Artigo 06

História do nuclear

Texto e imagens da edição original. Os dados e as referências mantêm o contexto dessa edição.

Introdução

A energia nuclear tem ao longo da sua história provocado imenso debate e controvérsia desde os seus primórdios com os físicos Ernest Rutherford e Enrico Fermi, passando pela utilização de tecnologia nuclear para fins militares, até à sua utilização em larga escala mundial e aos acidentes mais recentes, destacando-se Fukushima. Deste modo, não se pode negar que a energia nuclear é marcada por dilemas éticos e debates científicos.

Este artigo procura explorar 3 pontos essenciais: o que é a energia nuclear, a sua evolução com os seus principais marcos históricos, e o seu impacto nas power-grids ao longo do tempo.

Além disso, é abordado o debate do Nuclear em Portugal, uma questão marcada por, como referido anteriormente, polémica, controvérsias e desafios para a indústria energética.

Daí que se peça ao leitor para ler o artigo com disposição para dois lados discordantes da história - não deixando nós de denotar que o Nuclear continua a ser um tópico de grande interesse, com profundas implicações para o futuro energético do planeta, para além da sua rica história.

Energia nuclear vs bomba atómica

Primeiramente, é necessário entender como surgiu a energia nuclear. Esta está dividida em dois grandes modos de geração de energia: fusão e fissão.

Ernest Rutherford, vencedor do prémio Nobel de 1908 «pelas suas investigações sobre a desintegração dos elementos e a química das substâncias radioativas», foi o primeiro a descobrir o fenómeno da fusão na Terra, ao fundir deutério, um isótopo pesado do hidrogénio, em hélio. O seu assistente, Mark Oliphant, descobriu ainda o trítio, o segundo isótopo do hidrogénio, e o hélio-3, um isótopo raro deste elemento. [1] [2]

Segundo a Agência Internacional de Energia Atómica (AIEA), designa-se por fusão nuclear o processo pelo qual dois núcleos atómicos leves combinam-se para formar um único mais pesado, libertando quantidades substanciais de energia. Detalhando o processo de fusão nuclear para a geração de

energia de modo ligeiramente superior, este fenómeno, que ocorre no Sol, por exemplo, gera uma quantidade bastante considerável de energia, pois esta é calculada segundo a famosa equação de Einstein, $E=mc^2$, na qual c é a velocidade da luz e m é a massa. Deste modo, mesmo para massas muito reduzidas, como são as dos núcleos atómicos, a quantidade de energia gerada é muito elevada, devido à grande ordem de grandeza da velocidade da luz quadrática, aproximadamente $9x10^{16}$m/s. [5]

Acredita-se que Enrico Fermi tenha sido um dos primeiros físicos a observar o fenómeno da fissão, pois as suas experiências e da sua equipa, na década de 1930, envolviam o bombardeamento de neutrões contra átomos de urânio. No entanto, foi em 1938 que o processo de fissão foi descrito experimentalmente pelos químicos Otto Hahn e Fritz Strassman e explicado teoricamente pelos físicos teóricos Lise Meitner e Otto Robert Frisch, seu sobrinho. [3]

O ano desta descoberta foi fundamental para o que se seguiu a ela: o Projeto Manhattan. Liderado por J. Robert Oppenheimer e composto por diversos outros físicos notáveis, o projeto teve os seus primórdios em 1939 e culminou nas primeiras bombas atómicas utilizadas para o assassinato de civis, em Hiroshima e Nagasaki. [4]

Já a fissão nuclear, também segundo a AIEA, é uma reação na qual o núcleo de um átomo se divide em dois ou mais núcleos menores, libertando energia. Para átomos de elevado número atómico, como o urânio ou o plutónio, a reação de fissão é exoenergética, isto é, liberta energia sob a forma de radiação e energia cinética, dos novos átomos formados. [5]

Assim sendo, a fusão nuclear gera quantidades de energia substancialmente mais elevadas que a fissão. No entanto, a energia de fissão nuclear é a única utilizada atualmente para gerar eletricidade, pois a energia de fusão nuclear ainda precisa de superar alguns desafios tecnológicos para atingir uso comercial em grande escala.

