

# PROPULSÃO NUCLEAR – Considerações históricas e tecnológicas da parceria estratégica entre Estados Unidos da América e Reino Unido

ANDRÉ LUIS FERREIRA MARQUES\*  
Contra-Almirante (RM1-EN)

---

## SUMÁRIO

Introdução  
Parceria EUA-Reino Unido e avanços  
tecnológicos no Pós-Guerra  
Desenvolvimento  
Repercussões para o Aukus  
Observações finais

## INTRODUÇÃO

O presente artigo aborda componentes históricos e tecnológicos no contexto do acordo mútuo entre os Estados Unidos da América (EUA) e o Reino Unido (RU) nos anos 50, com transferência de materiais e tecnologia no campo da propulsão nuclear de navios. Numa

primeira visão, trata-se de uma parceria estratégica de longa duração (décadas), envolvendo muitos recursos e com repercussão global. Considerando as recentes notícias de algo similar celebrado entre a Austrália, os EUA e o RU, este trabalho apresenta considerações gerais sobre esse novo acordo, baseando-se em fontes ostensivas.

---

\*Engenheiro Naval pela Universidade de São Paulo-USP) e Nuclear pelo Massachusetts Institute of Technology-MIT). M.Sc em Engenharia Mecânica (MIT) e Nuclear (USP). Doutorando em Engenharia da Computação (USP). Foi diretor de Desenvolvimento Nuclear da Marinha e do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo.

## PARCERIA EUA-REINO UNIDO E AVANÇOS TECNOLÓGICOS NO PÓS-GUERRA

Com o final da Segunda Guerra Mundial (2ª GM), os EUA concretizaram sua hegemonia em termos globais, tendo a Europa, o Japão e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) um longo caminho para a reconstrução de suas economias [1]. Um pouco antes e mesmo durante este conflito, inovações tecnológicas foram aceleradas, como o desenvolvimento do radar, dos aviões a jato, do sonar e da tecnologia nuclear [2]. Tais avanços nasceram por necessidades de defesa e fluíram para aplicações pacíficas, como se observa normalmente em muitos casos ao longo da História.

Especificamente no caso da tecnologia nuclear, registra-se um avanço muito acelerado, com descobertas sobre a radioatividade, a produção e o gerenciamento de materiais nucleares e os empregos derivados. Além da aplicação bélica, por meio do Projeto Manhattan, já se avaliava, ao final dos anos 1940, a geração de energia térmica à base de reações de fissão e fusão nuclear, em que a propulsão naval recebeu alta prioridade [3].

Para que isso ocorresse, seriam necessários os materiais e as respectivas cadeias logísticas, envolvendo o domínio de tecnologias de aços especiais, ligas de alumínio, titânio, terras raras e urânio, entre outros. Em volta disso, requeriam-se pessoal capacitado (engenheiros, técnicos, gerentes etc.) e energia em larga escala (eletricidade), sob uma visão estratégica de longo prazo e determinação e comprometimento políticos. Isso foi conseguido pelos EUA primeiramente, contando também com participação de cientistas ingleses no Projeto Manhattan. Ao final da década de 1940, a União Soviética obteve

seus primeiros resultados no setor nuclear, ao mesmo tempo em que se descortinava a Guerra Fria, desbancando assim a primazia inicial americana no campo dos artefatos atômicos [4].

Nesta Nova Ordem Mundial (bipolar), parece-nos muito claro que a montagem de parcerias era inexorável na exploração de cenários e no incremento das chances de sucesso, nos campos comercial, diplomático e em eventuais conflitos armados simultâneos. Essa linha de ação foi avaliada, tanto pelos EUA como pela URSS, naturalmente, em escala global. Como um dos exemplos, surgiu o US-UK Mutual Defense Agreement, acordo bilateral tendo como escopo o uso de energia atômica para efeitos de defesa, incluindo também a venda de uma planta propulsora nuclear completa [5].

