE MILE ISLAND

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, anos após o acidente, estudos de saúde independentes do acidente não mostraram evidência de nenhum número anormal de cânceres em torno de Three Mile Island. O único efeito detectável foi o estresse psicológico durante e logo após o acidente.

Os estudos revelaram que a liberação 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.



REATOR DA USINA DESTRUÍDA SSE CHERNOBYL NPP



USINA DE CHERNOBYL, UCRÂNIA ANTES DO ACIDENTE

1986 - Chernobyl, Ucrânia

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 testes, as reações aceleradas provocaram um superaquecimento no combustível, devido às reações de fissão, e sobrecarregou o sistema destruindo o reator o qual em contato com a água (sistema de refrigeração) gerou vapor e aumentou a pressão, provocando assim, uma explosão de vapor que despreendeu 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 de 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 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.



65



REATOR DA USINA DESTRUÍDO SSE CHERNOBYL NPP



GERAÇÃO INTENSIVA DE VAPOR RADIOATIVO NO REATOR 4 SSE CHERNOBYL NPP

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 ao qual 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.



10 dias após o acidente, 130 mil pessoas foram evacuadas

Em 27 de abril, cerca de 45 mil moradores foram evacuados de Prypyat (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.

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

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.

REVISTA GALILEU / CHRISTELS



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



LAGOA DE RESFRIAMENTO (2016)

SSE CHERNOBYL NPP

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 Césio-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 Riye, localizada cerca de 200km de Chernobyl foram coletadas 50 amostras de leite, "Todas continham Césio-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.

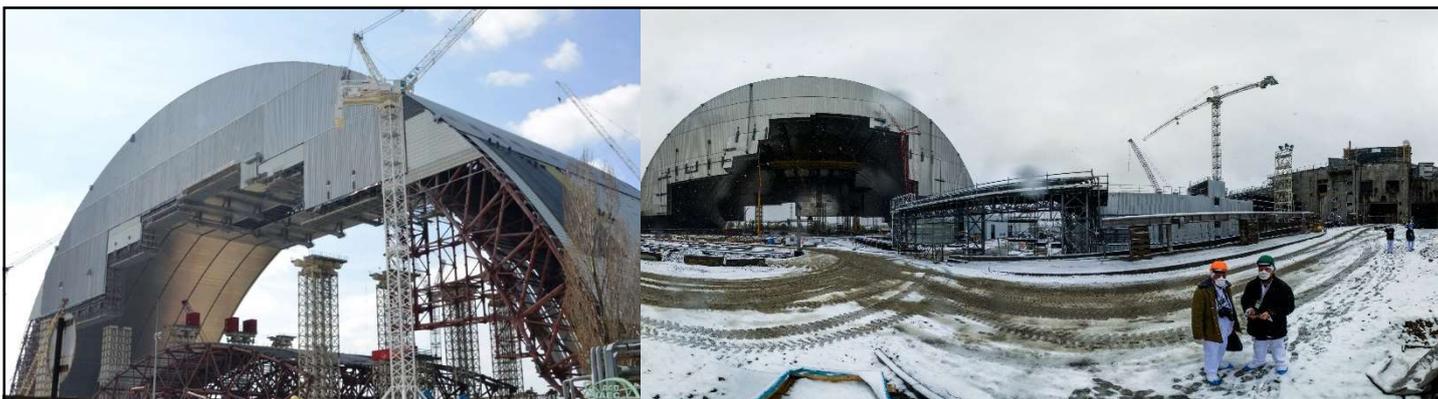
Além disso, na região da Zona de exclusão de Chernobyl se tornou um "habitat" de vida selvagem próspera.

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.

CIDADE DE PRIPYAT (2016)

SSE CHERNOBYL NPP





NEW SAFE CONFINEMENT, FOTO CONSTRUÇÃO EM 2014 (PARTE EXTERNA)

SSE CHERNOBYL NPP

Novo “sarcófago” é inaugurado em Chernobyl

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 pessoas 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.