Desde o século passado até aos tempos atuais, a distância entre o uso energético e militar do nuclear tem aumentado. Atualmente, a maioria dos países com centrais nucleares não têm armamento nuclear. Na Figura 1, é possível observar um diagrama com os países com centrais nucleares, armamento nuclear e ambos. [6]

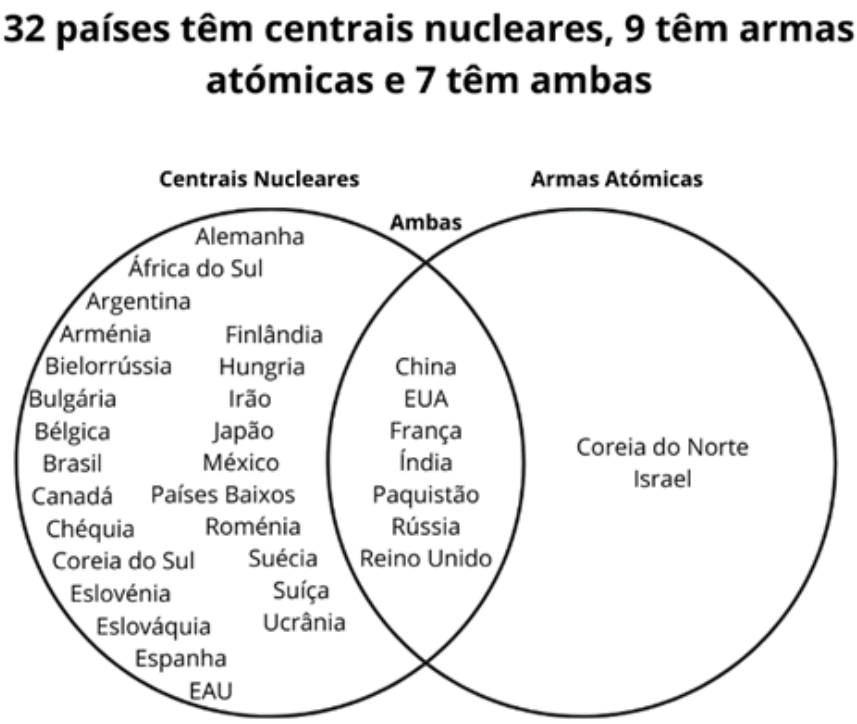


Figura 1- Diagrama de Países com Centrais Nucleares e Armamento Atómico

Dentro dos processos de fusão e fissão, existe uma divisão entre realizá-los de forma controlada e descontrolada, que resulta na distinção entre geração energia nuclear e bombas atómicas, respetivamente.

O progresso do Nuclear e a Atomic Age

O aproveitamento de sustained nuclear reactions para a produção de energia iniciou-se nos anos ’50, alastrando-se rapidamente pelo Mundo e, em especial, por toda a Europa a partir dos anos ’70.

A primeira vez que se utilizou energia nuclear para gerar eletricidade, foi a 21 de dezembro de 1951, em Idaho, com o Experimental Breeder Reactor I [EBR-I]. Desde então, países dos grandes blocos mundiais começaram a construir centrais nucleares, sendo as primeiras que de facto contribuíram para power grids a Obninsk Nuclear Power Plant, na União Soviética [1954] [7] e a Calder Hall, no Reino Unido [1956]. [8]



Figura 2 - Experimental Breeder Reactor I, primeiro gerador de energia através de fissão

A utilização da energia nuclear rapidamente se propagou pelas power grids do mundo inteiro, dando palco à chamada Golden Age ou Atomic Age, em que energia nuclear se manteve proeminente e estável, sendo considerada um recurso seguro e fundamental para a produção de energia no mundo. [9]