Empregando-se uma lupa na parte naval, identificam-se tópicos relevantes:

a) Uma planta propulsora nuclear completa. Algo que deve ser feito “sob medida”, por causa da sua integração com os demais sistemas navais em um submarino ou navio, incluindo a proteção radiológica dos tripulantes. Ou seja, não é algo padrão ou simples.

b) Fornecimento de urânio enriquecido por um prazo de dez anos. Sem dúvida algo necessário, pois o combustível nuclear é feito “sob medida” para a planta propulsora. Nessa empreitada, deveria dominar toda a cadeia logística, desde as fontes naturais, processos de separação isotópica e fabricação do combustível, incluindo-se testes em escala natural.

c) Troca de material nuclear entre os EUA e o RU, como urânio altamente enriquecido (acima de 20%) e plutônio. Isso foi utilizado tanto na propulsão nuclear como em artefatos atômicos. Notadamente, o plutônio não possuía emprego na propulsão nuclear naquela época.

Nos anos 1950, muitos fatores geopolíticos aceleraram a Guerra Fria, com destaque para o lançamento do USS *Nautilus* (1954), primeiro navio com propulsão nuclear, o “verdadeiro submarino”, como se diz [6]. Além disso, são mencionados brevemente o desenvolvimento de vetores ou mísseis balísticos com armas atômicas; os artefatos termonucleares, ou bomba “H”; e o satélite Sputnik (1957). Esses casos destacaram a necessidade de parcerias de cunho estratégico.

## DESENVOLVIMENTO

### *Tecnologia nuclear no Reino Unido*

O RU sempre se notabilizou pelo desenvolvimento científico e tecnológico, sendo berço das tecnologias de motores elétricos, locomotiva a vapor, turbina a vapor, turbina a jato e televisão, entre outros [7]. No campo nuclear,

o início deu-se com pesquisa sobre a composição da matéria e fenômenos associados, contando com universidades de renome, como Cambridge e Oxford, assim como centros de pesquisa [8]. Em meados dos anos 1940, as fontes de material nuclear situavam-se em suas colônias ou ex-colônias, na África e na Austrália. Não houve mina ou fonte de urânio em escala industrial no RU [9].

Por razões atribuíveis à Guerra Fria, o modelo nuclear inglês focou a geração de material físsil para artefatos nucleares. Especificamente, trata-se do plutônio, cujos radioisótopos melhores indicados

são o Pu239 e o Pu241, porque se exige uma quantidade menor, em massa, para o mesmo efeito energético quando se compara com os isótopos U238 e U235. Para tal, foram construídas pilhas nucleares, ou meios de irradiação de material nuclear, produzindo-se pequenas quantidades de energia térmica, mas quantidades significativas de material nuclear, por meio de transmutação. Assim, uma quantidade de material de urânio consegue ser convertida em plutônio. Nesse contexto, vale lembrar que o primeiro teste com armamento nuclear do RU foi feito em uma região desértica da Austrália, no início dos anos 1950.

Caminhando em paralelo, já se vislumbrava a aplicação civil na geração de eletricidade. Provavelmente, para escapar de obrigações de pagamento de *royalties*, os ingleses investiram em reatores refrigerados a gás (hélio ou gás carbônico), com vantagens e desvantagens natu-

**Nos anos 1950, muitos fatores geopolíticos aceleraram a Guerra Fria, com destaque para o lançamento do USS *Nautilus* (1954), primeiro navio com propulsão nuclear**

rais. Já naquela época, os reatores nucleares refrigerados e moderados a água leve (H<sub>2</sub>O) revelavam-se como os mais promissores, aperfeiçoados pelos EUA, sendo o primeiro protótipo o Mark-1, construído em Idaho-Falls, voltado para a propulsão de submarinos [10]. Vale comentar que o RU foi o primeiro país a ter um reator nuclear voltado para o suprimento de energia elétrica (emprego civil), tendo conectado a central nuclear Calder Hall à malha elétrica em 1956 [11]. Nessa central, empregaram-se quatro reatores resfriados a gás para duas turbinas a vapor, gerando uma potência

elétrica de 240 MW, ou cerca de 1/3 da usina de Angra 1.