NEW SAFE CONFINEMENT, FOTO CONSTRUÇÃO EM 2016 (PARTE INTERNA)

SSE CHERNOBYL NPP





NEW SAFE CONFINEMENT FINALIZADO (PARTE EXTERNA) (2019)

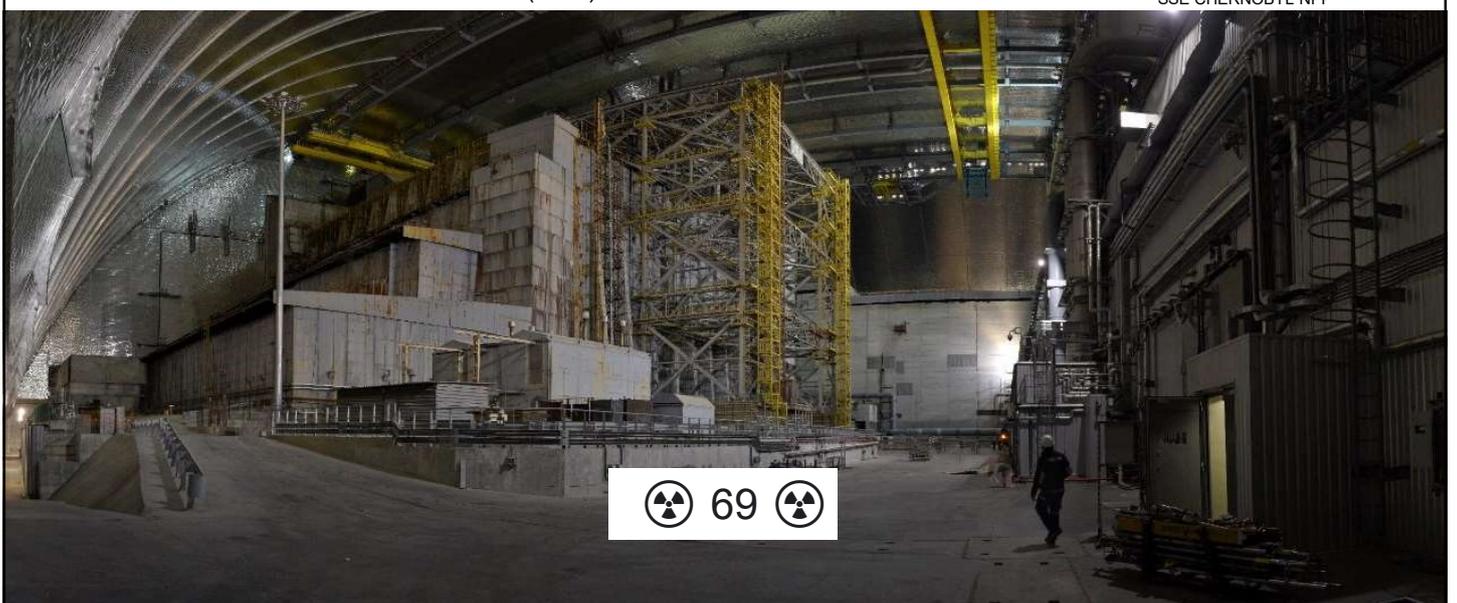
SSE CHERNOBYL NPP

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 catastroficamente não conseguiu como resultado das explosões de 1986 e do colapso final.

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.

NEW SAFE CONFINEMENT FINALIZADO (PARTE INTERNA), NO CENTRO DA IMAGEM ENCONTRA-SE O PRIMEIRO "SARCÓFAGO" (2019)

SSE CHERNOBYL NPP





INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA).

1987 - Césio 137, Goiânia, Brasil

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 cápsula estava envolta por Chumbo para proteção das radiações. Eles levaram o pedaço pesado para vendê-lo a um comerciante de sucata, Devair Alves Ferreira, 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 rastrearam e limpam a contaminação. O perigoso material radioativo 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 “Césio-137- o brilho da morte”.

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.

O espaço onde estão os rejeitos fica em uma área de 32 alqueires, dentro do Parque Estadual Telma Otergal, às margens da BR-060. Lá, foi construído o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRCN-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.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA).





