
Revista da Escola de Guerra Naval



Rev. Esc. Guerra Nav., Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, janeiro/abril 2024.



ESCOLA DE GUERRA NAVAL

A Revista da Escola de Guerra Naval é um periódico que tem o propósito de disseminar a mentalidade marítima em níveis nacional e internacional, com foco em conhecimentos relativos à Defesa, particularmente, no que se refere ao Poder Marítimo.

COMANDANTE DA MARINHA
Almirante de Esquadra Marcos Sampaio Olsen

CHEFE DO ESTADO-MAIOR DA ARMADA
Almirante de Esquadra André Luiz Silva Lima de Santana Mendes

PRESIDENTE DO CENTRO DE ESTUDOS POLÍTICO-ESTRATÉGICOS
Almirante de Esquadra (RM1-FN) Paulo Martino Zuccaro

DIRETOR DA ESCOLA DE GUERRA NAVAL
Vice-Almirante Gustavo Calero Garriga Pires

SUPERINTENDENTE DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
Contra-Almirante (RM1) José Luiz Ferreira Canela

ISSN 1809-3191

e-ISSN 2359-3075

janeiro/abril de 2024, v. 30, n. 1

CORRESPONDÊNCIA:

ESCOLA DE GUERRA NAVAL
Av. Pasteur, 480 - Praia Vermelha - Urca
CEP 22290-255 Rio de Janeiro/RJ - Brasil
(21) 2546-9394 revista@egn.mar.mil.br
Aos cuidados do Editor Chefe da Revista da Escola de Guerra Naval

Novos artigos poderão ser submetidos em conformidade com as Instruções aos Autores, contidas na última página de cada volume, para o e-mail: revista@egn.mar.mil.br

Rev. Esc. Guerra Nav. (Ed. Por.)	Rio de Janeiro	v. 30	n. 1	p. 1-217	janeiro/abril 2024
----------------------------------	----------------	-------	------	----------	--------------------

A Revista da Escola de Guerra Naval é uma publicação quadrimestral, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM), sem fins lucrativos, que publica, prioritariamente, trabalhos originais inéditos .

A política editorial da Revista estabelece que os artigos devem apresentar uma reflexão inovadora e contribuir para o desenvolvimento de um pensamento estratégico autóctone em matéria de Defesa, particularmente, no que se refere ao Poder Marítimo.

Todos os artigos para publicação estão condicionados ao processo de avaliação por pares e a aprovação dos membros do Conselho Editorial ou do Conselho Consultivo.

Os artigos publicados pela Revista são de exclusiva responsabilidade de seus autores, não expressando, necessariamente, o pensamento da Escola de Guerra Naval nem o da Marinha do Brasil.

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Alcides Costa Vaz (*UNB, DF, Brasil*)

André Barata Nascimento (*U Beira Int., Beira, Portugal*)

Antônio Celso Alves Pereira (*UERJ, RJ, RJ, Brasil*)

António Manuel F. da Silva Ribeiro (*Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal*)

Antonio Ruy de Almeida Silva (*PUC-RJ, RJ, Brasil*)

Eurico de Lima Figueiredo (*UFF, Niterói, RJ, Brasil*)

Francisco Carlos Teixeira da Silva (*UFRJ, RJ, RJ, Brasil*)

Gregory Kennedy (*King's College London, UK, Reino Unido*)

Helena Carreiras (*Univ. Lisboa, Lisboa, Portugal*)

Ian Speller (*Maynooth, Irlanda*)

José Murilo de Carvalho (*UFRJ, RJ, RJ, Brasil*)

Luis Bittencourt (*Georgetown University, Estados Unidos*)

Matthew Uttley (*King's College London, UK, Reino Unido*)

Michael Pavkovic (*USNWC, Newport, Estados Unidos*)

Mônica Herz (*PUC-RJ, RJ, Brasil*)

Natalia Cintra (*Research Fellow University of Southampton, Inglaterra*)

Rafael Zelesco Barretto (*Inter-American Defense College, Estados Unidos*)

Reginaldo Gomes Garcia dos Reis (*EGN/CEPE, RJ, RJ, Brasil*)

Rodrigo Fernandes More (*UNIFESP, SP, SP, Brasil*)

Sabrina Medeiros (*Lusófona University, Lisboa, Portugal*)

Vinicius Mariano de Carvalho (*King's College London, UK, Reino Unido*)

Williams Gonçalves (*UERJ, RJ, RJ, Brasil*)

EDITOR CHEFE:

Walter Maurício Costa de Miranda (*EGN/RJ, RJ, Brasil*)

EQUIPE EDITORIAL

Editor Científico

Flávia Rodrigues de Castro

Editora de Layout

Giovana dos Santos Gimenes
Giovanna Teixeira de Moura Machado

Leitores de Prova

Walter Maurício Costa de Miranda

Organizador da Edição Especial

Prof. Dr. Marcos Vallé Machado da Silva

EQUIPE TÉCNICA

Secretaria de Comunicação Social Elaine Pires

Revisores

Daniele Felizola de Oliveira

Diagramação e Programação Visual

Clara Santana de Araújo
Giovana dos Santos Gimenes

Normalização

Marjorie Andréza de Araújo Cruz Marques
Raphaella Ambrozini dos Santos

Indexado em:

Qualis/CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
LATINDEX - Sistema regional de información para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
ICAP - Indexação Compartilhada de Artigos de Periódicos
SUMARIOS - Sumários de Revistas Brasileiras
LIVRE - Revista de Livre Acesso
PROQUEST - Dissertation & Theses Global
GOOGLE ACADEMICO
DOAJ - Directory of Open Access Journals

Revista da Escola de Guerra Naval – v. 30, n. 1, (janeiro/abril 2024). – Rio de Janeiro:
Escola de Guerra Naval, 1968 – v22 cm.
Quadrimestral
ISSN 1809-3191 e-ISSN 2359-3075
1. Brasil. Marinha – Periódicos. I. Brasil. Marinha. Escola de Guerra Naval. II. Título.
CDD:355

PALAVRAS DO DIRETOR

O principal projeto estratégico do Estado brasileiro na área de defesa é o Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCPN). Este projeto enfrenta um duplo desafio para sua consecução. O primeiro é superar, com um projeto autóctone, as demandas tecnológicas de projetar e construir um sistema de armas como um submarino de propulsão nuclear. O segundo é garantir que os compromissos assumidos pelo Estado brasileiro com o Regime de Não Proliferação de Armas Nucleares (RNPAN) não sejam contestados internacionalmente.

O Estado brasileiro, em consonância com seus compromissos assumidos junto ao RNPAN, iniciou, em 2022, as negociações para o Arranjo de Procedimentos Especiais com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), tendo como base o contido no Artigo 13 do Acordo de Salvaguardas Abrangentes (CSA), a INFCIRC/435 (também conhecida como Acordo Quadripartite, por envolver o Brasil, a Argentina, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares e a AIEA).

Nesse contexto, esta edição especial da Revista da Escola de Guerra Naval, que tem como tema “Salvaguardas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e Submarinos de Propulsão Nuclear”, busca aprofundar o desafio que o programa do SCPN enfrenta e enfrentará no que tange às questões políticas, técnicas e normativas relativas à negociação do Arranjo de Procedimentos Especiais com a AIEA. Assim, os sete artigos e a entrevista selecionados e reunidos nesta edição abordam diferentes perspectivas do tema central, que inclui:

- Questões críticas e essenciais relacionadas à negociação entre o Estado brasileiro e a AIEA do Arranjo de Procedimentos Especiais de Salvaguardas;
- Percepções de outros Estados e seus possíveis reflexos nessa negociação do Arranjo de Procedimentos Especiais de Salvaguardas para o material nuclear utilizado para a propulsão do SCPN brasileiro; e
- Impactos dessa negociação sobre políticas nacionais, regionais e globais relativas ao direito do uso da energia nuclear por parte de Estados Não Nuclearmente Armados (NNWS).

É pertinente destacar que três dos sete artigos desta edição especial da Revista da EGN apresentam resultados das pesquisas desenvolvidas no âmbito do projeto “O Programa do Submarino Convencionalmente Armado de Propulsão Nuclear (SCPN) ante as Salvaguardas Nucleares Adicionais da AIEA”. Esse projeto está inserido no Programa de Cooperação Acadêmica em Defesa (PROCAD-Defesa) e reúne quatro instituições participantes: a Universidade Federal Fluminense (UFF), a Escola de Guerra Naval (EGN), o Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (COPPEAD) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha (CEPE-MB).

No primeiro artigo desta edição especial da Revista da EGN, o Capitão de Mar-e Guerra Leonam dos Santos Guimarães apresenta uma visão abrangente da importância dos submarinos de propulsão nuclear nas operações navais modernas, enfatizando suas vantagens estratégicas, resistência e capacidades furtivas. Em seguida, aprofunda-se nos princípios fundamentais da salvaguarda dos materiais nucleares, abrangendo a proteção física, o controle e a contabilidade do material nuclear, e o papel dos tratados e acordos internacionais na regulação de tais atividades.

O Capitão de Fragata Marcos Valle Machado da Silva é o autor do artigo subsequente, que tem como objetivo apresentar um modelo com possíveis pontos de aplicação de procedimentos especiais sobre o ciclo do combustível nuclear utilizado no reator dos submarinos de propulsão nuclear desenvolvidos ou operados por um Estado Não Nuclearmente Armado (NNWS). O modelo apresentado é estruturado no ciclo do combustível nuclear e combina quatro variáveis: interesses do NNWS, salvaguardas, riscos de proliferação e possíveis pontos de aplicação de procedimentos especiais. Essa abordagem metodológica torna o modelo único e aponta para um caminho futuro de negociações entre a AIEA e um NNWS com um programa de submarinos de propulsão nuclear.

O Capitão de Mar e Guerra Yran Leite Maia e o Prof. Dr. Tob Rodrigues de Albuquerque apresentam a evolução do regime de salvaguardas e os aspectos relacionados às obrigações brasileiras decorrentes de diversos acordos internacionais. São analisados os limites de aplicação de procedimentos especiais de salvaguardas no SCPN e no seu futuro Complexo de Manutenção Especializada (CME), à luz do previsto no Artigo 13 do Acordo Quadripartite.

O artigo do Prof. Dr. Leandro Moreira Araujo foca em uma abordagem integrada para a implementação do conceito de salvaguardas graduais no projeto de instalações nucleares sem reator navais (NRNFs) que apoiam o Programa Brasileiro de Propulsão Nuclear. É proposto um quadro regulatório envolvendo normas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (DOE) e da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A abordagem gradual proposta configura-se como uma opção viável para complementar as disposições da norma CNEN NN 2.02 relativas ao projeto e licenciamento de NRNFs no Brasil.

Em sequência, o Prof. Dr. Carlos Eduardo Durange de C. Infante apresenta a utilização do método multicritério PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) na simulação de negociações complexas para aplicação de salvaguardas sobre o material nuclear utilizado na propulsão de submarinos de um Estado Não Nuclearmente Armado (NNWS). São evidenciadas algumas das possíveis variáveis presentes no contexto das negociações de acordos entre a AIEA e um NNWS no que diz respeito à aplicação de salvaguardas ao material nuclear utilizado para a propulsão de submarinos. Em seguida, é feita uma síntese da metodologia multicritério e do método PROMETHEE. Por fim, a última seção do artigo apresenta os resultados de simulações realizadas com equipes multidisciplinares envolvendo pesquisadores civis e militares brasileiros.

O Prof. Dr. Cristian Rubén Guglielminotti e a Prof^a Dr^a Nevía Vera analisam percepções acadêmicas e políticas dos projetos de submarinos de propulsão nuclear da Austrália e do Brasil, a partir de uma perspectiva geopolítica crítica. Os autores utilizam uma abordagem comparativa e aplicam uma metodologia qualitativa e de exploração de casos. O artigo evidencia a existência de diferenças geopolíticas e tecnológicas entre as trajetórias nucleares da Austrália e do Brasil, que são extrapoladas na forma de apoio ou contestação internacional em seus respectivos programas de submarinos de propulsão nuclear.

O Capitão de Mar e Guerra José Augusto Abreu de Moura e o Prof. Dr. Vágner Camilo Alves apresentam e analisam as condições específicas da construção do SCPN no contexto do Regime de Não Proliferação e das negociações com a AIEA. Para tanto, enfatizam duas características singu-

lares do caso brasileiro: sua latência nuclear e a não adesão ao Protocolo Adicional de Salvaguardas. Os autores analisam essas duas características, tendo o TNP como referência normativa. Concluem que, apesar de tais características não terem influenciado, até o momento, as negociações de procedimentos especiais com a AIEA, em algum momento, elas devem vir à baila como argumento para a adesão ao Protocolo Adicional.