Outro aspecto importante dos reatores refrigerados a gás é o uso de urânio natural como combustível nuclear, evitando-se assim o enriquecimento ou aumento da razão do isótopo U235 em relação ao U238. No decorrer dos anos 50, o enriquecimento de urânio foi feito por difusão gasosa no RU para emprego em artefatos nucleares, sendo um processo muito dispendioso em termos de energia, com baixa viabilidade econômica. O processo por ultracentrifugação, mais eficiente, somente foi possível naquele país quase duas décadas depois [12].

Uma desvantagem dos reatores refrigerados a gás é a maior área de troca de calor necessária, por causa da baixa condutividade térmica das substâncias em estado gasoso, quando se compara aos estados líquido e sólido. Assim, para uma mesma potência térmica, os reatores a gás necessitam de grandes áreas, não sendo recomendáveis para a propulsão naval, em que os requisitos de volume e peso são muito estritos.

### ***Propulsão nuclear no Reino Unido***

Especificamente, os EUA avançaram muito rapidamente na propulsão nuclear, aproveitando-se da infraestrutura técnica e logística construída para o Projeto Manhattan, mobilizando empresas como a Westinghouse Electric Corporation (W) e a General Electric (GE), além de universidades e centros de pesquisa. Não havia algo de mesma escala no RU, por

causa do impacto da 2ª GM e por outras razões, e, para avançar muitas casas em pouco tempo, somente com o auxílio americano. Como curiosidade, vale comentar que o RU utilizou vapor na propulsão de submarinos (classe K), próximo à Primeira Guerra Mundial, usando máquinas de combustão interna como fonte de calor. Isso é um feito tecnológico complexo, mas não se mostrou adequado para emprego em submarinos [13].

Normalmente, em programas de propulsão, desenvolvem-se sistemas com ampla experimentação em terra, por meio de laboratórios de ensaio. Essas etapas servem para qualificar projetos, fornecedores e técnicas de operação e manutenção, para

mencionar alguns. No caso da propulsão nuclear, os sistemas de propulsão são integrados em um protótipo em terra, mantendo-se a similaridade em alto grau com o navio, ou seja: volumes, arranjos internos, blindagens radiológicas

e componentes elétrico-eletrônicos, entre outros. Essa atitude fundamenta a evolução responsável, em vários quadrantes, para se gerenciarem os riscos técnico-navais, logísticos e industriais e, mais recentemente, os ambientais envolvidos.

Como visto, o reator de propulsão naval deve ser do tipo água pressurizada, o que explica parte do escopo do Mutual Agreement. A empresa britânica selecionada para esse desafio foi a Rolls-Royce, que deveria receber tecnologia e informações técnicas da empresa Westinghouse Electric Corporation, responsável pelos sistemas nucleares dos submarinos americanos da classe *Skipjack*.

## **Os EUA avançaram muito rapidamente na propulsão nuclear, aproveitando-se da infraestrutura técnica e logística construída para o Projeto Manhattan**

## HMS Dreadnought

Diferente do que ocorreu nos EUA, no RU se obteve primeiramente um submarino com propulsão nuclear, para depois se operar um protótipo em terra. Parece um contrassenso, mas justificou-se nos contextos elencados acima. O HMS *Dreadnought* (S101) foi o primeiro navio britânico com propulsão nuclear, lançado em 1960, no dia da Batalha de Trafalgar, tornando-se um marco na engenharia naval daquele país [14]. Reuniu uma série de avanços em relação ao que se vinha construindo naquele país, como forma avançada de casco hidrodinâmico, poucos apêndices, lemes horizontais na parte de vante e apenas um eixo. Na parte de armamento, foi dotado com seis tubos de torpedos somente a vante (duas linhas horizontais com três tubos cada). Até aquele ponto, havia um conceito de se dotarem submarinos com tubos de torpedos a ré, o que foi então abandonado.

O navio iniciou suas operações em 1963, dentro do conceito operacional de ser um *hunter-killer*, ou seja, submarino

para caça e destruição de submarinos nucleares lançadores de mísseis balísticos.