NOVA ESCOLA / AMPUDIA

2011 - Fukushima, Japão

Na madrugada do dia 11 de março de 2011, o Japão sofreu um terremoto de 8,9 graus na escala Richter, provocando 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 possui localizadas 11 usinas nucleares. Todas entraram em processo de desligamento, mas, mesmo assim, após o desligamento os reatores precisam ser resfriados, pois mesmo com desligamento do reator o processo de fissão ainda continua até o resfriamento total.

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.

NOVA ESCOLA / AMPUDIA



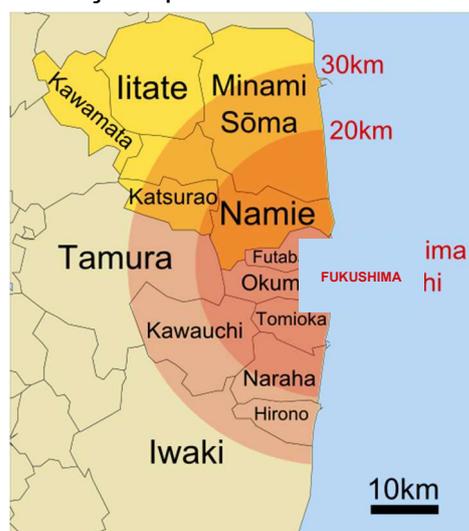


GREENPEACE

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

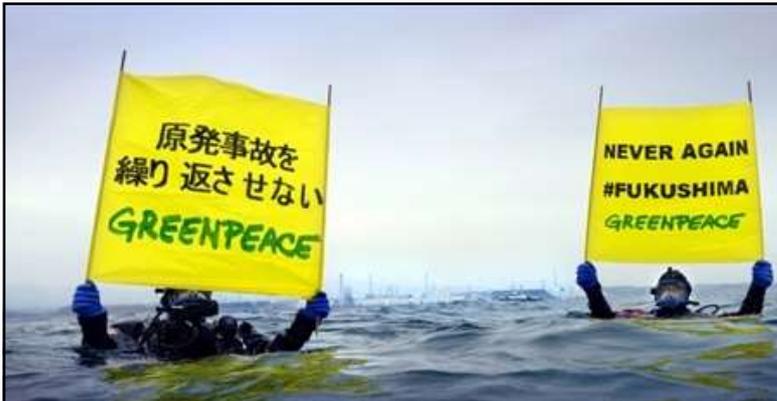
Em relação às emissões para o ar e também para o vazamento de água de Fukushima, o principal radionuclídeo, dentre os muitos tipos de produtos de fissão no combustível, era o volátil Iodo-131, que tem uma meia-vida de 8 dias. O outro principal radionuclídeo é o Césio-137, que tem uma meia-vida de 30 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 Césio 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.



Vilas e cidades do Japão ao redor da usina nuclear de Fukushima. As áreas de 20 e 30 km tiveram ordens de evacuação e abrigo, respectivamente. Mais tarde, mais ordens de evacuação foram dadas além de 20 km nas áreas a noroeste do local. Isso afetou partes dos distritos administrativos destacadas em amarelo.





GREENPEACE

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

Os ativistas do Greenpeace juntam-se milhares de pessoas que marcham para o parlamento japonês em 10 de março de 2013 em memória ao desastre de 2011 em Fukushima e exigem que o governo japonês abandone seu perigoso programa nuclear.

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, Césio 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.

GREENPEACE



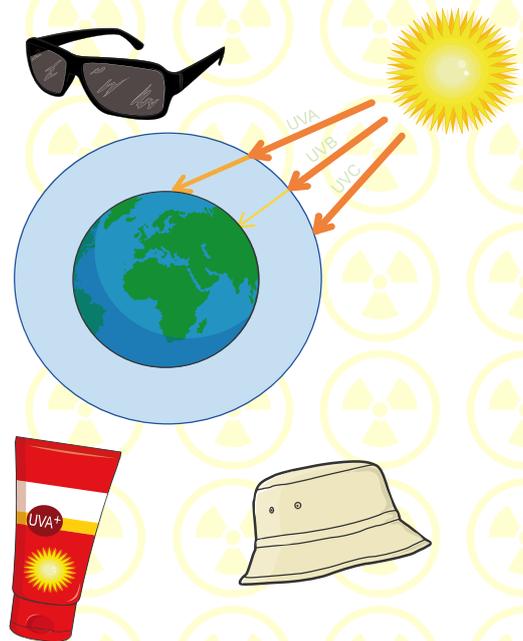
11. FAZ BEM ? OU FAZ MAL?