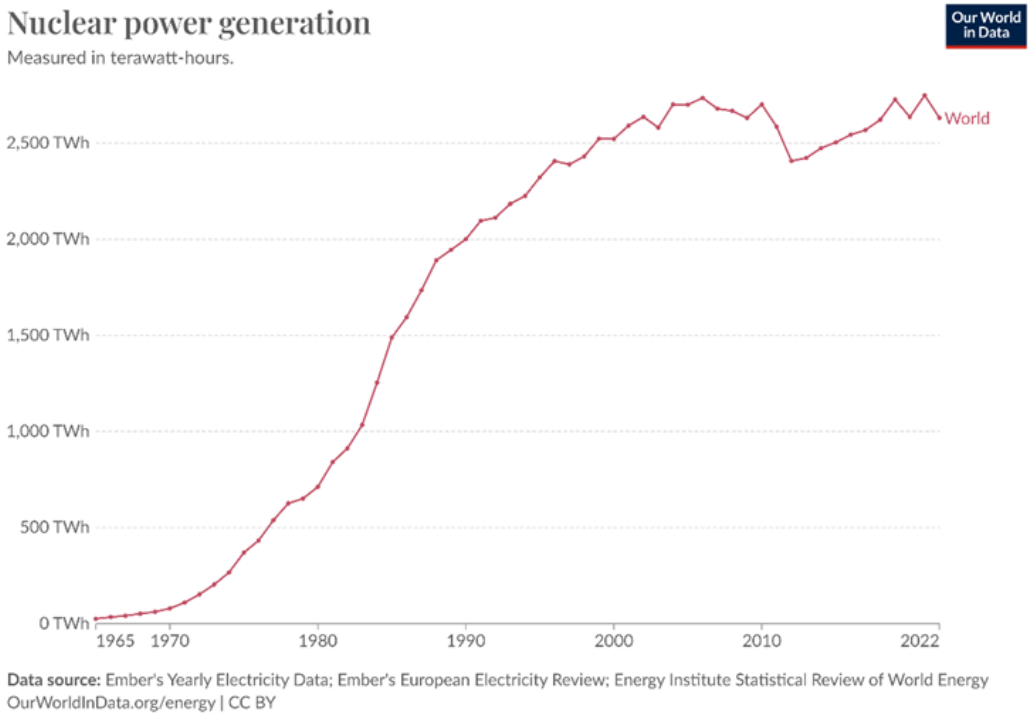


Figura 3 - produção de energia nuclear em TWh no mundo ao longo do tempo

Há vários motivos que podemos assinalar para esta evolução, em concreto o facto de a energia nuclear proteger a qualidade do ar, ter uma baixa land footprint, algo raro com energias limpas, e de produzir resíduos mínimos, 97% reutilizável. [10]

De acordo com o Nuclear Energy Institute (NEI), energia eólica requer 360x mais território e energia solar 75x mais território que nuclear para produzir a mesma energia. [11] Não só, mas um pequeno dedo de urânio produz tanta energia quanto uma tonelada de carvão. [12] Deste modo, a energia nuclear revelava-se como uma fonte promissora de energia limpa, eficaz e verde aos combustíveis fósseis ou a alternativas renováveis.