A propulsão foi toda de origem americana. Como detalhe interessante, na antepara de blindagem do compartimento do reator, na porta do corredor de acesso proa-popa, houve a indicação “*You are entering the American Sector*” [15], por meio de uma escotilha horizontal, no bordo de bombordo, em analogia ao que havia em Berlim por ocasião da ocupação daquela cidade pelas quatro potências vencedoras no teatro europeu: EUA, RU, França e URSS. Além disso, oficiais da United States Navy (USN) faziam parte da tripulação no setor de propulsão, sendo que o comandante do navio era da Royal Navy (RN). Nos submarinos nucleares americanos daquela época, a escotilha de comunicação proa-popa localizava-se na parte superior do casco e à linha de centro do navio.

Os dados gerais do navio eram: comprimento de 81,1 m, diâmetro de 9,8 m e deslocamento na superfície de 3.500 ton, com a potência de 11 MW no eixo, para tripulação de 113 homens. As linhas de casco de meia nau para ré eram similares



Figura 1 – HMS *Dreadnought* (S 101) [16]

às doUSS *Skipjack* (comissionado em 1959), enquanto para a proa as linhas mantinham a tecnologia britânica. Tratou-se assim de um projeto híbrido, podendo-se dizer que o navio americano funcionou como um protótipo para o navio britânico. Essa situação fazia com que o navio parecesse operar com um trim pela popa, quando singrando na superfície.

A Figura 1 dá uma visão geral do navio, podendo-se ter uma ordem de grandeza das dimensões. Além disso, nota-se a posição em “V” dos lemes de proa, posição adotada quando o navio estava em detalhe especial para o mar (DEM). Observam-se as linhas hidrodinâmicas com poucas transições e apêndices ao casco, uma alteração significativa nos projetos britânicos de submarinos à época.

O HMS *Dreadnought* operou também com sistema de navegação inercial, algo fundamental para se navegar mergulhado com segurança por longo tempo e para a RN acessar o Polo Norte com submarinos. Foi o primeiro submarino na RN a ter o controle de rumo e ponta com “manches” similares aos aviões, como ocorreu com o USS *Nautilus*, com a diferença de que no navio britânico a estação de governo estava à boreste, enquanto no americano ficava a bombordo. O navio operou por mais de 25 anos, com velocidades máximas mantidas superiores a 30 nós, conforme relatos. Foi descomissionado no Complexo Naval de Rosyth, na Escócia, durante os anos de 1980-90.

### **HMS Vulcan**

Localizado na parte mais setentrional da Escócia, em Dounreay, o protótipo em terra de propulsão naval inglês foi batizado de HMS *Vulcan*, em configuração muito próxima à do *Mark-I* americano, mas com projeto britânico a cargo da Rolls-

-Royce. Enquanto o protótipo americano foi construído em um deserto (Idaho), o equivalente britânico foi construído próximo à costa no Mar do Norte. Serviu para diversos testes e homologação de equipamentos e sistemas [17], tendo sua construção ocorrido no início dos anos 60. Inicialmente, tratou-se de um grande galpão industrial, de estrutura metálica, onde se instalaram o reator nuclear e os sistemas de propulsão a vapor. O hélice foi substituído por um freio dinamométrico, simulando-se assim o torque resistivo e fundamental para operação conforme as Leis da Termodinâmica.

Dentro do conceito técnico, o HMS *Vulcan* operou com reatores nucleares com pelo menos dois anos de antecedência em relação aos submarinos, para que se pudessem acumular experiências e testar propostas de melhorias. A equipe de operação foi de cerca de 300 pessoas, incluindo pessoal da RN e da Rolls-Royce.

Posteriormente, o HMS *Vulcan* foi reconfigurado como um reator para teste de materiais, tendo-se maior acesso ao compartimento do reator, perdendo-se um pouco da similaridade com a parte naval. Isso pode ser entendido em função do acúmulo das experiências iniciais e da necessidade de se testarem materiais avançados sob irradiação nuclear com alto fluxo de nêutrons. De forma resumida, os testes de irradiação servem para se conhecer o desempenho de materiais sob as condições reais de radiação, o que pode induzir falhas ou alterações de propriedades, com reflexos na operação dos sistemas nucleares, como a instrumentação.