Pensamos agora à questão de por que o público ficou tão irracionalmente com medo de radiação. Provavelmente, um dos motivos são as histórias de radiação de televisão, filmes, séries, revistas e jornais. Ouvir constantemente histórias ou assistir filmes/séries sobre radiação sendo um algo representado como perigo a sociedade, deu às pessoas a impressão subconsciente de que era algo com que se deve preocupar. Mas não é bem isso né?

Como vimos no livro, sabemos que a radiação pode danificar ou matar células do nosso corpo. Mas, isso depende da quantidade de exposição que sofreremos. Um bom exemplo é o dano causado pela Radiação Ultravioleta (UV) do sol. Se você receber grandes doses de UV, sofrerá queimaduras solares e se for exposto dessa maneira repetidamente, sua chance de contrair câncer de pele aumentará significativamente. Mas, se você mantiver a exposição baixa (exemplos: usar protetor solar, não tomar banho de sol e usar um chapéu), seu risco de câncer permanecerá pequeno. Portanto, é uma questão da quantidade e a exposição aos raios ultravioleta do sol.

Funciona da mesma maneira com a radioatividade. O mal da Radioatividade vai depender do tempo de exposição. Assim também compreendemos que o termo maléfico para sociedade está voltado a formação ética do indivíduo que faz o uso deste conhecimento para trazer prejuízos a sociedade. Por exemplo, nos capítulos vimos que os malefícios estavam ligados a fatores políticos e econômicos como o bombardeamento de Hiroshima e Nagasaki, que levou a morte de milhares de pessoas. Da mesma forma, que os acidentes nucleares estão relacionados a erros técnicos de trabalhadores, problemas no sistema da usina, negligência, entre outras.

Por isso caro leitor, é importante estar ciente que a ciência é como uma fada e uma bruxa, ou seja, ela pode nos proporcionar benefícios e malefícios, e que seus malefícios estão relacionados a fatores políticos e econômicos, negligência, falta de conhecimento, entre outros.



Lembre-se do legado que a cientista Marie Curie deixou para a humanidade após as descobertas dos elementos químicos Polônio (Po) e Rádio (Ra). A sua vida foi dedicada a ciência! Ela acreditava profundamente nos benefícios que a sua descoberta poderia trazer para as pessoas. Em 6 de julho de 1905, Pierre falou em seu nome e em nome de sua esposa Marie Curie diante a Academia de Ciências de Estocolmo sobre a descoberta do Rádio, disse ao final da conferência:

MUSÉE CURIE / SITE



O Rádio enriqueceu o saber e agora serve ao Bem. Mas poderá igualmente servir ao mal? Em mãos criminosas o Rádio venha a tornasse muito perigoso, e aqui há lugar para a pergunta se a humanidade tem vantagem em conhecer os segredos da natureza, se está madura para tirar partido desse conhecimento ou se lhe será ele prejudicial. [...] sou dos que pensam, com Nobel, que a humanidade tirará mais do bem que do mal das novas descobertas.

(CURIE, 1938, p.195, tradução nossa).

Diante de tantos benefícios para a humanidade, lamentavelmente as descobertas da radioatividade caiu em mãos criminosas como já previa Pierre e Marie Curie. Ambos, acreditavam que a ciência não é responsável em criar o bem ou o mal, ela cria o conhecimento, os seres humanos que são responsáveis em fazer as escolhas de criar o bem e o mal.

Lembre-se que o mal da ciência sempre existirá em mãos erradas.