Por fim, a entrevista com o Contra-Almirante Carlos Henrique Silva Seixas foca nos fatores que tornam a NUCLEP uma referência em tecnologia e inovação na indústria nacional. Além disso, evidencia sua importância para o Programa Nuclear Brasileiro e para o principal projeto estratégico de defesa do Estado brasileiro: o Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCPN).

Esperamos que esta edição especial da Revista da EGN, possibilite um melhor entendimento da utilização da energia nuclear para propulsão de submarinos e das salvaguardas da AIEA, bem como fomenta pesquisas que aprofundem um tema ainda pouco explorado no debate acadêmico brasileiro. Nossa revista, com mais de 50 anos de existência, procura constantemente se aprimorar, ampliar sua visibilidade nacional e internacional, bem como consolidar sua inserção no seleto rol de periódicos científicos qualificados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Apreciem a navegação em nossa edição especial. Tenham todos uma agradável leitura!



Gustavo Calero Garriga Pires
Vice-Almirante
Diretor

EDIÇÃO TEMÁTICA

ARTIGOS

APPLICATION OF SAFEGUARDS TO NUCLEAR
SUBMARINE FUEL ENSURING SECURITY AND
PROLIFERATION RESISTANCE 15

Leonam dos Santos Guimarães

SAFEGUARDS AND NUCLEAR-POWERED
SUBMARINES: A MODEL FOR SPECIAL
PROCEDURES ON THE NUCLEAR FUEL CYCLE 47

Marcos Valle Machado da Silva

APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS ESPECIAIS
DE SALVAGUARDAS NO COMPLEXO DE
MANUTENÇÃO ESPECIALIZADA 79

Yran Leite Maia

Tob Rodrigues de Albuquerque

THE GRADED SAFEGUARDS CONCEPTAN
ALTERNATIVE FOR THE SAFEGUARDS APPROACH
FOR NAVAL NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES. 104

Leandro Moreira Araujo

INTERDISCIPLINARY MULTICRITERIA ANALYSIS 125

IN THE SIMULATION OF COMPLEX NEGOTIATIONS:
A STUDY ON SAFEGUARDS

Carlos Eduardo Durange de C. Infante

Marcos Valle Machado da Silva

CONDICIONANTES DEL DESARROLLO DE 148
SUBMARINOS NUCLEARES EN AUSTRALIA Y BRASIL
DESDE LA GEOPOLÍTICA CRÍTICA

Cristian Rubén Guglielminotti

Nevia Vera

A LATÊNCIA NUCLEAR, O PROTOCOLO ADICIONAL 178
E O SUBMARINO CONVENCIONALMENTE ARMADO
DE PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO

José Augusto Abreu de Moura

Vágner Camilo Alves

ENTREVISTA COM O PRESIDENTE DA NUCLEP- CARLOS 212
HENRIQUE SILVA SEIXAS

Marcos Valle Machado da Silva

LEONAM DOS SANTOS GUIMARÃES

Doutor em Engenharia Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Mestre em Engenharia Nuclear pelo Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires da Universidade de Paris XI, é membro da Academia Nacional de Engenharia. Foi CEO da Eletrobrás Eletronuclear (2017-2022) e Coordenador do Programa de Propulsão Nuclear do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (2001 -2005). É coordenador do Comitê de C&T da Amazul Tecnologias de Defesa S.A. e Diretor Técnico da Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares ABDAN.

MARCOS VALLE MACHADO DA SILVA

Doutor em Ciência Política (UFF-2016). Mestre em Relações Internacionais (UERJ-2010) e em Estudos Estratégicos (UFF-2011). É professor do Programa de Pós-graduação em Estudos Marítimos (PPGEM) da Escola de Guerra Naval (EGN) e pesquisador do Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha (CEPE-MB). Foi Professor Visitante do *King's College London* (2023). É Coordenador Associado do PROCAD-SCPN (2022-2024), tendo como foco a pesquisa relacionada às salvaguardas da AIEA e o Programa do SCPN brasileiro

YRAN LEITE MAIA

Doutor em Engenharia Nuclear (COPPE/UFRJ-2022). Mestre em Engenharia Nuclear (COPPE/UFRJ-2015). É Assessor de Licenciamento Nuclear da Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN) e membro da Comissão Permanente de Salvaguardas da Marinha (CPSM).

TOB RODRIGUES DE ALBUQUERQUE

Doutor em Ciências, em Engenharia Nuclear, área de concentração: Análise de Segurança (COPPE/UFRJ-2023). Mestre em Ciência e Tecnologia Nucleares (IEN-2013). Bacharel em Física (UERJ-2014). Licenciatura em Física (UFRJ-2010).

É encarregado da Divisão de Segurança Nuclear da Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN).

LEANDRO MOREIRA ARAUJO

Doutor em Engenharia Nuclear (UFRJ-2014). Mestre em Engenharia Nuclear (IME-2009). Graduado em Engenharia Ambiental (UEPA-2006). É encarregado da Divisão de Salvaguardas da Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN). Foi encarregado da Divisão de Licenciamento Nuclear do Complexo de Manutenção Especializada (CME) (2019-2023) e Assessor de Projetos Nucleares (2010-2019) atuando principalmente na obtenção do projeto do CME.

CARLOS EDUARDO DURANGE DE C. INFANTE

Professor e pesquisador da Universidade Federal de São João del Rei/UFSJ. Pós-doutorado em Modelagem Operacional em Decisões Complexas - COPPEAD/UFRJ; doutorado e mestrado em Engenharia de Produção - COPPE/UFRJ; graduação em Administração e Matemática pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Professor dos cursos de graduação em Engenharia de Produção e Administração; de pós-graduação em Administração Pública na UFSJ e professor colaborador no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção na COPPE/UFRJ. Atuante nos seguintes temas de pesquisa: Sistemas de Produção e Operações; Análise Multicritério de Apoio à Decisão e Modelagens de Decisão em Administração.

CRISTIAN RÚBEN GUGLIELMINOTTI

Magister en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología (UBA-2013) y Licenciado en Relaciones Internacionales (UNICEN - 2005). Es doctorando por el Doctorado en Ciencias Sociales y Humanas (UNLu). Integrante del Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (CEIPIL – UNICEN). Es profesor invitado de grado en Derecho, Política y Economía Espacial (UNSAM), integra la Secretaría de Ciencia,

Arte y Tecnología (UNICEN) y fue asesor en la Subsecretaría de Ciencia y Producción para la Defensa del Ministerio de Defensa (MINDEF). Se focaliza en temas de ciencia, tecnología y sectores estratégicos.

NEVIA VERA

Doctora en Ciencia Política (UNSAM - 2021) y Magíster en Ciencias Sociales (UNICEN-2019). Es becaria postdoctoral CONICET; integrante del Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (CEIPIL-UNICEN). Es profesora de grado y posgrado y ha publicado varios artículos y capítulos de libros en temas vinculados a la intersección entre ciencia, tecnología, relaciones internacionales y política exterior, y a la diplomacia científica y tecnológica.

VÁGNER CAMILO ALVES

Doutor em Ciência Política (IUPERJ, 2005). Mestre em Relações Internacionais (IRI/PUC-RJ, 1998). É professor do Instituto de Estudos Estratégicos da Universidade Federal Fluminense (INEST-UFF) e, desde 2020, diretor do INEST/UFF. É o Coordenador Geral do PROCAD-SCPN (2019-2024).

JOSÉ AUGUSTO ABREU DE MOURA

Doutor em Ciência Política (UFF-2012), foi professor do Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM) da Escola de Guerra Naval (EGN) (2014-2021) e Coordenador Associado do PROCAD-SCPN (2019-2021), projeto da CAPES que pesquisa a relação das salvaguardas da AIEA com o programa do SCPN brasileiro. É colaborador do Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha e Pós Doutorando do INEST-UFF, com projeto de pesquisa em Política Nuclear relacionado com o SCPN.

CARLOS HENRIQUE SILVA SEIXAS

Contra-Almirante (RM1), Presidente da NUCLEP. Graduado em Ciências Navais (1982) pela Escola Naval e especializado em Histórias das Relações Internacionais (UERJ-2007). É Mestre e Doutor em Ciências Navais pela

Escola de Guerra Naval. Em sua carreira na Marinha do Brasil realizou cursos no Chile e Portugal. Foi, também, Adido Naval junto as Embaixadas do Brasil nos Estados Unidos da América e Canadá (2013-2015). Em julho de 2016 assumiu o cargo de diretor administrativo da NUCLEP e acumulou a Presidência, interinamente, em abril de 2017. Em dezembro de 2017 foi nomeado presidente da NUCLEP.

APPLICATION OF SAFEGUARDS TO NUCLEAR SUBMARINE FUEL TO ENSURE SECURITY AND PROLIFERATION RESISTANCE

Leonam dos Santos Guimarães¹

ABSTRACT

The utilization of nuclear energy has long played a pivotal role in advancing the capabilities of naval fleets worldwide, particularly in the domain of nuclear-powered submarines. However, the management and safeguarding of nuclear submarine fuel have emerged as critical concerns in the context of global security, non-proliferation efforts, and environmental responsibility. This article delves into the intricate landscape of safeguarding nuclear submarine fuel, addressing the multifaceted challenges and proposing innovative solutions to enhance security and proliferation resistance. Keywords: Security; Safeguards, Submarine; Nuclear; Fuel.

¹ Doutor em Engenharia Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Mestre em Engenharia Nuclear pelo Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires da Universidade de Paris XI, Diretor Técnico da Associação Brasileira para Desenvolvimento das Atividades Nucleares – ABDAN, Av. Rio Branco, 122 - 16 andar - Centro, Rio de Janeiro - RJ, 20040-001, Coordenador do Comitê de C&T da Amazul Tecnologias de Defesa S.A. - AMAZUL, Av. Corifeu de Azevedo Marques, 1847 - Butantã, São Paulo - SP, 05581-001, e-mail: leonam.guimaraes@amazul.gov.br / leosg@uol.com.br / leonam.guimaraes@abdan.org.br ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3011-6664>

INTRODUCTION

The article begins by providing a comprehensive overview of the importance of nuclear-powered submarines in modern naval operations, emphasizing their strategic advantages, endurance, and stealth capabilities. It then delves into the fundamental principles of safeguarding nuclear materials, encompassing physical protection, material control and accounting, and the role of international treaties and agreements in regulating such activities.

A significant portion of the article focuses on the unique characteristics of nuclear submarine fuel, including its composition, isotopic content, and operational lifecycle. It explores the specific challenges associated with safeguarding this specialized fuel, such as the need for continuous monitoring, remote handling, and protection against theft or diversion (CNS, 2021).

The core of this article lies in proposing a comprehensive framework for safeguarding nuclear submarine fuel. This framework integrates state-of-the-art technologies such as advanced surveillance systems, tamper-evident seals, and remote monitoring, while also emphasizing the importance of human capital in maintaining the integrity of safeguards. Additionally, the article discusses the relevance of international cooperation and information-sharing mechanisms to foster a global culture of nuclear security (IAEA, 2023).

The implementation of safeguards, as outlined in this article, not only contributes to the security of nuclear submarine fuel but also reinforces the commitment to non-proliferation objectives. Furthermore, it highlights the imperative of minimizing the environmental impact of nuclear submarine operations, including the safe management of spent fuel and radioactive waste (IAEA, 2019).

The application of safeguards to nuclear submarine fuel is a critical exploration of the challenges and opportunities in ensuring the security and proliferation resistance of this vital component of naval power. This article underscores the need for proactive measures, technological advancements, and international collaboration to protect nuclear materials, enhance global security, and maintain the peaceful use of nuclear energy in naval operations (HIRSCH, A. and LISSNER, 1988).

Finally, the article briefly presents the status of safeguards application to Nuclear Proliferation Treaty (NPT) Non-Nuclear Weapon

States (NNWS) nuclear submarine national programs in course, particularly the cases of Australia (DOYLE, J. E., and MATTHEWS, 2005) and Brazil.

MANAGEMENT AND SAFEGUARDING OF NUCLEAR SUBMARINE FUEL

The management and safeguarding of nuclear submarine fuel have emerged as critical concerns in the context of global security, non-proliferation efforts, and environmental responsibility due to a convergence of several key factors and considerations (MIAN, 2007):

Nuclear-powered submarines are an essential component of many nations' naval fleets. They offer significant strategic advantages, including extended operational endurance, high speed, and stealth capabilities. As such, they play a crucial role in maintaining national security and protecting maritime interests. The security and proper management of the fuel that powers these submarines are integral to ensuring their continuous operational readiness (PHILIPPE, 2014).