Em Dounreay, a partir de 1955, o RU construiu um centro de pesquisas nucleares cobrindo muitos desafios tecnológicos, como desenvolvimento de combustíveis nucleares, técnicas de irradiação e criticidade com plutônio e química nuclear,

entre outros. Considera-se assim o HMS *Vulcan* como o equivalente do setor naval, em termos de pesquisa de reatores britânicos de potência, naquele local.

As Figuras 2 e 3 mostram alguns detalhes sobre o que se discorreu – o HMS *Vulcan* é a instalação em destaque, em formato de paralelepípedo.



Figura 2 – Vista aérea do local do HMS *Vulcan* [18]

Observando-se o local, nota-se que a fonte fria para os reatores é o mar, como ocorre em muitas usinas, como em Angra. Na parte superior da Figura 2, há uma esfera de cor branca que recebeu um reator nuclear refrigerado a sódio, sendo este o primeiro construído naquele local. Ao fundo, nota-se uma pista de aterrisagem de antigo aeroporto de defesa.

Um pouco mais detalhada, a Figura 3 mostra o HMS *Vulcan*, olhando-se de Oeste para Leste, podendo-se destacar as torres de energia elétrica, que suprem o reator em caso de perda da própria energia gerada, dentro do conceito de se manterem as funções e meios de segurança nuclear sempre disponíveis, para a remoção do calor residual produzido no núcleo do reator, mesmo que este permaneça desligado. Adicionalmente, nota-se

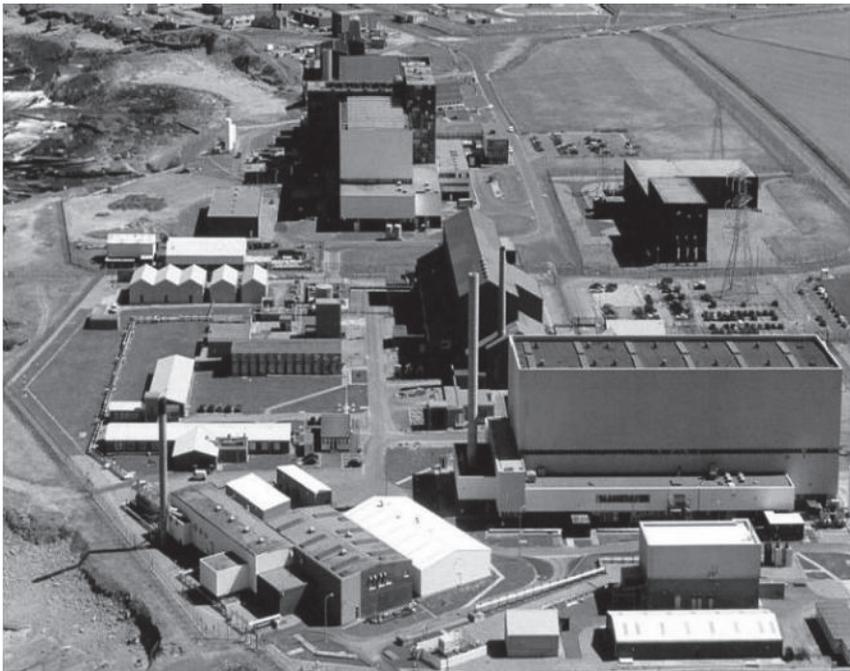


Figura 3 – Vista mais próxima do HMS *Vulcan* [19]

uma chaminé, à esquerda do paralelepípedo amarelo, que serve para a dispersão de agentes gasosos, dentro do sistema de tratamento de rejeitos nucleares. Mais ao centro da figura há uma estrutura de cor branca, que recebeu um reator de testes de materiais, o qual participou do desenvolvimento do combustível nuclear do HMS *Vulcan*.