Referências

- AMPUDIA, R. 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. 2016.
- AQUINO, K. A. S; AQUINO, F. F. S. **Rádio atividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 8. 2012. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cap/images/quimica/katiaaquino/3anos/complementar/08colaiqradiacao.pdf> . Acesso em: 22 mai. 2016.
- BARBOSA, V. 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.
- BIRCH, B. **Personagens que mudaram o mundo: Os Grandes Cientista Marie Curie**. 1.ed. Rio de Janeiro: Editora Globo. 1988.
- CARDOSO, E. M., Apostila Educativa: Rádio atividade – **CNEN: Comissão Nacional de Energia Nuclear**, 3. ed Rio de Janeiro, 54p. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/apostila-educativa-aplicacoes.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2016
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **História da Energia Nuclear**. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/historia-da-energia-nuclear.pdf> . Acesso em: 22 mai. 2016.
- DAHL, P. F. **Flash of the Cathode Rays: A History of J J Thomson's Electron**. 1 ed. EUA Washington: CRC Press, 1997.
- ELETRONUCLEAR. **Gerenciamento de Resíduos**. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Paginas/Gerenciamento-de-Residuos.aspx>. Acesso em: 27 set. 2018.
- EL PAIS. **Marie Curie, un siglo con dos nobel**. Espanha, 22 nov. 2011. Disponível em: https://elpais.com/elpais/2011/11/22/mujeres/1321941840_132194.html. Acesso em: 27 set. 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.
- GANAU, A. N . **Bottled natural mineral water in Catalonia: Origin and geographical evolution of its consumption and production**. 2013. 405 f. Thesis (doctorate in Geography) - University of Barcelona. Barcelona. 2013.
- GERWARD, L. Paul Villard and his Discovery of Gamma Rays. **Physics in Perspective**, Suíça, v.1, p.367-383, dez. 1999.
- FELTRE, R. **Fundamentos de Química**: vol. 2. 6ª.ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- GLOBO.COM. **Acidente rádio ativo em Goiânia – Césio 137**. Disponível em: <http://memoriaglobo.globo.com/programas/jornalismo/coberturas/acidente-rádio-ativo-em-goiania-cesio-137/acidente-rádio-ativo-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. 2016

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. 2016

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Galeria de Imagens.** Disponível em: <https://www.inb.gov.br/Media-Center/Galeria-de-Imagens> . Acesso em: 27 set. 2018.

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

JOYCE, J. M.; SWIHART, A. Thyroid: Nuclear Medicine Update. **Radiologic Clinics of North America**, vol. 3, n. 49, p. 425–434. 2011.

KAPLAN, I. **Física Nuclear.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.

MACKLIS, R. M. Radithor and the Era of Mild Radium Therapy. **JAMA**, vol. 264, p. 614-618, 1990.

MAZZATENTA, Louis. 23 fotos de fósseis capturam o mistério e a beleza dos dinossauros. National Geographic, 13 nov. 2018. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/photography/2018/11/23-fotos-de-fosseis-capturam-o-misterio-e-beleza-dos-dinossauros>. Acesso em: 16 jun. 2018.

MUSÉE CURIE. **Imagens Biografia Marie Curie. 2018.** Disponível em: <https://musee.curie.fr/decouvrir/la-famille-curie/biographie-de-marie-curie>. Acesso em: 27 set. 2018.

MUSÉE CURIE. **Banco de Imagens.** Disponível em: <http://musee.curie.fr/visio/www-visio46.html>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

MICHELON, E.; COLENCI, B.; DE PAULA, V. Diferenças entre os exames de Tomografia Computadorizada realizada para fins diagnósticos e para planejamento radioterápico. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, v. 13, n. 1; p. 81-91, Santa Maria, 2012. Disponível em: . Acesso em: 26 Mar. 2015.

MOULD, R. F. A century of x-rays and radioactivity in medicine. **Philadelphia: Institute of Physics Publishing**, 1995.

NASCIMENTO, M. L. F. Brief history of X-ray tube patents . **World Patent Information**, 37, 43-53, fev, 2014

NOBELPRIZE.ORG. **Joseph John Thomson** - Facts. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1906/thomson/facts/>. Acesso em: 09 ago. 2018.

NOBELPRIZE.ORG. **Antoine Henri Becquerel** - Facts. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/becquerel/facts/>. Acesso em: 09 ago. 2018.