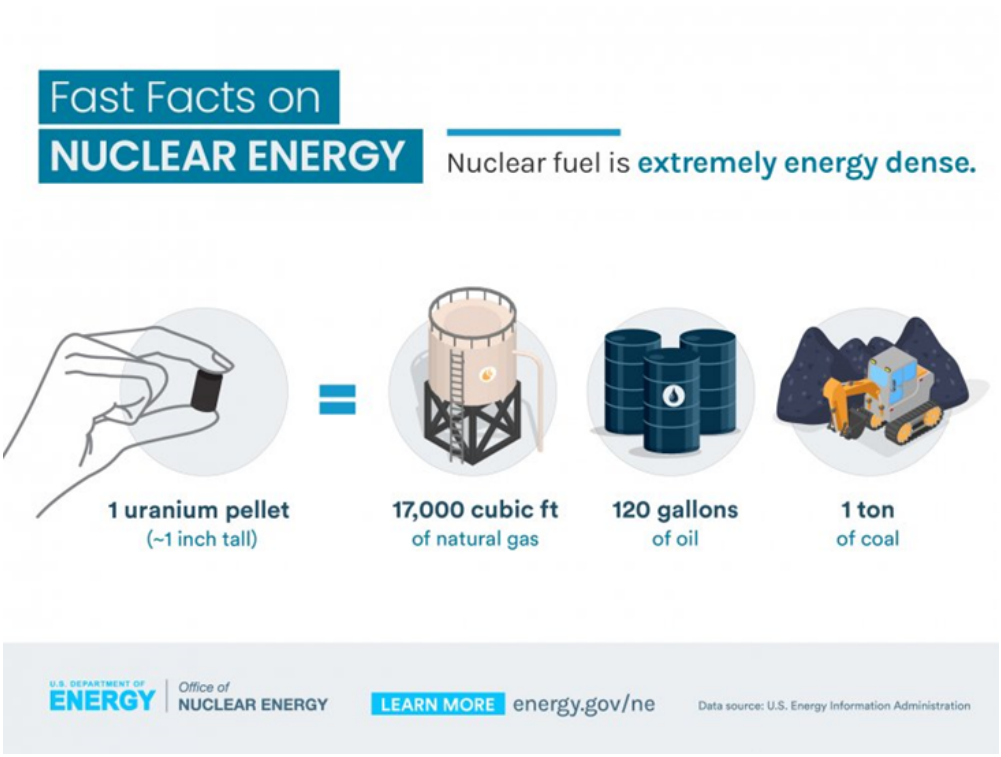


Figura 4 - densidade energética do urânio vs. fósseis

Poderá estimar-se quantas vidas a Atomic Age terá prolongado. Façamos um thought-experiment:

Sejamos conservadores e substituamos metade da produção da energia nuclear da atomic age por energia a petróleo. Sejamos ainda mais conservadores: consideremos a taxa de mortes do gráfico da Figura 5, que tem em conta mortes em países europeus – que tendem a possuir sistemas de filtração e proteção ambiental muito mais avançados que os países mais consumidores de energias fósseis.

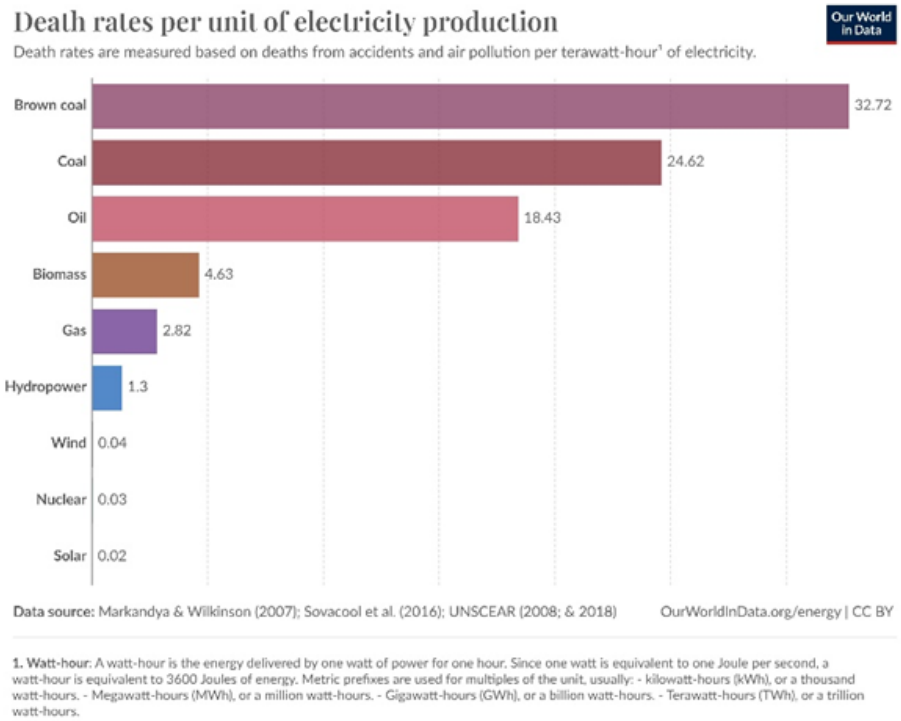


Figura 5 - taxa de mortes por TWh de eletricidade, para cada tipo desta, tendo em conta acidentes e poluição.