The nuclear materials used in some types of submarine fuel, such as highly enriched uranium (HEU) or highly assay low enrichment uranium (HALEU), are inherently sensitive and could be diverted for illicit purposes. The risk of proliferation, where these materials might fall into the hands of rogue states or non-state actors, poses a grave threat to global security. Ensuring the strict control and accounting of nuclear submarine fuel is vital to preventing the unauthorized acquisition of nuclear materials.

Numerous international treaties and agreements, including the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) and the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material (CPPNM), obligate signatory states to take measures to safeguard nuclear materials and facilities. Compliance with these agreements is essential to maintain global stability and prevent the spread of nuclear weapons (KERR, 2007).

Beyond security and non-proliferation concerns, there is a growing recognition of the environmental responsibility associated with nuclear submarine operations. The safe handling, storage, and disposal of spent nuclear fuel and radioactive waste from submarines are essential to prevent environmental contamination and minimize long-term risks to ecosystems and human health.

Safeguarding nuclear submarine fuel presents unique challenges due to the specialized nature of the fuel, its isotopic content, and the remote and hostile operational environments in which submarines operate. Properly managing and securing this fuel requires sophisticated technology, rigorous protocols, and well-trained personnel.

In an era of increased global interconnectedness, the actions of one nation in managing its nuclear submarine fuel can have far-reaching consequences. Security breaches or inadequate safeguards in one country can undermine regional and global stability, emphasizing the need for international cooperation and coordination.

The management and safeguarding of nuclear submarine fuel have become critical concerns because they intersect with national security imperatives, global non-proliferation efforts, and the broader commitment to environmental responsibility. Addressing these concerns requires a multidimensional approach that encompasses technological innovation, international collaboration, and adherence to legal and ethical obligations to ensure the secure, safe, and responsible use of nuclear energy in naval operations.

THE INTRICATE LANDSCAPE OF SAFEGUARDING NUCLEAR SUBMARINE FUEL

Safeguarding nuclear submarine fuel is a complex and many-sided endeavor that requires a thorough understanding of the challenges involved, as well as the development of innovative solutions to enhance security and proliferation resistance. This section will delve into the intricate landscape of safeguarding nuclear submarine fuel, addressing the intricate challenges it presents and proposing some innovative solutions to address them.

Challenges in Safeguarding Nuclear Submarine Fuel:

- Remote and Isolated Locations: Submarines operate in remote and often hostile environments, making it challenging to establish and maintain physical security measures around fuel storage facilities.
- Continuous Monitoring: Unlike stationary nuclear facilities, submarines are in constant motion. Ensuring the continuous monitoring and tracking of nuclear fuel while submarines are at sea is a significant challenge.

- **Tampering and Diversion Risks:** The possibility of unauthorized access, tampering, or diversion of nuclear materials within submarines poses a substantial security risk.

- **Technological Complexity:** Nuclear submarine fuel is highly specialized and contains sensitive isotopes, requiring advanced technology and expertise for both handling and safeguarding.

- **International Waters:** Submarines operate in international waters, potentially complicating efforts to enforce national and international safeguards.

Innovative Solutions:

- **Advanced Surveillance Systems:** Developing and implementing advanced surveillance systems, such as satellite-based tracking and remote sensing technologies, can enable real-time monitoring of submarines and their nuclear fuel, enhancing security.

- **Tamper-Evident Seals:** Innovative tamper-evident seals with integrated sensors can be employed to detect any unauthorized access or tampering with nuclear fuel containers. These seals can transmit alerts to authorities when breached.

- **Remote Monitoring:** Leveraging remote monitoring technologies, including secure communication systems, can facilitate the continuous oversight of nuclear fuel, even when submarines are submerged or far from shore.

- **Human Capital Development:** Investing in the training and education of personnel responsible for nuclear submarine operations is crucial. Ensuring a well-trained and security-conscious workforce is a cornerstone of effective security and safeguards.

- **International Collaboration:** Collaborative efforts among nations with nuclear submarine fleets can lead to the sharing of best practices, intelligence, and technologies to enhance security and proliferation resistance collectively.

- **Environmental Responsibility:** Developing innovative methods for the safe storage, transport, and disposal of spent nuclear fuel and radioactive waste from submarines is essential to fulfill environmental responsibilities.

- **Transparency and Reporting:** Encouraging transparency and reporting among nations regarding their nuclear submarine operations and safeguards measures can build trust and promote non-proliferation

objectives.

Safeguarding nuclear submarine fuel is a complex challenge that demands creative and innovative solutions to ensure security and proliferation resistance. By addressing the unique challenges posed by submarines, harnessing advanced technologies, fostering international collaboration, and upholding environmental responsibility, nations can strengthen their commitment to securing nuclear materials and maintaining global stability in an era of evolving security threats.

IMPORTANCE OF NUCLEAR-POWERED SUBMARINES IN MODERN NAVAL OPERATIONS

Nuclear-powered submarines hold a paramount role in modern naval operations, offering a range of strategic advantages, exceptional endurance, and unmatched stealth capabilities. Their importance in contemporary naval warfare cannot be overstated, and their unique attributes significantly shape the tactics, capabilities, and security of naval forces worldwide. A comprehensive overview by (HARRIS, 1997) e (VAN DER VAT, 1994) explores the significance of nuclear-powered submarines in modern naval operations, highlighting their strategic advantages, endurance, and stealth capabilities.

Strategic Advantages:

-Global Presence: Nuclear submarines provide navies with the ability to project power globally. They can operate in various maritime regions, from the open ocean to littoral waters, and remain on station for extended periods, exerting influence and deterrence worldwide.

-Rapid Response: Nuclear-powered submarines are capable of rapid deployment and can respond swiftly to emerging threats or crises. This agility is crucial in maintaining maritime security and ensuring rapid reaction to potential conflicts.

-Unlimited Range: Unlike conventional diesel-electric submarines, which require frequent resurfacing to recharge their batteries, nuclear submarines have virtually unlimited range. They can remain submerged for months, making them ideal for long-range missions and extended deployments.

-Endurance: The endurance of nuclear submarines is a testament

to their nuclear propulsion systems. They can conduct continuous operations without needing to return to port for refueling, allowing them to maintain a persistent presence in key strategic areas.

Exceptional Endurance:

- **Extended Underwater Operations:** Nuclear-powered submarines can stay submerged for extended periods, greatly enhancing their stealth and survivability. This extended submerged endurance makes them challenging adversaries to detect and track.

- **Reduced Vulnerability:** Their ability to remain submerged reduces vulnerability to surface threats, such as anti-ship missiles, and minimizes the risk of detection by enemy aircraft or reconnaissance assets.

- **Flexibility in Operations:** The extended endurance of nuclear submarines enables a wide range of mission profiles, including intelligence gathering, anti-submarine warfare, strike missions, and strategic nuclear deterrence.

Stealth Capabilities:

- **Acoustic Advantage:** Nuclear submarines are quieter than their diesel-electric counterparts are, primarily because they do not rely on periodical battery recharge by noisy diesel engines. Their acoustic stealth makes them exceptionally difficult for enemy anti-submarine forces to detect using passive sonar.

- **Reduced Thermal Signature:** The use of nuclear reactors minimizes the need for exhaust venting, reducing the thermal signature of nuclear submarines. This further enhances their ability to evade detection by thermal imaging systems.

- **Low Electromagnetic Emissions:** Nuclear submarines emit minimal electromagnetic signatures, making them less susceptible to detection by enemy electronic warfare and anti-submarine warfare systems.

- **Advanced Sensors and Countermeasures:** Modern nuclear submarines are equipped with advanced sensor suites and countermeasures to further enhance their stealth, including quieting technologies and decoy systems.

- Nuclear-powered submarines are indispensable assets in

modern naval operations due to their strategic advantages, exceptional endurance, and stealth capabilities. Their ability to operate globally, respond rapidly to emerging threats, and remain submerged for extended periods provides navies with a formidable tool for maintaining maritime security, projecting power, and ensuring deterrence in an evolving and complex security landscape.

FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF SAFEGUARDING NUCLEAR MATERIALS

The safeguarding of nuclear materials is of paramount importance in preventing the unauthorized access, theft, or diversion of nuclear materials and technologies for illicit purposes. This section will delve into the fundamental principles of safeguarding nuclear materials, encompassing physical protection, material control, and accounting, and the role of international treaties and agreements in regulating such activities.

Physical protection is the cornerstone of nuclear material safeguards, aimed at preventing unauthorized access and protecting nuclear facilities and materials from theft, sabotage, or other malicious activities. The fundamental principles of physical protection include:

- Security Measures: Robust security measures, such as perimeter fencing, access controls, surveillance systems, and armed guards, are implemented to deter and respond to potential threats.

- Design Basis Threat (DBT): Facilities and materials are protected based on an assessment of potential threats, known as the Design Basis Threat (DBT), which takes into account factors like terrorism, espionage, and insider threats (FISHER, J. M., and FERGUSON, 2005).

- Access Controls: Restricted access to sensitive areas and materials is enforced, with individuals subject to rigorous background checks and identity verification.

- Tamper-Evident Seals: The use of tamper-evident seals and intrusion detection systems helps in detecting and responding to unauthorized access or tampering.

- Material Control and Accounting (MC&A) involve the tracking, measurement, and control of nuclear materials throughout their lifecycle. This is crucial for ensuring that nuclear materials are used for their intended purposes and not diverted for illicit activities. Key principles of

MC&A include:

- Inventory Management: Accurate and up-to-date records of nuclear materials, including quantities, locations, and transfers, are maintained to account for their whereabouts.

- Measurements and Inspections: Regular inspections and measurements are conducted to verify the quantity and quality of nuclear materials, ensuring that discrepancies are promptly addressed.

- Material Balancing: Material balances are calculated to account for any discrepancies between inputs, outputs, and on-site inventory, providing an additional layer of accountability (IPFM, 2022).

- Nuclear Forensics: In the event of a theft or diversion, nuclear forensics can be used to trace the source of the materials and identify responsible parties.

International treaties and agreements play a pivotal role in regulating the safeguarding of nuclear materials on a global scale. Some key international instruments include:

- Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT): The NPT obligates non-nuclear signatory states to prevent the spread of nuclear weapons and nuclear weapons technology and nuclear signatory states disarmament. It establishes the International Atomic Energy Agency (IAEA) to oversee safeguards and verify compliance based on specific agreements signed with each country.

- Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT): The CTBT aims to prohibit all nuclear explosions for both civilian and military purposes. While not focused solely on safeguards, it contributes to nuclear non-proliferation efforts.

- International Atomic Energy Agency (IAEA): The IAEA is the principal international organization responsible for implementing safeguards on nuclear materials and facilities. It conducts inspections and verifies compliance with safeguards agreements.

- Voluntary Offer Safeguards: The five nuclear-weapon States parties to the NPT have concluded voluntary offer safeguards agreements under which the IAEA applies safeguards to nuclear material in facilities that the State has voluntarily offered, and the IAEA has selected for the application of safeguards. The IAEA applies safeguards under a voluntary offer agreement to verify that nuclear material remains in peaceful

activities and is not withdrawn from safeguards except as provided for in the agreement.

- **Bilateral Agreements:** Many countries enter into bilateral agreements with NPT “de jure” nuclear-armed states (United States, Russia, France, United Kingdom, and China) and non-NPT nuclear submarine operators and builders (currently only India) to regulate the use and safeguarding of nuclear materials provided for peaceful purposes.

The fundamental principles of safeguarding nuclear materials encompass physical protection, material control, and accounting. These principles are underpinned by the role of international treaties and agreements, which provide a framework for cooperation and verification. By adhering to these principles and international obligations, nations contribute to global efforts to prevent the proliferation of nuclear weapons and ensure the responsible and secure use of nuclear materials.

Unique Characteristics of Nuclear Submarine Fuel

The safeguarding of nuclear submarine fuel presents a unique set of challenges due to its specialized characteristics, including its composition, isotopic content, and operational lifecycle. Understanding these distinctive features is crucial in addressing the specific challenges associated with safeguarding this highly sensitive fuel.

Nuclear submarine fuel (OSTI, 2020) typically consists of High Enriched Uranium (HEU) or HALEU (High Assay Low Enriched Uranium). HEU is the primary fuel in many naval reactors due to its high energy density. United States and United Kingdom are reported to use weapon grade HEU (more than 90%, reported 93,5%) as nuclear submarine fuel. Russia is reported to use non-weapon grade HEU (20-90%). India is supposed using the same Russian approach. France and China are reported to use HALEU (5-20%).

The use of weapon grade HEU is often criticized in United States (KUPERMAN, A. and HIPPEL, 2021). In February 2020, the U.S. Department of Energy’s office of Defense Nuclear Nonproliferation (DNN) released its report, Initial Evaluation of Fuel-Reactor Concepts for Advanced LEU Fuel Development, a screening study for potential fuel and reactor types that may be relevant to switching US naval nuclear propulsion away from reliance on highly enriched uranium fuel (OSTI, 2020). The DNN report was commissioned from three DOE national laboratories with reactor-design

expertise: Idaho, Oak Ridge, and Argonne. It ends up recommending two reactor types and seven fuels for further investigation in the next phase of its work. These options include pressurized water reactors (PWR), and a number of possible high-density, low enriched uranium (LEU) fuels.