### **Classes subsequentes de submarinos**

Após o sucesso do HMS *Dreadnought* e das operações do HMS *Vulcan*, outras classes de submarinos com propulsão nuclear vêm sendo projetadas e operadas no RU, tentando-se manter as cadeias logísticas associadas, incorporando novos materiais, tecnologias e armamentos e gerenciando o conhecimento, mantendo-se, assim, mobilizados diversos recursos.

A primeira classe britânica de submarinos nucleares foi a *Valiant*, que iniciou suas operações no meio da década de 1960. Recentemente, a nova classe de submarinos nucleares balísticos foi batizada de *Dreadnought*, cujo projeto já foi iniciado para substituir a classe *Vanguard*, que entrou em operação nos anos 90. Igualmente importante, a RN concentrou seus submarinos nucleares na Base Naval de Faslane (Escócia), em decorrência de requisitos de licenciamento nuclear, desmobilizando-se assim as instalações nucleares em Devonport-Plymouth (Sul da Inglaterra), usadas durante 40 anos [20].

## **REPERCUSSÕES PARA O AUKUS**

Em setembro de 2021, os governos da Austrália, dos EUA e do RU anunciaram uma parceria (Aukus) para obtenção de tecnologia de submarinos com propulsão nuclear [21]. Há pontos semelhantes à

parceria EUA-RU, mas também se identificam singularidades.

Com visto nos itens anteriores, podemos dizer que ocorreu um “alinhamento de planetas” que viabilizou uma parceria de grande vulto geopolítico, com forte enfoque tecnológico. Os valores envolvidos pertencem à escala de bilhões de dólares, mas há o efeito intangível na dinamização da indústria e na formação e manutenção de capacitação de diversos profissionais, em suma, benefícios laterais registrados em grande parte no RU.

A Guerra Fria foi a grande motivadora dessa empreitada, assim como em outras aproximações dos EUA com a Europa. Sabe-se que houve algo próximo entre os EUA e a França, na mesma época, mas com menor profundidade. Entre as propostas de auxílio, os EUA transfeririam material nuclear para o programa de propulsão francês, caso a França concordasse em receber armas atômicas americanas em seu território. Isso não foi aceito, na medida em que transformaria aquele país em alvo de ataques nucleares vindos da Cortina de Ferro. Como consequência, o programa francês demandou quase uma década a mais para atingir o marco equivalente inglês.

O setor nuclear na Austrália foca o uso pacífico essencialmente, não havendo a produção de energia por usinas nucleares, como há nos EUA e no RU. A Austrália é um dos maiores exportadores de minério de urânio, tendo como cliente principal os EUA [22]. No passado, houve pesquisas de enriquecimento de urânio, por meio de ultracentrifugação, e outras associadas ao ciclo do combustível nuclear, mas que não prosperaram em escala industrial. A Austrália possui um reator nuclear de pesquisas, de origem argentina, de baixa potência, para produção de radioisótopos, irradiação de materiais e para aplicações industriais e médicas [23].

A propulsão nuclear enquadra-se nas aplicações pacíficas, algo que já foi experimentado, por exemplo, pela Alemanha e pelo Japão, que desenvolveram e construíram os navios mercantes *Otto Han* e *Mutsuo* entre as décadas de 1960 e 1980. Entretanto, por razões de ordem econômica, tais projetos não foram adiante. Assim, no caso da Austrália, não se veem quebra de coerência e nem desvio em relação aos acordos de salvaguardas e não-proliferação dos quais o país é signatário. As medidas de salvaguardas devem ser negociadas, como ocorre para outros tipos de instalações nucleares.

É digno de menção que a Austrália desenvolveu projeto de submarino com propulsão convencional, com apoio da Suécia, tendo constituído a classe *Collins*, que vem operando há cerca de 30 anos. A capacitação industrial para esse desafio foi erguida na região de Adelaide, envolvendo outras indústrias australianas [24].

Entretanto, para o setor nuclear naval, uma nova instalação deve ser construída, em que os requisitos de segurança industrial e nuclear são estritos. Pode-se inclusive percorrer o mesmo caminho do RU, recebendo inicialmente materiais e tecnologias dos EUA e do RU para a primeira unidade, enquanto se preparam outras infraestruturas. Igualmente importante, pode-se considerar a opção de *leasing* de uma unidade, como navios da classe americana *Los Angeles* ou *Astute*, do RU, em moldes similares ao que ocorre entre Índia e Rússia há pelo menos três décadas.