Seja $\boldsymbol{p}$ *o consumo em TWh hipotético de petróleo, e* $\boldsymbol{m_p}$ *o número de mortes por petróleo:*

$$p_{anual} = \frac{2\,500}{2} = 1250\ TWh$$

$$m_p^{anual} = 18.34 * 1\,250 \cong 23\,000\ mortes$$

$$m_p^{atomic\ age} = 20\ anos * 23\,000 = 529\,000\ mortes$$

Um cálculo rápido permite-nos concluir que a utilização de energia fóssil encurtou a vida de meio milhão (500 000) de pessoas, na melhor das hipóteses. A taxa real deverá estar à volta de um milhão, dois milhões de vidas – relembrando os standards de filtração europeus vs. standards de países em desenvolvimento, como a Índia ou a China. O abandono do nuclear permitiria prolongar 750 vidas, se multiplicarmos 0.03 mortes/TWh por 1250 TWh, vezes 20 anos.

Quantas vidas estaremos então a perder prematuramente por fobia ao nuclear através de complicações ambientais e oncológicas, evitando uma segunda atomic age? Deixam-se as contas para o leitor.

Desde então, os países que historicamente mais serviram e têm servido as suas power-grids com recursos urânicos incluem, na sua esmagadora maioria, os Estados Unidos da América (770 TWh), a

URSS/Rússia, com 220 TWh, a França com 300 TWh, apesar da sua iminente desnuclearização, e mais recentemente a China, com uma economia crescente a usufruir de 420 TWh de energia nuclear. [13]

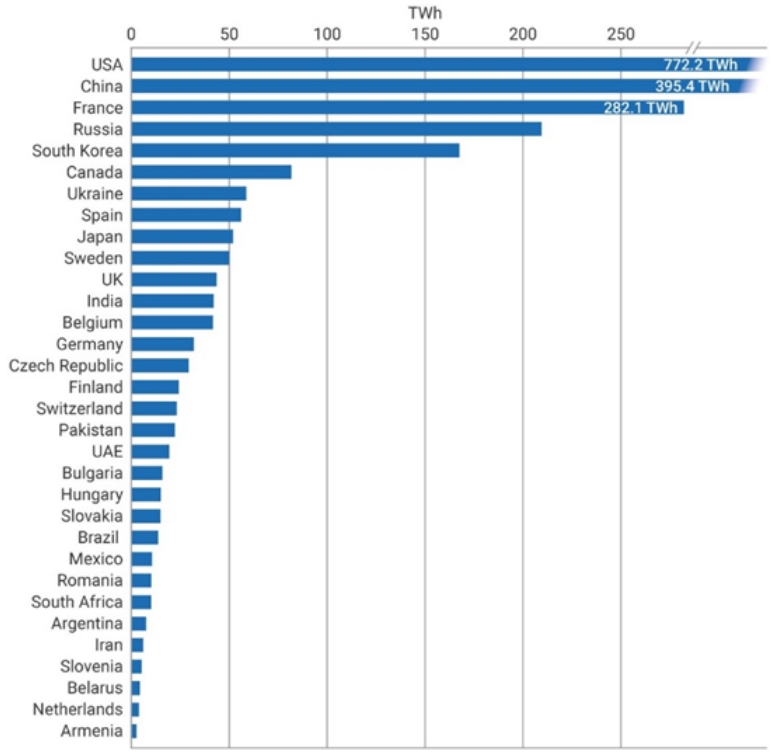


Figura 6 - Produção de energia nuclear em TWh em 2022, por país

No entanto, a indústria nuclear também enfrentou desafios significativos ao longo dos anos, incluindo acidentes graves como o de Chernobyl em 1986 e o de Fukushima em 2011, que geraram preocupações sobre a segurança e os riscos associados à energia nuclear. Estes acidentes foram extremamente relevantes para a imagem do nuclear no mundo, daí serem temas explorados posteriormente.

Daí veio-se a verificar numa outra categoria de países, nomeadamente europeus, uma recente desnuclearização das suas power-grids. Países como a França, Japão e Alemanha adotaram nas suas matrizes energéticas um grande bloco para a energia nuclear, mas têm recentemente abandonado esta ideia em prol (em teoria) de energias renováveis.