The origin of the 2020 report can be traced to a request from Congress that led in 2014 to the Office of Naval Reactors (NR) submitting to Congress a Report on Low Enriched Uranium for Naval Reactor Cores. In comparison to a report on the same topic written in 1995, the 2014 report was quite positive².

HEU or HALEU is typically formed into fuel elements composed by fuel plates, metallic or dispersions Cer-Met (Ceramic oxide in metal) or Cer-Cer (ceramic oxide in other ceramic oxide) which are designed for specific use in the submarine's nuclear reactor core. The isotopic purity of nuclear submarine fuel is carefully controlled to ensure optimal reactor performance and safety. Any deviation from the desired isotopic composition can influence the fuel's efficiency. The isotopic content of the fuel also poses radiological hazards. In the event of damage to the fuel elements, the release of radioactive materials can have severe health and environmental consequences.

The operational lifecycle of a nuclear submarine has some distinctive features, as deployment duration, fuel consumption and refueling and maintenance. Nuclear submarines can remain at sea for extended periods, ranging from 3-6 months, depending on their mission profiles and operational requirements. The rate of fuel consumption depends on the submarine's power requirements, speed, and reactor efficiency. Managing fuel consumption and ensuring a continuous power supply is crucial during extended deployments. Periodic refueling and maintenance, normally 5-10 years are required to replace spent fuel elements and maintain reactor performance. This is typically done at designated naval facilities.

Safeguarding nuclear submarine fuel necessitates continuous monitoring, even while the submarine is submerged or far from port. Ensuring real-time awareness of the fuel's status and security is a

2 "Recent work has shown that the potential exists to develop an advanced fuel system that could increase uranium loading beyond what is practical today while meeting the rigorous performance requirements for naval reactors. Success is not assured, but an advanced fuel system might ... allow using LEU fuel with less impact on reactor lifetime, size, and ship costs."

significant challenge. The need for remote handling systems and equipment is essential, as direct physical access to the nuclear fuel is limited due to radiation hazards and security concerns. Preventing theft or diversion of nuclear submarine fuel is paramount. Security measures must be robust, including stringent access controls, tamper-evident seals, and surveillance systems to deter and detect unauthorized access.

Effective emergency response plans and capabilities are crucial to address any incidents or accidents involving nuclear fuel, such as leaks or damage to fuel elements. The safe disposal of spent nuclear fuel and radioactive waste generated during refueling and maintenance is a critical aspect of safeguarding. Proper environmental stewardship is essential to mitigate the long-term impact of nuclear operations.

Safeguarding nuclear submarine fuel is a complex and highly specialized task due to its unique composition, isotopic content, and operational lifecycle. Continuous monitoring, remote handling, and robust security measures are essential to protect against theft, diversion, and radiological hazards. Ensuring the secure management of nuclear submarine fuel is not only critical for national security but also for maintaining global stability and environmental responsibility in the realm of nuclear-powered naval operations (JCAE, 1992).

FRAMEWORK FOR SAFEGUARDING NUCLEAR SUBMARINE FUEL

Proposing a comprehensive framework for safeguarding nuclear submarine fuel is essential to ensure the security, non-proliferation, and environmental responsibility associated with this highly sensitive material (NUNN and LUGAR, 2012). This framework integrates cutting-edge technologies with a strong focus on human capital development to maintain the integrity of safeguards. A comprehensive proposal for such a framework encompasses advanced surveillance systems, tamper-evident seals and intrusion detection, remote monitoring and control, human capital development, international collaboration, environmental responsibility and accountability and transparency:

- Deploy state-of-the-art surveillance systems, including satellite-based tracking, underwater acoustic sensors, and aerial reconnaissance capabilities, to monitor the movements and activities of nuclear submarines

in real-time. Implement advanced data analytics and artificial intelligence algorithms to process the vast amounts of surveillance data and identify suspicious or anomalous patterns. Develop predictive modeling to anticipate potential security threats or vulnerabilities based on historical data and emerging trends.

- Utilize tamper-evident seals equipped with advanced sensor technology that can detect any unauthorized access or tampering with nuclear fuel containers or storage facilities. Integrate intrusion detection systems that provide instant alerts and notifications in the event of breaches, enabling rapid response and intervention. Employ biometric authentication and secure access control systems to ensure that only authorized personnel can interact with the fuel and related facilities.

- Establish remote monitoring capabilities for nuclear submarines, enabling continuous oversight of the fuel's status, security, and condition, even when submarines are submerged or on extended missions. Implement remote control systems that allow for adjustments to reactor parameters, shutdown procedures, or emergency actions from a secure and centralized location. Develop secure communication channels with submarines for real-time data exchange and command execution, ensuring reliable and secure remote control.

- Prioritize the training and education of personnel involved in nuclear submarine operations and safeguards, emphasizing the importance of security protocols, best practices, and ethical responsibilities. Implement a robust security culture within naval organizations, encouraging reporting of security concerns and fostering a sense of duty to safeguard nuclear materials. Conduct regular security drills, exercises, and simulations to test the readiness and responsiveness of personnel in the event of security incidents or emergencies.

- Promote international cooperation and information sharing among nations with nuclear submarine fleets to standardize safeguarding practices and enhance global security. Collaborate with international organizations, such as the International Atomic Energy Agency (IAEA), to harmonize safeguarding guidelines and ensure compliance with international treaties and agreements.

- Develop and adhere to strict environmental protocols for the storage, transport, and disposal of spent nuclear fuel and radioactive waste generated during refueling and maintenance. Continuously improve environmental safeguards to minimize the ecological impact of nuclear

submarine operations.

- Maintain rigorous material control and accounting practices to track nuclear fuel from production to disposal, with thorough documentation and reporting. Encourage transparency in reporting security incidents, near misses, and lessons learned to foster continuous improvement and risk mitigation.

A comprehensive framework for safeguarding nuclear submarine fuel must integrate advanced technologies, emphasize human capital development, and prioritize international collaboration and environmental responsibility. Such a framework ensures the security, non-proliferation, and environmental stewardship associated with nuclear materials, safeguarding not only national interests but also contributing to global stability and security

Addressing the challenge of applying intrusive safeguards devices on stealth submarines, such as those powered by nuclear propulsion, involves navigating a complex interplay of security, non-proliferation commitments, and operational military considerations. The core issue revolves around reconciling the need for submarines to maintain their stealth and operational secrecy with international obligations to prevent nuclear proliferation.

In the context of nuclear submarine fuel safeguards arrangements (ROCKWOOD, 2021), several key points emerge from discussions around safeguarding nuclear material in military use, specifically in nuclear-powered submarines:

- Tailored Safeguards Agreements: The International Atomic Energy Agency (IAEA) engages with states to develop customized safeguards arrangements that consider the unique circumstances of each state, including their naval nuclear propulsion programs. These arrangements aim to satisfy the technical verification objectives of the IAEA while respecting the operational security concerns of the submarines.

- Transparency and Verification: There's an emphasis on transparency and verification, with states like Australia expected to demonstrate a high degree of transparency in their dealings with the IAEA. However, this transparency does not extend to compromising the operational security of the submarines. For instance, Australia, under the AUKUS deal, would receive submarines with reactors pre-loaded with fuel, thereby limiting the scope for diversion of nuclear material.

- Suspension of Safeguards for Military Use: The NPT and its

safeguards do not outright prohibit the military use of nuclear material. Inspections can be suspended for the period during which the nuclear material is used for military purposes, provided the state adheres to controls preventing the material's diversion to nuclear weapons. In Australia's case, the fuel for its submarines will be provided by the U.S. or the U.K., and returned to them after decommissioning, simplifying the verification process to ensure non-diversion to nuclear weapons.

- Legal Framework and Agreements: The IAEA's safeguards are based on legally binding agreements between the agency and individual states. These agreements are designed to ensure that nuclear materials are not diverted from peaceful uses, with states accepting these safeguards through the conclusion of such agreements. This legal framework provides the foundation for applying safeguards to nuclear materials, including those used in military applications like nuclear submarines.

In essence, the approach to safeguarding nuclear-powered submarines emphasizes customized arrangements that balance non-proliferation objectives with operational security needs. These arrangements are grounded in international legal frameworks and agreements that provide flexibility to address the unique challenges posed by military uses of nuclear material, including the essential stealth characteristics of submarines.

RELEVANCE OF INTERNATIONAL COOPERATION AND INFORMATION-SHARING MECHANISMS

International cooperation and information-sharing mechanisms play a pivotal role in fostering a global culture of nuclear security. In an increasingly interconnected world, where nuclear materials and technologies are at risk of proliferation, terrorism, and unauthorized access, collaborative efforts among nations are essential to mitigate these threats effectively. Here, we discuss the relevance and significance of international cooperation and information sharing in building a robust global culture of nuclear security:

International cooperation is vital in preventing nuclear terrorism, as terrorists may exploit security gaps in one country to acquire nuclear materials or technology. Collaborative efforts can facilitate the exchange of intelligence, expertise, and best practices to identify and counter potential threats. This coordinated approach enhances the chances of detecting and

preventing nuclear terrorism before it occurs.

The secure management of nuclear materials is a global concern. Information-sharing mechanisms enable countries to share knowledge about advancements in security technologies, practices, and regulations. This collective learning helps nations bolster the security of their nuclear materials and facilities, reducing the risk of theft or diversion.

International cooperation is instrumental in upholding non-proliferation commitments outlined in agreements like the NPT. By sharing information about their nuclear programs and activities, nations can build trust and transparency, thus reducing suspicions about potential proliferation activities.

Developing countries may lack the resources and expertise needed to establish robust nuclear security measures. International cooperation can involve mentorship, training, and capacity-building programs that assist these nations in enhancing their nuclear security infrastructure. This capacity building not only bolsters individual nations' security but also contributes to global security.

In the event of nuclear incidents, accidents, or emergencies, international cooperation is essential for a coordinated and effective response. Timely sharing of information about the situation, the extent of the damage, and potential risks enables swift and well-informed decision-making to mitigate the consequences.

Collaboration among nations helps in standardizing security protocols and guidelines. International organizations, such as IAEA, develop and disseminate best practices and guidelines for nuclear security. Adherence to these standards ensures consistency and a higher level of security worldwide.

International cooperation reinforces the idea that nuclear security is a shared responsibility. By working together, nations acknowledge their commitment to upholding nuclear security as a global priority, thereby promoting a culture of responsibility and accountability.

Emerging threats in the realm of nuclear security, such as cyberattacks or sabotage, require innovative and adaptable responses. International collaboration fosters the exchange of information about evolving threats and the development of effective countermeasures.

International cooperation and information-sharing mechanisms are indispensable in fostering a global culture of nuclear security. By transcending national boundaries and working collectively, nations

can better protect nuclear materials, prevent proliferation, respond to emergencies, and promote a shared commitment to the responsible and secure use of nuclear technologies. This collaborative approach enhances global stability and contributes to the overall security of nations and the international community.

IMPLEMENTATION OF SAFEGUARDS.

The implementation of safeguards in the context of nuclear submarine fuel not only enhances the security of these highly sensitive materials but also reinforces the commitment to non-proliferation objectives in several significant ways:

Safeguards are designed to prevent unauthorized access to and diversion of nuclear materials, including those used in nuclear submarine fuel. By effectively controlling, monitoring, and protecting these materials, safeguards reduce the risk that they could fall into the wrong hands, such as terrorists or rogue states intent on developing nuclear weapons. This proactive approach aligns with non-proliferation objectives, which seek to prevent the spread of nuclear weapons.

Safeguards mechanisms require countries to provide information about their nuclear activities, facilities, and materials to international organizations, such as IAEA. This transparency fosters trust among nations and promotes accountability for their nuclear programs. It demonstrates a commitment to peaceful uses of nuclear energy and adherence to non-proliferation obligations.

Safeguards involve regular inspections and verification activities carried out by the IAEA and other relevant organizations. These inspections help ensure that countries are complying with their non-proliferation commitments and are not diverting nuclear materials for illicit purposes. The existence of a robust verification system acts as a deterrent to clandestine nuclear activities, reinforcing non-proliferation efforts.

The implementation of safeguards often requires international cooperation and collaboration among countries. Sharing information, best practices, and expertise in safeguarding nuclear materials contributes to a global culture of nuclear security and non-proliferation. Collaborative efforts strengthen the capacity of nations to prevent the misuse of nuclear materials.