Para se operar com sistemas nucleares, é necessário viabilizar um rol de sistemas

de apoio, dentro dos critérios de licenciamento (ambiental e nuclear), para se atingir o nível de risco aceitável pela sociedade. Esse conceito baliza uma série de atividades e custos, como, por exemplo, a manutenção da capacidade de se agir em caso de incidente ou acidente envolvendo o navio de propulsão nuclear, seja docado, atracado ou no mar. Importante salientar que essa mobilização também diz respeito ao descomissionamento do navio, como ocorre nas usinas nucleares.

Seja como for, há de se dinamizar a capacitação de pessoal australiano para esse desafio, em que, certamente, a barreira da língua não deve ser um óbice.

## OBSERVAÇÕES FINAIS

Como visto na parceria EUA-RU, houve uma forte motivação geopolítica que viabilizou a transferência de material e tecnologia nucleares, com o propósito de acelerar a capacitação de defesa, dentro de cenários da Guerra Fria na metade dos

anos 1950. Adicionalmente, os mecanismos de controle e contabilidade de material e tecnologia nuclear estavam em seus primórdios. EUA e RU já possuíam armas nucleares quando o HMS *Dreadnought* iniciou suas operações nos anos 60, sendo considerados hoje como “países nuclearmente armados”. Os controles iriam se intensificar após os testes nucleares da Índia, em 1974, próximo à fronteira com a China, na direção do que se pratica hoje, em função de outros desdobramentos [25].

A Austrália utiliza a energia nuclear para fins pacíficos e possui capacitação

**Para se operar com sistemas nucleares, é necessário viabilizar um rol de sistemas de apoio para se atingir o nível de risco aceitável**

para construir e operar submarinos de propulsão convencional, com maestria próxima ao que se constata em outros países. Assim como ocorreu no RU, a transferência de material e tecnologia nucleares para propulsão de submarinos pode ser feita, dinamizando diversos setores, com ênfase na indústria e em pessoal técnico. O desenvolvimento de tecnologia para submarinos possui desdobramentos para a indústria naval e oceânica, como no caso do submarino alemão *U-Boottyp XXI* [26].

A opção de se operar com um submarino em *leasing* pode ser considerada,

em paralelo à implantação dos processos de desenvolvimento local (ciclo do combustível, construção de reatores navais, estaleiro e base nucleares etc.), com apoio externo também. Seja como for, o caminho não é curto e revela-se custoso, mas não impossível, devendo-se levar em conta que a “parceria” não induz, necessariamente, à dependência tecnológica, como o RU demonstrou. Apesar de a Guerra Fria não existir como no passado, a dinâmica do cenário geopolítico influenciará o ritmo da parceria Austrália-EUA-RU.

#### 📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<SISTEMAS>; Sistema de Propulsão; Sistema de Propulsão Nuclear;

<RELAÇÕES INTERNACIONAIS>; Acordo;

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *The Times Atlas of World History*, p. 270, London: Times Book, 1993.
- [2] RHODES, Richard. *The making of the atomic bomb*, cap. 12, New York, USA, 1988.
- [3] RHODES, Richard. *The making of the atomic bomb*, cap. 16, p. 529-541, New York, USA, 1988.
- [4] RHODES, Richard. *Dark Sun*, cap. 9, New York, USA, 1995.
- [5] UK PARLIAMENT. Disponível em: <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/sn03147/>. Acesso em: 17dez 2021.
- [6] POLMAR, N.; MOORE, K. *Cold War submarines: US and Soviet design and construction*, p. 49, Washington, DC, USA: Potomac Books, 2004.
- [7] HISTORIC UK. Disponível em: <https://www.historic-uk.com/CultureUK/Great-British-Inventions/>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- [8] ATOMIC HERITAGE. Disponível em: <https://www.atomicheritage.org/history/british-nuclear-program>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- [9] UK INVENTORY. Disponível em: <https://ukinventory.nda.gov.uk/wp-content/uploads/2014/01/Fact-sheet-uranium-mining-and-milling.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- [10] ANS. Disponível em: <https://www.ans.org/news/article-1635/they-harnessed-the-atom-the-first-navy-prototype-nuclear-plant/>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- [11] BRITANNICA. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Calder-Hall-reactor>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- [12] URENCO. Disponível em: <https://www.urencocom/global-operations/urencocom-uk>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- [13] NEW COMEM. Disponível em: <https://www.newcomen.com/activity/newcomen-south-yorkshire-agm-lecture-steam-below-sea-the-royal-navy-k-class-steam-turbine-submarines-of-ww1/>. Acesso em: 12 nov. 2021.