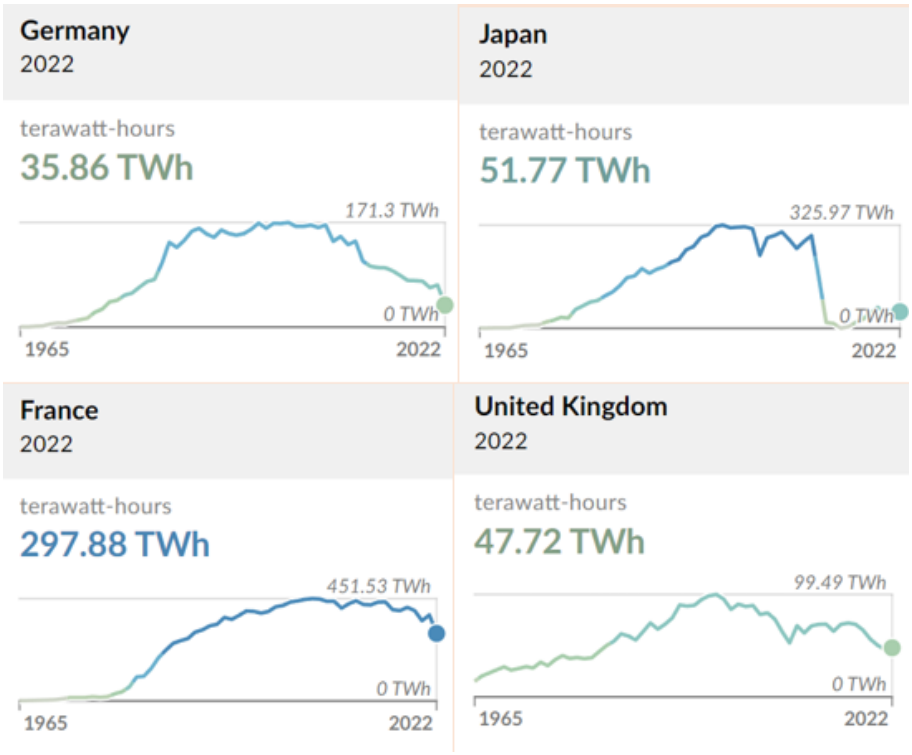


Figura 7 - Recente desnuclearização na Alemanha, Japão, França e Inglaterra.

Chernobyl

A 26 de abril de 1986, deu-se o pior acidente relacionado com energia nuclear da história, resultado de um reactor mal desenhado com pessoal mal treinado.

Inicialmente ocorreu uma explosão e um incêndio que libertaram para o ambiente partes do núcleo do reator. Os reatores atuais estão desenhados para, caso haja um aumento descontrolado na reação, a mesma abrande, no caso de Chernobyl não havia este mecanismo.

O acidente apresentou 60 mortes confirmadas. Para além disso, estima-se que o número de fatalidades resultantes da exposição à radiação possa chegar aos 4000, segundo a Organização Mundial da Saúde.

É importante destacar que, mesmo com estudos extensivos, não foi encontrada nenhuma prova de diminuição de fertilidade ou aumento de malformações congénitas na população exposta. Foi, no entanto, identificado um agravamento na saúde mental da população afetada, indiscutivelmente devido ao stress relacionado ao acidente.

Fukushima

A 11 de março de 2011, deu-se um maremoto de magnitude 9,0 na escala de Richter no Oceano Pacífico, perto da costa leste do Japão. Este gerou um tsunami que atingiu a central nuclear de Fukushima Daiichi e causou um acidente de grau sete (o máximo) na escala INES.

Os reatores de Fukushima eram do tipo Boiling Water Reactor (BWR), que utilizam o vapor de água da água a ferver para impulsionar uma turbina e, desse modo, gerar energia. O facto de os reatores terem sido deste tipo foi crucial para o modo como o acidente ocorreu, pois, para os BWR, a água e o vapor têm de estar em constante circulação aquando do contacto da água com os reagentes. Na Figura 8, é possível ver um esquema de um BWR, nomeadamente um de Fukushima. [14]