Many nations are signatories to international treaties and agreements, such as NPT, which obligate them to pursue nuclear disarmament and non-proliferation. Implementing safeguards, including those related to nuclear submarine fuel, demonstrates a country's commitment to fulfilling its treaty obligations and contributing to the broader goals of non-proliferation.

Safeguards not only focus on securing nuclear materials but also on minimizing the risk of their diversion or theft. By reducing these risks, safeguards help prevent the proliferation of nuclear weapons and the emergence of new nuclear-armed states. This aligns with the core objective of non-proliferation efforts.

A transparent and accountable approach to safeguarding nuclear materials, including those used in naval operations, builds confidence and trust among nations. This trust is essential for the success of diplomatic negotiations, arms control agreements and broader efforts to promote international peace and security.

The implementation of safeguards for nuclear submarine fuel is integral to ensuring its security and, in doing so, reinforces the commitment to non-proliferation objectives. By safeguarding these materials effectively, nations not only protect their own security interests but also contribute to global efforts aimed at preventing the spread of nuclear weapons, thereby enhancing international peace and stability.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF NUCLEAR SUBMARINE OPERATIONS, INCLUDING THE SAFE MANAGEMENT OF SPENT FUEL AND RADIOACTIVE WASTE

Minimizing the environmental impact of nuclear submarine operations is imperative to ensure responsible stewardship of nuclear energy and to protect both the marine environment and human health. This imperative encompasses several key aspects, including the safe management of spent fuel and radioactive waste. Here, we highlight the importance of these measures:

Nuclear submarines operate in the world's oceans, where marine ecosystems are highly vulnerable to environmental disruptions. Any accidental release or mishandling of radioactive materials can have severe and long-lasting consequences on marine life, fisheries, and ecosystems.

Nuclear submarine crews are exposed to radiation hazards during

their service. Proper management of radioactive materials and adherence to safety protocols are essential to safeguard the health and well-being of submariners.

Safe disposal and management of radioactive waste and spent fuel are crucial to prevent contamination of the marine environment. Ensuring that radioactive materials are contained and isolated from the environment is paramount.

Nations that operate nuclear submarines must adhere to international standards and agreements related to the disposal of radioactive waste and spent nuclear fuel. Compliance with these standards helps maintain global environmental safety and security.

Some radioactive materials remain hazardous for thousands of years. Safeguarding against the long-term environmental risks of nuclear submarine operations requires careful planning, containment, and disposal strategies.

Accidents or incidents involving nuclear submarines, while rare, can lead to the release of radioactive substances into the environment. Effective response plans and emergency measures must be in place to mitigate such events.

Maintaining the trust and confidence of the public is essential. Transparency, accountability, and responsible environmental practices in nuclear submarine operations help alleviate concerns and ensure public support for these military activities (BUNN, M and HOLDREN, 1999).

Research and development efforts should focus on developing advanced technologies for the safe management, transport, and disposal of radioactive materials. Innovation can lead to more effective and environmentally friendly solutions.

Prior to deploying nuclear submarines in new regions or conducting training exercises, thorough environmental impact assessments should be carried out to evaluate potential risks and develop mitigation strategies.

Collaboration among nations with nuclear submarine fleets is critical to sharing best practices and knowledge on minimizing environmental impacts. Joint efforts can lead to the development of standardized environmental safeguards.

Minimizing the environmental impact of nuclear submarine operations, including the safe management of spent fuel and radioactive waste, is a moral, ecological, and global imperative. By adhering to rigorous safety protocols, international agreements, and responsible

environmental practices, nations can ensure that the use of nuclear energy in naval operations is conducted in a manner that protects the environment, preserves marine ecosystems, and upholds the well-being of future generations.

CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN ENSURING THE SECURITY AND PROLIFERATION RESISTANCE

The application of safeguards to nuclear submarine fuel demands a critical exploration of the challenges and opportunities involved in ensuring the security and proliferation resistance of this vital component of naval power. This exploration is crucial to comprehensively address the complexities and potential risks associated with nuclear submarine fuel. Here is a discussion of why such an exploration is imperative:

Nuclear submarine fuel, often highly enriched uranium (HEU), possesses unique characteristics that differentiate it from other nuclear materials. These characteristics include its isotopic content, composition, and operational lifecycle. Safeguarding such specialized fuel necessitates an in-depth understanding of these features.

Safeguarding nuclear submarine fuel presents a complex set of security challenges due to the nature of naval operations. These challenges include the need for remote monitoring, ensuring continuous security even during extended deployments, and the requirement to protect fuel in international waters.

The threat of unauthorized access, theft, or diversion of nuclear submarine fuel is a significant concern. If these materials were to fall into the wrong hands, they could potentially be used for nefarious purposes, including the development of nuclear weapons or radiological terrorism.

The proliferation of nuclear materials is a global security risk. Effective safeguards are crucial to prevent the misuse or diversion of nuclear submarine fuel, aligning with broader non-proliferation objectives and international agreements like the NPT.

The secure management of spent nuclear fuel and radioactive waste generated during naval operations is a vital aspect of safeguarding nuclear submarine fuel. Neglecting environmental responsibility could lead to long-term ecological consequences and harm the marine environment.

Advances in technology, including surveillance systems, tamper-

evident seals, and remote monitoring, offer opportunities to enhance the security of nuclear submarine fuel. Exploring these technological advancements is essential for staying ahead of evolving security threats.

International collaboration among nations with nuclear submarine fleets is crucial to establish common safeguarding practices, share best practices, and ensure transparency in operations. Such cooperation reinforces the commitment to global security and non-proliferation objectives.

Addressing the security and proliferation resistance of nuclear submarine fuel is not only a technical concern but also a matter of public perception and accountability. Ensuring transparent and responsible management of these materials fosters public trust in naval operations.

Critical exploration of the challenges and opportunities in applying safeguards to nuclear submarine fuel is essential to comprehensively address the composite issues surrounding the security and proliferation resistance of these materials. By undertaking this exploration, naval powers can effectively enhance global security, mitigate proliferation risks, and maintain the responsible use of nuclear energy in naval operations while minimizing environmental impact.

CURRENT LANDSCAPE

The topic of applying safeguards to nuclear submarine fuel, with a focus on ensuring security and proliferation resistance, involves a complex interplay of international regulations, agreements, and technical considerations.

A pivotal aspect of this discussion centers on the application of International Atomic Energy Agency (IAEA) safeguards, particularly in the context of military-to-military transfer of nuclear material for submarine programs (ELN, 2023). It has been argued that there should be no automatic exclusion from safeguards for nuclear material simply because it is used in military activities. The emphasis is on ensuring that the non-application of safeguards is as limited as possible, encompassing all processes outside the actual use of relevant nuclear material in the submarine, such as enrichment, fuel fabrication, storage, transportation, reprocessing, and disposal.

The IAEA's approach to building safeguards into the design of spent fuel storage facilities, known as 'safeguards by design' (SBD), is

another critical aspect of ensuring the security and non-proliferation of nuclear materials. SBD aims to facilitate the effective implementation of existing safeguards requirements by considering these requirements early in the design process of nuclear facilities.

Australia, United Kingdom, and United States

The application of safeguards to the AUKUS (Australia, United Kingdom, and United States) Nuclear Submarine program is a complex and highly technical subject, requiring a nuanced understanding of international nuclear non-proliferation norms, the specific details of the AUKUS agreement, and the technical aspects of nuclear submarine technology. The AUKUS pact, a security agreement between Australia, the United Kingdom, and the United States, announced in September 2021, involves the provision of nuclear-powered submarines to Australia. This arrangement has significant implications for nuclear non-proliferation and safeguards. The following points are pertinent AUKUS agreement (CARLSON, 2021):

- Nature of Nuclear Technology in Submarines: The nuclear reactors used in submarines are designed for propulsion and not to produce nuclear weapons. However, they do use weapon grade HEU, which can be weaponized. This necessitates strict safeguards to ensure that the HEU is not diverted for non-peaceful purposes.

- Australia's Nuclear Non-Proliferation Commitments: Australia is a non-nuclear weapon state (NNWS) party to the NPT. As such, Australia is obliged to maintain a civilian nuclear program exclusively for peaceful purposes and under international safeguards. The acquisition of nuclear-powered submarines places Australia in a unique position, as it will have to demonstrate that its new capabilities are not being used for prohibited military purposes, like nuclear weapons development.

- International Safeguards and Oversight: The IAEA plays a crucial role in the implementation of safeguards. Australia, along with the UK and the US, must work closely with the IAEA to develop a framework that ensures the submarine program adheres to Australia's non-proliferation commitments. This could involve regular inspections, monitoring, and verification mechanisms.

- Regional and Global Implications: The deployment of nuclear-powered submarines by Australia could have significant implications for regional security dynamics, particularly in the Indo-Pacific region. There

is a need for transparency and dialogue to address any concerns raised by neighboring countries and to prevent any escalation of regional arms races.

- **Technological and Operational Safeguards:** Apart from international oversight, there are also technical and operational safeguards that are integral to the program. These include secure handling and accounting of nuclear materials, physical protection measures, and safety protocols to prevent accidents or unauthorized use.

- **Legal and Policy Frameworks:** The AUKUS partners will need to develop robust legal and policy frameworks that align with international norms and bilateral agreements. This includes legislative and regulatory measures that govern the use, transfer, and disposal of nuclear materials and technology.

The application of safeguards to the AUKUS Nuclear Submarine program is a critical aspect of its implementation. It requires a balanced approach that addresses the non-proliferation concerns while allowing Australia to enhance its defense capabilities. Ensuring the program's compliance with international nuclear non-proliferation norms and maintaining transparency will be essential in mitigating any regional tensions and in bolstering global nuclear security.

The status of the AUKUS Nuclear Submarine program is marked by significant advancements in both the technical and strategic aspects of the program, along with ongoing negotiations and engagement with the IAEA to ensure compliance with international nuclear non-proliferation standards. The program's progress is part of a broader strategic initiative aimed at enhancing the military and technological capabilities of the AUKUS nations.

As of the latest information available, the negotiations between the AUKUS partners (Australia, the United Kingdom, and the United States) and the International Atomic Energy Agency (IAEA) regarding the AUKUS Nuclear Submarine program were progressing, with a focus on ensuring compliance with nuclear non-proliferation standards.

- **Progress on the Nuclear Submarine Program:** The AUKUS partners have made significant progress in the development and implementation of the nuclear submarine program. This includes the establishment of education and training opportunities for Royal Australian Navy personnel, increased industry training, and preparations for the Submarine Rotational Force-West in Australia. The first sale of U.S.

Virginia-class submarines to Australia is expected in the early 2030s, with the delivery of the first Australian-built SSN-AUKUS in the early 2040s.

- Commitment to Non-Proliferation Standards: The AUKUS partners have reiterated their commitment to upholding the highest standards for nuclear non-proliferation. This commitment is crucial as it involves the use of nuclear-powered submarines by a non-nuclear weapon state, Australia under the NPT.

- Bilateral Negotiations with the IAEA: Australia has commenced bilateral negotiations with the IAEA. These negotiations are focused on arranging safeguards under Article 14 of Australia's Comprehensive Safeguards Agreement. The outcome of these negotiations will be pivotal in determining how the AUKUS program aligns with global non-proliferation norms.

- Focus on Safeguards and Oversight: The emphasis in these discussions is on establishing a robust framework of safeguards and oversight. This is essential to ensure that the nuclear material and technology used in the submarines are not diverted for non-peaceful purposes.

- Legislative and Regulatory Frameworks: The negotiations are being conducted in the context of the partners' respective international legal obligations and commitments, emphasizing the legal and regulatory aspects of nuclear technology transfer and usage. Discussions are underway to secure legislative support across all three countries to ensure the success of AUKUS. This includes the introduction of legislation to the Australian Parliament for establishing a framework for nuclear safety, including an independent nuclear safety regulator.

- Technological Aspects: The AUKUS submarines will incorporate U.S. propulsion technology, with reactors provided by Rolls Royce Submarine LTD. for both UK and Australian SSN-AUKUS submarines. The partners are also developing a joint combat system for these submarines.

- Broader Scope of AUKUS Agreement: Beyond the submarine program, the AUKUS agreement also encompasses advancements in other technological areas, including cyber capabilities, artificial intelligence, quantum technologies, and additional undersea capabilities. These aspects aim to enhance joint capabilities and interoperability among the AUKUS nations.

The negotiations between the AUKUS partners and the IAEA are a critical aspect of the submarine program, with a strong emphasis on

adhering to international nuclear non-proliferation norms and establishing a transparent and effective safeguards system. The outcome of these negotiations will have significant implications for the non-proliferation regime and the future operation of the AUKUS submarine program.