NOBELPRIZE.ORG. **Ernest Rutherford** – Facts. 2018. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1908/rutherford/facts/>. Acesso em: 09 ago. 2018.

NOBELPRIZE.ORG. **Hans Albrecht Bethe**- Facts. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1967/bethe/facts/>. Acesso em: 09 ago. 2018.

NOBELPRIZE.ORG. **Albert Einstein** - Facts. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/einstein/facts/>. Acesso em: 09 ago. 2018.



PARIS PANTHEON. **Marie Curie, une femme au Panthéon**. Disponível em: <http://www.paris-pantheon.fr/Actualites/Marie-Curie-une-femme-au-Pantheon> Acesso em: 17 de maio de 2018.

RARE Newspapers. **Marie Curie's death**. Disponível em: <http://www.rarenewspapers.com/view/548244>. Acesso em: 27 set. 2018.

REDAÇÃO GALILEU. Lobos de Chernobyl estão deixando a 'zona de exclusão' nuclear. **Galileu Online**. 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.

SINGH, B.; SINGH, J.; KAUR, A. Applications of Radioisotopes in Agriculture, **International Journal of Biotechnology and Bioengineering**. v. 4, n. 3, p. 167-174, 2013.

SCIENCE E SOCIETY. **Pictures Library Prints**. Disponível em: <https://www.ssplprints.com/image/88921/sir-william-crookes-english-chemist-and-physicist-1911> Acesso em: 11 set. 2018.

SHAER AHMED. **The story of the most iconic picture in physics**. Disponível em: <https://www.shaerahmed.com/1927-solvay-conference.html> Acesso em: 17 de maio de 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 (2015)**. Disponível em: https://chnpp.gov.ua/panorama/180/nsc_inside_2015.html. 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. **New Safe Confinement from inside (2019)**. Disponível em: https://chnpp.gov.ua/panorama/180/nsc_inside_2019.html . Acesso em: 27 set. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. **Prypiat town (2016)**. Disponível em: <https://chnpp.gov.ua/panorama/360/pripyat.html>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SSE CHERNOBYL NPP. **Cooling pond (2017)**. Disponível em: <https://chnpp.gov.ua/panorama/360/vodoem.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.

SBMN. Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear, 2016. **O que é Medicina Nuclear?**. Disponível em: <http://sbmn.org.br/conheca/o-que-e-medicina-nuclear/> Acesso em: 11 set. 2016

UNIVERSITÉ PARIS-SORBONNE. **En Imagens**. 2018. Disponível em: <http://lettres.sorbonne-universite.fr/en-images>. Acesso em: 27 set. 2018.

VIVA SAÚDE. Como funciona a mamografia 3D. Disponível em: <https://vivasaude.digisa.com.br/clinica-geral/como-funciona-a-mamografia-3d/739/> Acesso em: 11 set. 2018



WEI-HAAS, M. Múmia revela a mais antiga receita de embalsamento dos egípcios. **National Geographic**, 16 ago. 2018. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2018/08/mumia-mumificacao-embalsamento-unguento-egito-antigo-egipcio> . Acesso em: 16 jun. 2018.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **How uranium ore is made into nuclear fuel**. 2009. Disponível em: <https://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/how-is-uranium-ore-made-into-nuclear-fuel.aspx>. Acesso em: 27 set. 2018.