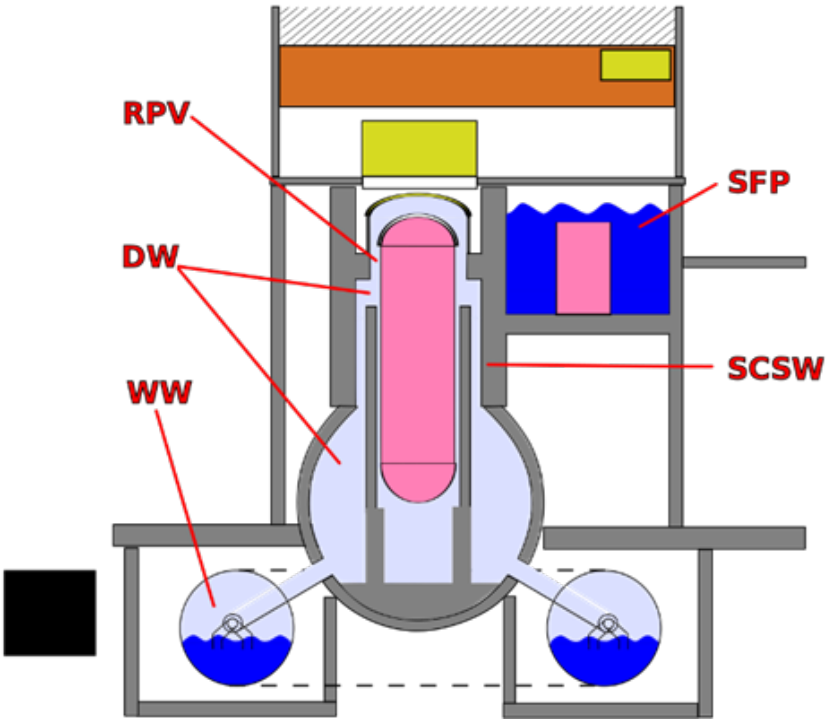


Figura 8 - Esquema de um reator de Fukushima Daiichi, Legenda:

RPV: reactor pressure vessel

DW: drywell enclosing reactor pressure vessel

WW: wetwell – torus-shaped all around the base enclosing steam suppression pool. Excess steam from the drywell enters the wetwell water pool via downcomer pipes

SFP: spent fuel pool area

SCSW: secondary concrete shield wall

Dos seis reatores presentes na central de Fukushima, quatro estavam ativos e todos esses explodiram após o tsunami passar. Mesmo com alguns procedimentos de segurança, como a remoção dos reagentes da água no reator 1, algum calor residual ainda se manteve no vapor, o que causou danos no revestimento da unidade 1. Devido ao defeito do reator, ocorreu uma explosão por causa do contacto do oxigénio da parte inferior do reator com o hidrogénio na parte superior da unidade. Algo semelhante ocorreu com os reatores 3 e 4, enquanto na unidade 2 ocorreu uma falha de energia que causou um problema diferente no arrefecimento e originou uma explosão dentro da parte inferior do reator. [14]

Em termos de vítimas mortais causadas pelo acidente de Fukushima, de um total estimado de 2220 pacientes e idosos que residiam em hospitais e lares de idosos dentro da zona de evacuação de 20 km, 51 mortes são atribuídas à evacuação. Houve uma morte suspeita devido à radiação, uma vez que uma pessoa morreu 4 anos depois de um cancro do pulmão possivelmente desencadeado por esta. Segundo uma estimativa, mais de 2200 mortes podem ser atribuídas à ansiedade relacionada com a evacuação, a maioria das quais com mais de 65 anos. [15]

História do nuclear em Portugal:

Anos 1907 - 1945: minas de urânio para obter rádio

Em 1907 foi descoberto e usado o primeiro depósito de urânio em Portugal. Relembrar que este minério era inicialmente removido para obtenção de Rádio, elemento químico extremamente raro na crusta terrestre, devido ao seu curto tempo de vida, mas que se encontrava em maior abundância nos minérios de urânio, pois este faz parte da cadeia de decaimento dos isótopos.

Ao longo de 3 décadas obtiveram-se cerca de 50 g de Rádio de minas situadas em Viseu (Urgeiriça e Quinta do Bispo) e Guarda.

Anos 1945-1976: interesse no urânio e 2 reatores nucleares

A partir de 1945 o elemento de interesse nas minas passou a ser o urânio, que foi explorado em 18 minas do país, sendo as principais, a mina da Urgeiriça e a Quinta do Bispo . [16]

Em 1954, surgiu, em Portugal, a Junta de Energia Nuclear, tendo um propósito mal definido, nunca tendo levado a nenhum avanço do tema. [17] No ano de 1957, foi fundada a AIEA, sendo Portugal, graças à sua produção de Urânio, um dos membros fundadores.