Brazil

The application of safeguards to Brazil's indigenous nuclear submarine program involves a complex interplay of international non-proliferation norms, national security interests, and technological innovation. This topic can be dissected into several key areas: the context of Brazil's nuclear program, the nature of international safeguards, and the specific challenges and considerations in applying these safeguards to a nuclear submarine program.

Brazil's pursuit of an indigenous nuclear submarine program is part of its broader nuclear technology development, which includes peaceful energy generation and national defense. As a signatory to the NPT and a member of the IAEA, Brazil has committed to using nuclear technology for peaceful purposes and to preventing the spread of nuclear weapons. It is a unique case of a country proscribing non-peaceful nuclear applications through its Federal Constitution.

Applying safeguards to Brazil's nuclear submarine program presents therefore unique challenges:

- National Security Concerns: Submarines often embody sensitive military technology. Brazil, like other countries with similar programs, may be reluctant to provide full access to its submarines due to security concerns.

- Dual-Use Technology: Nuclear technology for submarines can be dual-use, meaning it has both civilian and military applications. Safeguarding such technology requires balancing non-proliferation objectives with the legitimate defense interests of the state.

- Technical Challenges: Monitoring and verification in a submarine context pose technical challenges, as the operational use of submarines involves mobility and periods of inaccessibility.

- Legal and Diplomatic Negotiations: Establishing a framework for safeguards on a military vessel involves intricate legal and diplomatic negotiations between Brazil, the IAEA, and potentially other international actors. This includes defining the extent of access for inspectors and the nature of oversight mechanisms.

The application of safeguards to Brazil's indigenous nuclear submarine program represents a nuanced area of international relations and nuclear technology. It necessitates a delicate balance between adhering to international non-proliferation norms and respecting national security and sovereignty. The success of these efforts depends on transparent, cooperative approaches that recognize the complexities of nuclear technology and the diverse interests of the global community in maintaining peace and security.

The status of the application of safeguards to Brazil's indigenous nuclear submarine program is a multilayered and evolving issue, marked by Brazil's long-standing nuclear policies and recent developments in its negotiation with international bodies.

Brazil has been a key player in nuclear technology, developing capabilities that encompass the entire nuclear fuel cycle, including uranium mining, conversion, enrichment, and nuclear energy production. The country's nuclear program has both civilian and military components, with the Brazilian Navy responsible for uranium enrichment technologies. Brazil's pursuit of a nuclear-powered submarine dates back to 1979 and has been part of its broader goal to modernize its economy and increase its international influence. The Brazilian Navy has been working with the French company Naval Group to acquire technology for building conventional-powered submarines and non-nuclear systems design of nuclear-powered ones.

In terms of international commitments, Brazil is a signatory to several treaties and agreements emphasizing the peaceful use of nuclear energy, including the Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons in Latin America and the Caribbean (Treaty of Tlatelolco) and the Nuclear Non-Proliferation Treaty (NPT). The Quadripartite Agreement between Brazil, Argentina, the IAEA and ABACC (Argentine Brazilian Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials) outlines the application of comprehensive safeguards to nuclear materials and installations in both countries.

Brazil's approach to its nuclear submarine program involves using low-enriched uranium (LEU), which is not suitable for weapons development. However, due to Brazil's indigenous military nuclear fuel cycle, including enrichment facilities, there are concerns about proliferation risks. The Brazilian government has initiated consultations with the IAEA to apply special procedures to ensure non-diversion of

nuclear materials used for naval propulsion. This consultation process is significant as it may lead to the conclusion of complementary technical arrangements with the IAEA, which would mark a major development in international nuclear safeguards.

The negotiations between Brazil and the IAEA could have significant implications for the ABACC safeguards regime and for international non-proliferation efforts more broadly. The outcome of these talks could influence the global nuclear order, potentially leading to innovative safeguards agreements that balance the peaceful use of nuclear technology with non-proliferation concerns.

The application of safeguards to Brazil's nuclear submarine program is in a phase of active negotiation and development. The country's history of nuclear technology development, combined with its strategic goals and international obligations, makes this an intricate issue at the intersection of national security, technological innovation, and global non-proliferation efforts.

As of the latest information available, the status of the negotiations between Brazil and the IAEA regarding the safeguards application to Brazil's nuclear submarine program is marked by ongoing discussions and complexities inherent in the unique nature of Brazil's program.

Brazil's initiative to develop a nuclear-powered submarine, which is part of its broader strategic military objectives, has necessitated negotiations with the IAEA to ensure that the program aligns with international non-proliferation standards. The main aspects of these negotiations include:

- **Special Procedures for Safeguards:** Brazil has initiated consultations with the IAEA for the application of special procedures to ensure the non-diversion of nuclear materials intended for naval propulsion. This step is critical as it involves establishing a framework that aligns with Brazil's obligations under international treaties like the Nuclear Non-Proliferation Treaty (NPT) and regional agreements. These special procedures would provide the IAEA with more comprehensive inspection authority, enhancing transparency and confidence in Brazil's nuclear program.

- **Concerns Over Indigenous Nuclear Fuel Cycle:** Brazil's possession of an indigenous military nuclear fuel cycle, including uranium conversion and enrichment facilities, adds complexity to the negotiations. The country plans to use low-enriched uranium (LEU) in its submarines,

which is not typically suitable for weapons development. However, the existence of these facilities raises proliferation concerns, necessitating stringent safeguards.

- Role of ABACC: The Argentine Brazilian Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials (ABACC) also plays a role in the safeguarding process due to the Quadripartite Agreement between Brazil, Argentina, the IAEA, and ABACC. The outcome of Brazil's negotiations with the IAEA could influence the ABACC safeguards regime.

- Global Implications: The negotiations and their outcomes are being closely watched as they have broader implications for the global nuclear order. They could lead to the development of innovative safeguards agreements that address the challenges of non-proliferation in the context of military use of nuclear technology for peaceful purposes.

- Unique Nature of Brazil's Program: Unlike other countries, such as Australia under the AUKUS agreement, Brazil is pursuing an entirely indigenous path for its nuclear submarine program, which includes the development of both civilian and military nuclear fuel cycles. This unique aspect adds another layer of complexity to the negotiations.

These negotiations represent a significant moment in international nuclear relations, highlighting the balance between national security, technological advancement, and adherence to global non-proliferation standards. The outcome of these discussions will likely set precedents for future agreements and policies related to nuclear-powered submarines in non-nuclear-armed states.

CONCLUSION

This article has undertaken a thorough and critical exploration of the application of safeguards to nuclear submarine fuel, highlighting the intricate landscape of challenges and opportunities associated with ensuring the security and proliferation resistance of this vital component of naval power.

The unique characteristics of nuclear submarine fuel, including its composition, isotopic content, and operational lifecycle, pose distinct security challenges. These challenges demand innovative solutions, such as advanced surveillance systems, tamper-evident seals, and remote monitoring, to effectively protect these materials from unauthorized access, theft, or diversion. Additionally, the article has emphasized the

importance of a robust human capital component in maintaining the integrity of safeguards, underlining the significance of a well-trained and security-conscious workforce.

Furthermore, our exploration has underscored the broader implications of safeguarding nuclear submarine fuel, including its vital role in upholding non-proliferation objectives, preventing the misuse of nuclear materials, and ensuring environmental responsibility. The commitment to secure management practices, transparent reporting, and compliance with international treaties and agreements is instrumental in fostering a global culture of nuclear security and non-proliferation.

As we navigate an evolving security landscape, characterized by emerging threats and continuous technological advancements, it is clear that safeguarding nuclear submarine fuel is not merely a technical endeavor but a matter of global significance. The responsible use of nuclear energy in naval operations requires a comprehensive approach that integrates state-of-the-art technologies, proactive measures, and international collaboration.

In the pursuit of global security and stability, safeguarding nuclear submarine fuel remains an imperative shared by nations with naval capabilities. By addressing the challenges, embracing opportunities, and upholding the principles of security, non-proliferation, and environmental responsibility, we reinforce our commitment to the responsible and secure use of nuclear energy, contributing to a safer and more secure world for all.

APLICAÇÃO DE SALVAGUARDAS AO COMBUSTÍVEL DE SUBMARINOS NUCLEARES GARANTINDO PROTEÇÃO FÍSICA E RESISTÊNCIA À PROLIFERAÇÃO

RESUMO

A utilização da energia nuclear há muito desempenha um papel fundamental no avanço das capacidades das frotas navais em todo o mundo, particularmente no domínio dos submarinos movidos a energia nuclear. No entanto, a gestão e a salvaguarda do combustível nuclear submarino surgiram como preocupações críticas no contexto da segurança global, dos esforços de não proliferação e da responsabilidade ambiental. Este artigo investiga o intrincado cenário da salvaguarda do combustível submarino nuclear, abordando os desafios multifacetados e propondo soluções inovadoras para aumentar a segurança e a resistência à proliferação.

Palavras-chave: Segurança; Proteção Física, Submarino; Nuclear; Combustível.

REFERENCES

BUNN, M; HOLDREN J. P. Managing military uranium and plutonium in the United States and the former Soviet Union. *Science*, Washington, DC, v. 284, n. 5419, 1999, p. 1491-1492.

CARLSON, J. IAEA Safeguards, the Naval “loophole” and the AUKUS proposal. Vienna Center for disarmament and non-proliferation, 2021. Disponível em: <https://vcndnp.org/iaea-safeguards-the-naval-loophole-and-the-aukus-proposal/>. Acesso em: out. 2023.

Reducing risks from naval nuclear fuel. James Martin Center for Nonproliferation Studies, 2021. [CNS Middlebury Institute of International Studies at Monterey]. Disponível em: <https://nonproliferation.org/reducing-risks-from-naval-nuclear-fuel/>. Acesso em: out. 2023.

DOYLE, J. E.; MATTHEWS, J. S. T. Safeguarding nuclear materials. *Scientific American*, Estados Unidos, v. 291, n. 5, 2004, p. 76-83.

Naval nuclear propulsion and IAEA safeguards: a view from the PrepCom. European Leadership Network, 2023. Disponível em: <https://www.europeanleadershipnetwork.org>. Acesso em: out. 2023.

FISHER, J. M.; FERGUSON C. D. The four faces of nuclear terrorism. Reino Unido: Routledge, 2005.

HIRSCH, A.; LISSNER H. R. The security implications of naval nuclear propulsion. *International security*, Massachusetts, v. 13, n. 2, 1988, p. 116-154.

IAEA Safeguards to prevent nuclear proliferation. IAEA International Atomic Energy Agency, 2019.

Nuclear safeguards explained. IAEA International Atomic Energy Agency. Disponível em: <https://www.iaea.org/topics/safeguards-explained>, 2023. Acesso em: out. 2023.

Global Fissile Material Report 2021: nuclear weapon and fissile material stockpiles and production. IPFM International Panel on Fissile Materials, 2022.

Management and disposition of naval reactor plants. [U.S. Government Printing Office]. JCAE Joint Committee on Atomic Energy, 1992.

KERR, K. Nuclear weapons: the reliable replacement warhead program. Congressional Research Service, 2007.

KUPERMAN, A.; HIPPEL, F. US study of reactor and fuel types to enable naval reactors to shift from HEU fuel. IPFM Blog, 2021. Disponível em: https://fissilematerials.org/blog/2020/04/us_study_of_reactor_and_f.html. Acesso em: out. 2023.

NUNN, S, and LUGAR, R. Nunn-Lugar Cooperative threat reduction program: a historical overview. Arms control today, Washington, DC, v. 42, n. 1, 2012, p. 6-11.

MIAN, Zia. et al. Securing the bomb 2007: securing all nuclear materials in four years. Project on managing the atom. Belfer Center for Science and International Affairs, 2007.

PHILIPPE , S. Bringing law to the sea: safeguarding the naval nuclear fuel cycle, Bulletin of the Atomic Scientists, 2014. Disponível em: <https://thebulletin.org/2014/09/bringing-law-to-the-sea-safeguarding-the-naval-nuclear-fuel-cycle/>. Acesso em: out. 2023.

*** Recebido em 29 de janeiro de 2024, e aprovado para publicação em 20 de maio de 2024.**

Safeguards and nuclear-powered submarines: a model for special procedures on the nuclear fuel cycle

Marcos Valle Machado da Silva¹

ABSTRACT:

This article focuses on the safeguards provided by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and how to apply them to nuclear fuel used by nuclear-powered submarines (SSN) developed by a Non-Nuclear-Weapon State (NNWS). Brazil is developing its own SSN, and Australia – supported by the AUKUS partnership – will also operate an SSN around 2030. Countries such as the Republic of Korea, Iran, and Canada have already shown current or past interest in SSN. In this context, it is worth thinking about models to conciliate the safeguards provided by the IAEA and the development and operation of an SSN by an NNWS. The article presents a model in three steps. Firstly, it focuses on the normative framework of the IAEA on this issue. Secondly, it addresses the methodology and structure of the model. The last section presents the model building for each phase of the nuclear fuel cycle. The research outcome was the development of a model, structured following the nuclear fuel cycle, that combines four variables – NNWS interests, proliferation risks, safeguards, and possible key points of application of safeguards. This methodological approach makes the model unique and points out a future pathway of negotiation between the IAEA and an NNWS with an SSN program.