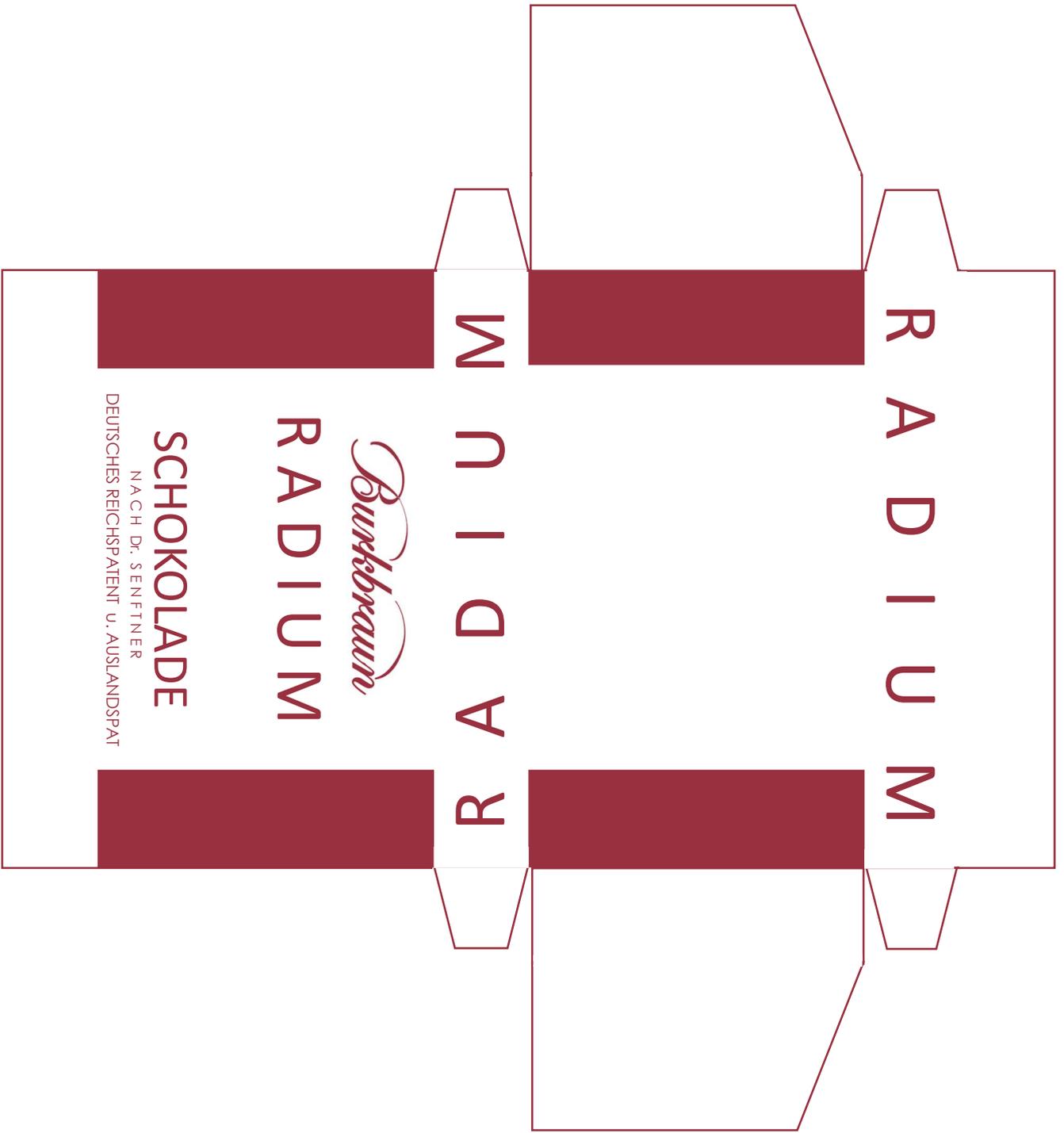
WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Three Mile Island Accident**. 2012. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/three-mile-island-accident.aspx>. Acesso em: 27 set. 2018.

WU, Norebert. 23 fotos de fósseis capturam o mistério e a beleza dos dinossauros. **National Geographic**, 13 nov. 2018. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/photography/2018/11/23-fotos-de-fosseis-capturam-o-misterio-e-beleza-dos-dinossauros>. Acesso em: 16 jun. 2018.

XAVIER, A. M.; LIMA, A. G. de; VIGNA, C. R. M.; VERBI, G. G. B.; GORAIEB, K.; COLLINS, C. H.; BUENO, M. I. M. S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 30, n. 1, p.83-9, 2007.

ZAHAR, E.G. Poincaré's Relativistic Physics: Its Origins and Nature. **Physics in Perspective**, v. 7, n. 3; p. 268-292, Israel, 2005.