- [14] IWM. Disponível em: <https://www.iwm.org.uk/collections/item/object/205164411>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- [15] YOUTUBE. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OEew4AXH754>. Pathé films, 1963, minuto 2:25. Acesso em: 12 nov. 2021.
- [16] PRS-2 DREADNOUGHT. Disponível em: <https://www.prs2dreadnought.com/history.htm>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- [17] HER HIGHLAND. Disponível em: <https://her.highland.gov.uk/monument/MHG749>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- [18] GOOGLE. Disponível em: [https://www.google.com/search?q=hms+vulcan+dounreay&sxrf=AOaemvJKwo7OJJCv4dQPdBkKTYQUBM1ViA:1640035797629&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiLwlu5qfP0AhXvSGwGHXRpBS8Q\\_AUoA3oECAEQBQ&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgcr=FU5H6fHxWA76WM](https://www.google.com/search?q=hms+vulcan+dounreay&sxrf=AOaemvJKwo7OJJCv4dQPdBkKTYQUBM1ViA:1640035797629&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiLwlu5qfP0AhXvSGwGHXRpBS8Q_AUoA3oECAEQBQ&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgcr=FU5H6fHxWA76WM). Acesso em: 20 nov. 2021.
- [19] GOOGLE. Disponível em: [https://www.google.com/search?q=hms+vulcan+dounreay&sxrf=AOaemvJKwo7OJJCv4dQPdBkKTYQUBM1ViA:1640035797629&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiLwlu5qfP0AhXvSGwGHXRpBS8Q\\_AUoA3oECAEQBQ&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgcr=az8bEBEePYRdtM&imgdii=\\_YwWQQs-pRdCkNM](https://www.google.com/search?q=hms+vulcan+dounreay&sxrf=AOaemvJKwo7OJJCv4dQPdBkKTYQUBM1ViA:1640035797629&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiLwlu5qfP0AhXvSGwGHXRpBS8Q_AUoA3oECAEQBQ&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgcr=az8bEBEePYRdtM&imgdii=_YwWQQs-pRdCkNM). Acesso em: 20 nov. 2021.
- [20] CAMPAIGN FOR NUCLEAR DISARMAMENT. Disponível em: <https://cnduk.org/resources/devonport-naval-bases-nuclear-role/>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- [21] BBC. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-58582195>. Acesso em: 20 dez 2021.
- [22] PARLIAMENT OF AUSTRALIA. Disponível em: [https://www.aph.gov.au/Parliamentary\\_Business/Committees/Senate/Former\\_Committees/uranium/report/c07](https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Former_Committees/uranium/report/c07). Acesso em: 20 dez. 2021.
- [23] ANSTO. Disponível em: <https://www.ansto.gov.au/research/facilities/opal-multi-purpose-reactor>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- [24] NAVY AUSTRALIA. Disponível em: <https://www.navy.gov.au/hmas-collins>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- [25] COLLINS, C; FRANTZ, D. *Fallout – the true story of the CIA’s secret war on nuclear trafficking*, Cap. 1, p. 6-11, 2011, New York, USA.
- [26] ROSSLER, E. “2.Teil Technische Einzelheiten zum U-Bootyp XXI”, Bernard & Graefe in der Monch Verlagsgesellschaft mbH, p.119, Bonn, 2013.