Keywords: Non-Proliferation. Nuclear-Powered Submarines. Nuclear Safeguards.

1 Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM) da Escola de Guerra Naval (EGN), Rio de Janeiro - RJ, Brasil. Email: valle@marinha.mil.br / mbvalle2002@yahoo.com.br
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0367-8899>

INTRODUCTION

This article² focuses on the safeguards provided by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and how to apply them to nuclear fuel used by nuclear-powered submarines (SSN) developed by a Non-Nuclear-Weapon State (NNWS).

The issue of nuclear material as fuel for the propulsion of submarines, ships and other military platforms is not subject to a ban or prohibition under the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) or any other treaty that conforms to the Nuclear Weapons Non-Proliferation Regime (NWNPR). This regime is understood in this article as the integrated network of unilateral, bilateral, regional, and multilateral treaties, as well as rules, norms and procedures that collectively provide a broad framework for the behavior of States and other international players on the issue of nuclear weapons.

In that context, it is relevant to recall that all NNWS parties of the NPT have an express commitment not to use nuclear energy for the development of nuclear weapons or explosives. This commitment is verified through the Comprehensive Safeguards Agreements (CSA) signed by NNWS and the International Atomic Energy Agency³ (IAEA).

However, the issue of using nuclear energy for submarine propulsion by NNWS has some unique boundary conditions. The first of those is inherent to the intrinsic characteristics of a weapons system, such as a nuclear-powered submarine⁴ (SSN). These characteristics were

2 This work was supported by the Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES), Project PROCAD-DEF n.º 0051/2020 / 88881.387805/2019-01. The views and conclusions of this paper are those of the author only and should not be interpreted as representing sponsor or the Brazilian Navy policies or endorsements (Author note).

3 This commitment to sign a safeguards agreement with the IAEA is established in Article III of the NPT: “Each non-nuclear-weapon State Party to the Treaty undertakes to accept safeguards, as set forth in agreement to be negotiated and concluded with the International Atomic Energy Agency in accordance with the Statute of the International Atomic Energy Agency and the Agency’s safeguards system, for the exclusive purpose of verifying the fulfillment of its obligations assumed under this Treaty with a view to preventing diversion of nuclear energy from peaceful uses to nuclear weapons or other nuclear explosive devices. [...]” (see UNODA, NPT, Text of the Treaty).

4 This article will use the acronym SSN for future conventionally armed nuclear-powered submarines developed or operated by an NNWS (Author note).

summarized by Geoffrey Till (2018, p. 159), and are precisely: “flexibility, mobility, stealth, endurance, reach, autonomy and punch.” Its development, construction and operation involve high technological capacity and huge investment. Thus, until this second decade of the 21st century, an SSN is a force multiplier built and operated only by the Nuclear-Weapon States⁵ (NWS) recognized in the NPT, plus India, which is a Nuclear-Armed State, but not a signatory of the NPT.

At the beginning of 2024, two countries – Australia and Brazil – have SSN development or acquisition programs. The two programs differ significantly in terms of the indigenous nature and the degree of nuclear fuel enrichment. In the case of Brazil, the program is indigenous and will use Low Enriched Uranium (LEU) as nuclear fuel. On the other side, Australia – within the framework of the Australia, United Kingdom, and United States of America (AUKUS) strategic partnership – will initially receive Virginia-Class SSN, which will be transferred from the US Navy, and will later develop the so-called SSN-AUKUS with British and American support. Both use Highly Enriched Uranium (HEU) and introduce a new variable, thus raising questions about violations of Articles I and II of the NPT by the USA and the UK, as NWS, and Australia, as an NNWS.

The debate arising from the different characteristics of the Brazilian and Australian programs is not the objective of this article. However, in both cases, the application of safeguards will involve reaching a delicate balance when preserving the operational characteristics and technology of these weapons systems vis-à-vis the commitments made to the IAEA and the NWNPR, so as to ensure that there will be no diversion of fissile material for proscribed activities.

In addition to those two countries, others may seek to develop or operate an SSN in a medium-term time-frame. In the past, Canada (ROCKWOOD, 2017) has already expressed this interest, and, in the last ten years, the Republic of Korea has also expressed its desire to operate this type of weapons system (see REUTERS, 2021).

The point to be highlighted is that there is a challenge for any NNWS that seeks to develop and/or operate an SSN: technological innovation in line with the commitments assumed within the NWNPR,

5 According to Article IX, item 3 of the NPT, “a nuclear- weapon State is one which has manufactured and exploded a nuclear weapon or other nuclear explosive device prior to 1 January 1967” (see UNODA. NPT, Text of the Treaty). Thus, for all the Parties to the NPT, there are just five NWS: USA, Russia, UK, France, and China (Author note).

especially in the context of the cornerstone of this regime, that is, the NPT.

Therefore, it is worth thinking about models of Arrangements to conciliate the safeguards provided by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the development and future operation of nuclear-powered submarines by the NNWS.

However, regardless of the Arrangement model, some critical and essential issues related to safeguards must be negotiated between an NNWS and the IAEA. Among these issues, the critical point to be negotiated is related to the potential points of withdrawal – or application – of special procedures and reapplication of safeguards in the nuclear fuel of an SSN developed or operated by an NNWS.

In that sense, there is a fundamental framework for thinking about the application of safeguards in the nuclear material used for the propulsion of an SSN or any naval asset: the many similarities between the fuel cycles for submarine propulsion reactors and for use in non-military reactors such as the nuclear power plants for electricity generation or the research reactor (GUIMARAES, 2023). Therefore, concerning the application of safeguards for the nuclear fuel in the SSN of NNWS, it is necessary to think – as in the case of power reactors and research reactors – about applying safeguards throughout the fuel cycles.

Within this framework, the central point is to find ways to guarantee the application of the IAEA safeguards without compromising the sensitive and secret technologies developed by the NNWS and the operational characteristics of a weapons system such as an SSN. It is undoubtedly not something trivial. However, it is far from being understood as impossible. Overreacting to the issue by claiming that nuclear fuel cannot be safeguarded or vowing that it will imply a gap in the NWNPR does not help handle something that will be a reality, sooner or later. The helpful contribution is to find a model for something that is yet to happen, before it happens. In other words, one shall think about a model for safeguarding the nuclear fuel of an SSN which will be developed and operated by an NNWS.

In that context, it is worth questioning: What would be the critical points – of the nuclear fuel cycle – in which to apply the safeguards to ensure the development and future operation of a nuclear-powered submarine of an NNWS and also ensure that this type of program is exactly that and nothing more?

In line with the research question, the objective of the proposed

research is to present a model with potential points of withdrawal or application of special procedures and reapplication of safeguards on the nuclear fuel cycle used in the reactor of the nuclear-powered submarines developed or operated by an NNWS, in line with what is provided in their Comprehensive Safeguards Agreements signed with the IAEA.⁶

This article presents the proposed model in three main steps. Firstly, it focuses on the normative framework of the IAEA on this issue and the policy relevance of the model. Secondly, it addresses the methodology and structure of the model. The last section presents the model build for each phase of the nuclear fuel cycle of an SSN of an NNWS.

THE NORMATIVE FRAMEWORK

Brazil and Australia are the current NNWS with SSN programs underway. Despite the differences between the two programs, this research focuses on the CSA of these two countries as a normative framework for the envisioned model.

The Australian CSA is presented in the INFCIRC/217, and its article N°14 has the same content as Paragraph 14 of INFCIRC/153, which is the IAEA's framework for CSA with NPT's State Parties. Box 1 compares the texts of INFCIRC/217 and INFCIRC/153 regarding the non-application of safeguards to nuclear material to be used in non-peaceful activities.

6 These CSA follow the framework provided for the INFCIRC/153/Corr – The Structure And Content Of Agreements Between The Agency And States Required In Connection With The Treaty On The Non-Proliferation of Nuclear Weapons (see IAEA, INFCIRC/153).

Box 1 – Comparison between Article 14 of INFCIRC/217 and Paragraph 14 of INFCIRC/153

INFCIRC/217	INFCIRC/153
Article 14	Paragraph 14
<p>14. If Australia intends to exercise its discretion <u>to use nuclear material</u> which is required to be safeguarded under this Agreement <u>in a nuclear activity which does not require the application of safeguards</u> under this Agreement, the following procedures shall apply:</p> <p>(a) <u>Australia shall inform the Agency</u> of the activity, making it clear: [...].</p> <p>(b) Australia and the Agency shall make an Arrangement so that, <u>only while the nuclear material is in such an activity, the safeguards provided for in this Agreement will not be applied</u>. The Arrangement shall identify, to the extent possible, <u>the period or circumstances during which safeguards will not be applied</u>. [...] <u>The Agency shall be kept informed of the total quantity and composition of such unsafeguarded nuclear material</u> in Australia and of any export of such nuclear material; and [...].</p> <p>(c) <u>Each arrangement</u> shall be made in agreement with the Agency. Such agreement [...] <u>shall not involve any approval or classified knowledge of the military activity or relate to the use of the nuclear material therein</u>.</p>	<p>14. [...] if the State intends to exercise its discretion <u>to use nuclear material</u> which is required to be safeguarded thereunder <u>in a nuclear activity which does not require the application of safeguards</u> under the Agreement, the following procedures will apply:</p> <p>(a) <u>The State shall inform the Agency</u> of the activity, making it clear: [...].</p> <p>(b) The Agency and the State shall make an Arrangement so that, <u>only while the nuclear material is in such an activity, the safeguards provided for in the Agreement will not be applied</u>. The Arrangement shall identify, to the extent possible, <u>the period or circumstances during which safeguards will not be applied</u>. [...] <u>The Agency shall be kept informed of the total quantity and composition of such unsafeguarded nuclear material</u> in the State and of any exports of such material; and [...].</p> <p>(c) <u>Each arrangement</u> shall be made in agreement with the Agency. The Agency's agreement [...] <u>shall not involve any approval or classified knowledge of the military activity or relate to the use of the nuclear material therein</u>.</p>

Source: Prepared and highlighted by the author based on the contents of INFCIRC/217 and INFCIRC/153 (see IAEA, INFCIRC/217; IAEA, INFCIRC/153 and SILVA, 2023, p. 7).

Considering the content of Article 14 of INFCIRC/217, if Australia intends to exercise its right to develop or operate an SSN, it should be done according to what is provided for in its CSA. Thus, a negotiation with the IAEA should involve “the period or circumstances during which safeguards will not be applied” and the information “of the total quantity and composition of such unsafeguarded nuclear material in the State and of any export of such material”. It is worth noting that the definition of such a thing as “the period or circumstances during which safeguards will not be applied” will imply negotiations for achieving an Arrangement with the IAEA.

The point to be highlighted is that, even with the support of the USA and the UK through the AUKUS strategic partnership, Australia must negotiate an Arrangement with the IAEA as provided for in its CSA.

Regarding the Brazilian CSA and its provisions on nuclear-powered submarines, one can observe that there are some singularities

on the issue of safeguards. The Brazilian CSA with the IAEA - the INFCIRC/435 - was established by the Quadripartite Agreement⁷ and followed the guidance provided for INFCIRC/153. However, there are some remarkable differences between the two documents. Paragraph 14 of the INFCIRC/153 is addressed in Article 13 of the Brazilian CSA, and both provisions are compared side by side in Box 2.

Box 2 – Comparison between Article 13 of INFCIRC/435 and Paragraph 14 of INFCIRC/153.

INFCIRC/435	INFCIRC/153
<p>13. If a State Party intends to exercise its discretion to use nuclear material which is required to be safeguarded under this Agreement for nuclear propulsion or operation of any vehicle, including submarines and prototypes, or in such other <u>non-proscribed</u> nuclear activity as agreed between the State Party and the Agency, the following procedures shall apply:</p> <p>(a) that State Party shall inform the Agency through ABACC, of the activity, and shall make it clear:</p> <p>(i) [...]</p> <p>(ii) [...].</p> <p>(b) the State Party and the Agency shall make an Arrangement so that, these special procedures shall apply only while the nuclear material is used for nuclear propulsion or in the operation of any vehicle, including submarines and prototypes. [...].</p> <p>c) each arrangement shall be concluded between the State Party concerned and the Agency [...], but shall not involve any approval or classified knowledge of such activity or relate to the use of the nuclear material therein.</p>	<p>14. [...] if the State intends to exercise its discretion to use nuclear material which is required to be safeguarded thereunder in a nuclear activity which does not require the application of safeguards under the Agreement, the following procedures will apply:</p> <p>(a) the State shall inform the Agency of the activity, making it clear:</p> <p>(i) [...]</p> <p>(ii) [...].</p> <p>(b) the Agency and the State shall make an Arrangement so that, only while the <i>nuclear material</i> is in such an activity, the safeguards provided for in the Agreement will not be applied.</p> <p>(c) each arrangement shall be made in agreement with the Agency. The Agency's agreement [...] shall not involve any approval or classified knowledge of the military activity or relate to the use of the nuclear material therein.</p>

Source: Prepared and highlighted by the author based on the contents of INFCIRC/217 and INFCIRC/153 (see IAEA, INFCIRC/435; IAEA, INFCIRC/153 and SILVA, 2023, p. 12).