APÊNDICE A – CAIXA CHOCOLATE RADIUM

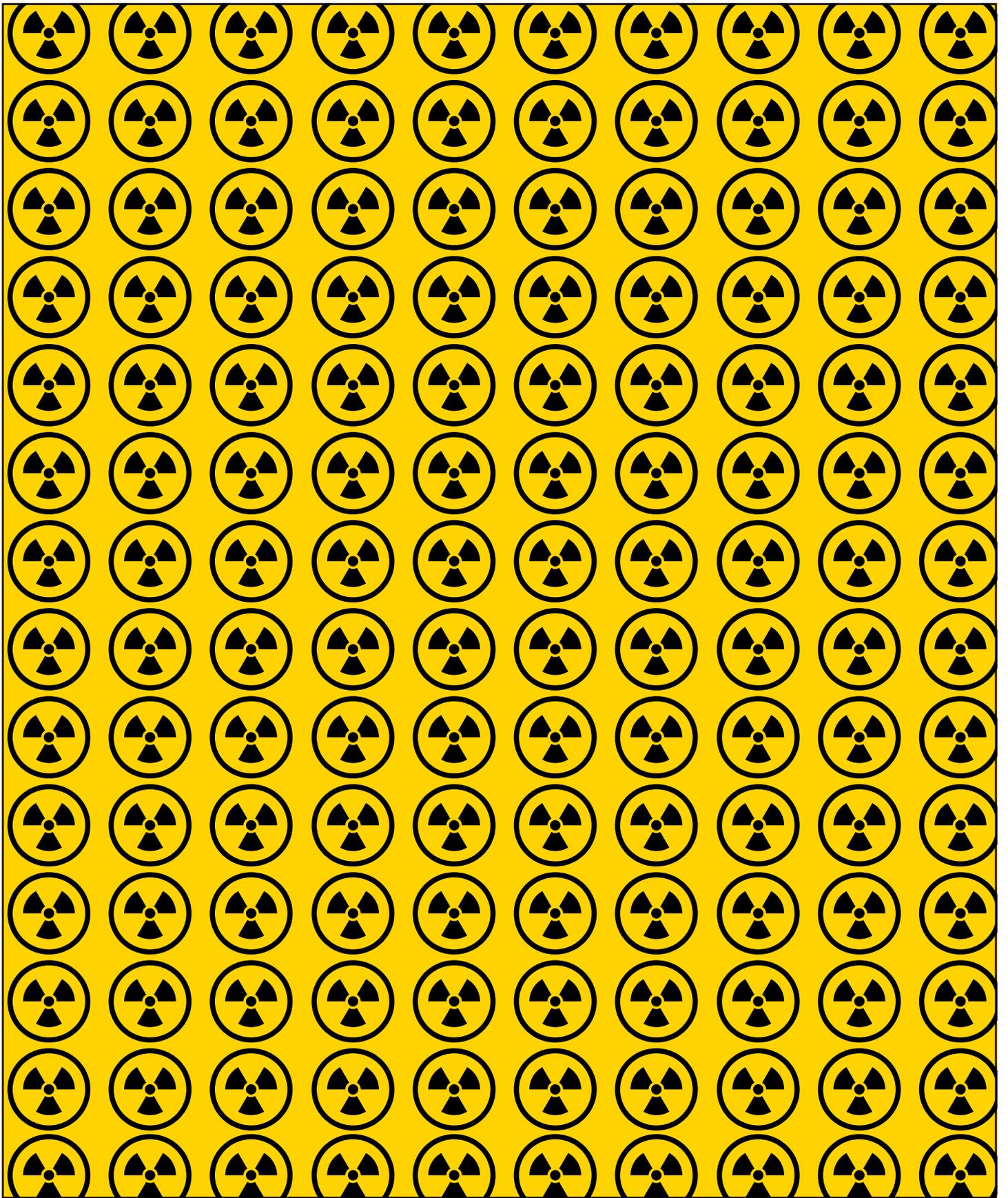




APÊNDICE B – PASTA DE
DENTE “DORAMAD







RADIOATIVIDADE

FAZ BEM ? OU FAZ MAL?



**Produto Educacional do Mestrado Profissional
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas,
Sociais e da Natureza - PPGEN**

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Campus Londrina.**