Em 1961 entra em funcionamento o Reactor Português de Investigação (RPI) com 1 MW na Bobadela, perto de Lisboa, integrando atualmente o Campus Tecnológico e Nuclear, pertencente ao Instituto Superior Técnico. [18] O intuito deste reator seria treinar trabalhadores para uma futura central nuclear em Portugal.

Em 1976, a construção de uma central nuclear começa em Ferrel, mas a população manifesta-se contra, clarificando a posição de Portugal face à utilização desta tecnologia.

Anos 1976-2024: Taboo nuclear e nova central proposta

Após a manifestação de intenção da população, a energia nuclear tornou-se um taboo, uma tecnologia da qual não se falava por se assumir que a população não queria ouvir falar dela.

Depois disto, contribuindo ainda mais para o movimento anti-nuclear, acontecem 2 acidentes marcantes, Three Mile Island (1979) e o mais significativo de todos, Chernobyl (1986). Após este último acidente houve uma diminuição da procura de Urânio, levando ao encerramento das minas de Urânio em Portugal nos anos ‘90.

O assunto não era falado e assim permaneceu até 2005-2006 quando Patrick Monteiro de Barros em conjunto com o consultor Pedro de Sampaio Nunes, entregaram um plano para construção de uma central nuclear com 1650 MW de potência. Este plano volta a abrir a discussão do tema na sociedade civil, levando a debates acesos na televisão, mas o estado acaba por não dar permissão para a construção da central e por isso o projeto caiu por terra.

Depois disto, o acidente de Fukushima (2011) encerrou o assunto por completo. Em 2019, o combustível do RPI foi removido e mais tarde levado para os Estados Unidos da América, não existindo nenhum combustível nuclear usado armazenado em Portugal. [19]

Conclusão

A história da energia nuclear começa, em 1908, com a descoberta da fusão e mais tarde da fissão. Inicialmente foi desenvolvida a par com fins militares, sendo que atualmente o objetivo principal é a produção de eletricidade.

A energia nuclear contribuiu para uma enorme redução na emissão de gases de estufa, mesmo quando isso ainda não era um problema conhecido, prolongando imensas vidas ao evitar a poluição do ar e os acidentes relacionados com os combustíveis fósseis. A energia nuclear sofreu alguns acidentes que foram bastante mediáticos espalhando o medo do nuclear por todo o mundo.

Em Portugal, houve exploração de urânio, foi construído um reator de investigação e chegou a haver planos para construir centrais nucleares.

Referências

[1] https://www.iter.org/mag/3/29

[2] https://euro-fusion.org/fusion/history-of-fusion/

[3] http://eprints.nias.res.in/643/

[4] https://doi.org/10.5860/choice.49-3887

[5] https://www.iaea.org/

[6] https://world-nuclear.org/

[7]https://web.archive.org/web/20130213052522/http://world-nuclear.org/info/inf45.html

[8]http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/october/17/newsid_3147000/3147145.stm

[9] https://ourworldindata.org/nuclear-energy

[10]https://www.world-nuclear.org/nuclear-essentials/what-is-nuclear-waste-and-what-do-we-do-with-it.aspx#:~:text=Although%20some%20countries%2C%20most%20notably%20the%20USA%2C%20treat,used%20as%20fuel%20in%20certain%20types%20of%20reactor.

[11]https://www.nei.org/news/2015/land-needs-for-wind-solar-dwarf-nuclear-plants

[12]https://www.energy.gov/ne/articles/3-reasons-why-nuclear-clean-and-sustainable

[13]https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx

[14]https://www.youtube.com/watch?v=YBNFvZ6Vr2U&ab_channel=InstitutdeRadioprotectionetdeS%C3%BBret%C3%A9Nucl%C3%A9aire-IRSN

[15] https://euro-fusion.org/fusion/history-of-fusion

[16]https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-013-9563-6

[17]https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/16027/1/ulsd069926_td_Maria_Gaspar.pdf

[18]https://www.ctn.tecnico.ulisboa.pt/memoria/press/fev2012_superinteressante-n166_nossoreactor.pdf

[19]https://www.ensreg.eu/country-profile/Portugal