Considering the comparison presented in Box 2, some singularities are presented in the Brazilian CSA regarding the use of nuclear propulsion for submarines. The first one is that the Brazilian discretion to use nuclear material for the propulsion of submarines is assured. The second one is that the Brazilian CSA does not establish that nuclear material would be withdrawn from the safeguards system. Instead, the CSA provides that an

⁷ The Quadripartite Agreement is the Agreement of 13 December 1991 Between The Republic of Argentina, The Federative Republic of Brazil, The Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials and The International Atomic Energy Agency for The Application of Safeguards (see IAEA, INFCIRC/435).

arrangement to apply special procedures to the nuclear material used for propulsion shall be negotiated with the IAEA.

Such as the Australian CSA, the Brazilian CSA provides that there is no deadline for the negotiation of such an arrangement to be concluded with the IAEA, and the arrangement to be negotiated does not involve any approval by the IAEA of classified or sensitive knowledge related to the nuclear material used for propulsion of the submarine.

The point to be noted is that, as in the Australian case, there is no possibility, under its CSA in force, that Brazil unilaterally declares that the nuclear fuel of its future SSN will be excluded from the safeguards system. Likewise, as all NNWS with a CSA based on INFCIRC/153, Brazil shall negotiate, with the IAEA, an arrangement to apply Special Procedures to the nuclear material of this kind of propulsion.

In summary, the normative framework provided by the CSA in force in Australia and Brazil, as well as in force in all the NNWS with a CSA in force, demands a negotiation between each of these countries and the IAEA.

The Policy Relevance of the Model

As previously stated, this article aims to present a draft for a model with potential points of withdrawal or application of special procedures and reapplication of safeguards on the nuclear fuel cycle used in the reactor in nuclear-powered submarines developed or operated by an NNWS, in line with what is provided in their CSA signed with the IAEA.

This model is essential because it will lead to a greater or lesser degree of intrusion of IAEA inspections and verifications and, consequently, to the eventual observation of the profile and operational characteristics of the nuclear-powered submarine.

here are a few open studies which address this issue. One was developed by Thomas E. Shea and is quoted as a sample of academic research and proposal on the issue.

Shea presents a proposal with nine recommendations to assure complete transparency for an SSN program of an NNWS. The recommendations comprise confidence-building measures to show what a nuclear-power submarine program is, and the NNWS is interested in avoiding any suspicion. However, the proposal and recommendations – regardless of their good intentions – will not be accepted by most NNWS once they provide many inspections on board the SSN.

The principal confidence-building measure is to carry out inspector visits to each nuclear-powered vessel shortly after its reactor is started initially, and following each refueling, to confirm that the vessel is, in fact, nuclear-powered. Additional inspector visits would be scheduled when a reactor core is one-third through its life cycle and again at two-thirds. [...] Depending on how a ship is configured, once the IAEA has confirmed that the nuclear reactor is functioning, it may be possible to apply IAEA seals to hatches that would have to be opened to allow access to the reactor. The IAEA and the state would come to an agreement on how the needs of transparency could be met (SHEA, 2017, p. 14).

This issue of access on board is so sensitive that Thomas Shea himself points out:

It is reasonable to anticipate that every state would protect its military secrets, including access aboard its warships and information on its naval reactors including their geometry, dimensions, control mechanisms, and propulsion mechanics. While respecting these wishes, the IAEA and the state will need to agree on the verification procedures, including the possible use of managed access as provided in the Additional Protocol (SHEA 2017, p. 12).

The point to be highlighted is that the model proposed by Shea – and mentioned in this article as a sample of academic research and proposal on the issue – will probably be refused by an NNWS developing or operating a nuclear-powered submarine. This refusal will happen because it provides access aboard the submarine, something unrealistic when discussing a weapon system such as an SSN.

Another well-known model for applying safeguards to a naval (military) nuclear fuel cycle was presented by Sebastien Philippe (2014).

The model proposed by Philippe, like the approach adopted in this research, is structured in the nuclear fuel cycle. However, as in Tomas Shea's model, the model proposed by Philippe implies inspections carried out on board the SSN, mainly to check mechanical seals placed on top of the hatch.

We start with the defueling operation. The reactor hatch is presented to the inspectors before being opened. Mechanical seals may have been placed on top of the hatch but under the submarine deck to ensure that the hatch is not opened in the absence of an IAEA inspector. Once the inspectors attest that the seals were not broken, the reactor hatch can be opened. The inspector leaves the facility, and the state can start the operation of opening the reactor pressure vessel. [...] The fueling operation works on the same concept but in reverse. At the end of the fueling operation, inspectors affix seals on the reactor hatch (Philippe 2014, pp. 48-49).

The point to be noted is that the start of the safeguard exemption or the application of the special procedures can occur at several points, such as when the fuel elements are mounted on the land facility or when the fuel elements are loaded into the submarine's reactor. The same occurs for the restart points of the application of safeguards, which can happen, for instance, when the fuel elements are removed from the reactor or when they are stored on a fuel disposal site.

These points are essential because they are the key to conciliating the development and operation of the nuclear-powered submarine of an NNWS with the necessary safeguards of the IAEA. This definition will not be simple or trivial.

In this context, Australia, Brazil or any other NNWS developing or operating a nuclear-powered submarine must negotiate in detail with the IAEA. Once again, the point to be noted is the necessity of agreeing on the potential points of the exemption – or application of special procedures – and reapplication of safeguards to the nuclear material to be used in the nuclear-powered submarine of any NNWS. It is a fundamental necessity,

and there is no more time to ignore how the safeguards provided for CSA based on INFCIRC/153 should be applied in nuclear-powered submarines operated by an NNWS.

METHODOLOGY AND STRUCTURE OF THE MODEL

The model's proposed draft will address four variables: NNWS Interests, Proliferation Risks, Safeguards (Types), and Possible Points to Apply the Safeguards. An overview of the scope of each of these variables is presented below:

NNWS Interests – the model must necessarily consider sensitive and classified technology inherent to the development and operation of an SSN. Some examples of issues at the core of this variable are

- Information on fuel design, composition, and manufacturing of the nuclear fuel;
- Information on the SSN reactor's design, dimensions, geometry, and control mechanisms;
- Information regarding the SSN's shipyard / naval base.

Proliferation Risks – all variables must be integrated within a perspective of minimizing or eliminating proliferation risks.

Five main issues are at the core of this variable:

- Diversion of enriched uranium in bulk form (UO₂) from the powder production facility;
- Diversion of UO₂ in the fuel rod/plate fabrication facility;
- Diversion of fuel elements from a fresh fuel container;
- Diversion of fuel elements during fueling / refueling;
- Diversion of fuel elements off the cooling pool / fuel disposal site.

Safeguards (Types) – the model shall present the points at which the established safeguards – as provided in the CSA in force – will be applied, as well as the points at which special procedures will be employed, or even the points at which the withdrawal of safeguards may occur.

Three main issues are at the core of this variable:

- "Normal" Safeguards (as established in the CSA in force);
- Special Procedures;
- Withdrawal of Safeguards.

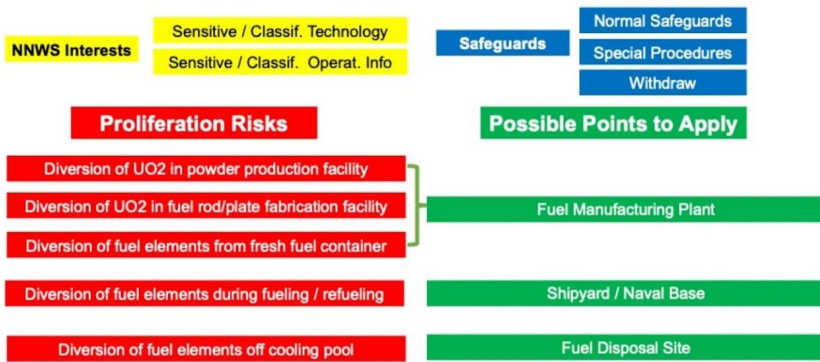
Possible Points of Application – the model shall have as a product the potential points of application for the types of safeguards mentioned – preserving sensitive or classified technologies and ensuring that there will be no diversion of nuclear material for illicit activities.

Four main potential points are at the core of this variable:

- The Fuel Manufacturing Plant;
- The Shipyard / Naval Base;
- The SSN;
- The Fuel Disposal Site.

In summary, this kind of model is not trivial and cannot be conceived with any chance of success if these four variables are not articulated. Figure 1 presents an outline of the four variables addressed.

Figure 1 – Safeguards on Nuclear Fuel – Variables to be integrated: NNWS Interests – Proliferation Risks – Safeguards – Possible Points to Apply.



Source: Prepared by the author.

It is worthy to note that some delimitations were established for the proposed model:

- The reasons leading an NNWS to develop, acquire, and operate an SSN will not be discussed. Instead, the current focus is on the safeguard provisions of the framework of the Comprehensive Safeguards Agreements (CSA) of every NNWS Party to the NPT;
- The existence of a gap or loophole⁸ in the Nuclear Weapons Non-

8 As for the issue of the existence (or not) of this loophole or gap, it is suggested to read the following articles: The Naval Nuclear Reactor Threat to the NPT (Kelleher-Vergantini

Proliferation Regime resulting from using nuclear material for submarine propulsion by an NNWS will not be discussed. As a premise, it was assumed that the provisions of Article 14 of the CSA model (INFCIRC/153) provide the necessary framework for special procedures or subsidiary arrangements that the NNWS will have to negotiate with the IAEA;

- The objective of the safeguards negotiated in the Special Procedures Arrangement must be understood strictly in line with the provisions of Paragraph 28 of INFCIRC/153:

OBJECTIVE OF SAFEGUARDS

28. The Agreement should provide that the objective of safeguards is the timely detection of diversion of significant quantities of nuclear material from peaceful nuclear activities to the manufacture of nuclear weapons or of other nuclear explosive devices or for purposes unknown, and deterrence of such diversion by the risk of early detection (see IAEA, INFCIRC/153).

- Negotiations relating to “onshore” prototypes of reactors used for SSN propulsion are not the subject of this research. It is understood that the “IAEA standard approaches for land-based reactors” will be applied to these reactors in line with the accounting and control prescriptions provided in the CSA in force;

- It was assumed that the nuclear fuel used in the SSN reactor is low-enriched uranium (LEU) (degree of enrichment below 20%);

- The possibility of reprocessing nuclear fuel used in SSN reactors was not considered.

Structure of the Model – The Nuclear Fuel Cycle

Before pointing out the structure of the envisioned model, it

& Thielmann 2013); The Canary in the Nuclear Submarine: Assessing the Nonproliferation Risk of the Naval Nuclear Propulsion Loophole (Kaplou 2015); The Nonproliferation and Disarmament Challenges of Naval Nuclear Propulsion (Shea 2017); Sea Power, Naval Power, Safeguards, and the Brazilian Conventional Nuclear-Powered Submarine (Silva 2023); and IAEA Safeguards, the Naval “Loophole” and the AUKUS Proposal (Carlson 2021).

is worth recalling some past experiences of other countries on reactors for nuclear submarine propulsion. Considering the experience of other countries, such as the United Kingdom, that have been building and operating SSNs for decades, one can observe that experimental reactors have been developed to resolve major uncertainties relating to criticality, control reactivity, and other issues. The first of these reactors in the Royal Navy was the Neptune zero-energy experimental reactor.

Neptune was devised to operate at one or two watts of power and rarely exceeded ten watts, hence the handling difficulties encountered with “hot” fuel elements was not a problem. The design of Neptune allowed for fuel elements and control rods to be quickly assembled in a variety of simple configurations to enable calculations to be made and compared with other layouts. Evidence from these calculations would determine the critical size of the reactor and allow for the most favourable arrangement of the fuel elements and control rods (JONES, 2022, p. 119).

Only after this was a shore-based prototype reactor built at the Dounreay complex – HMS Vulcan, Naval Reactor Test Establishment – aiming to resolve any problems encountered with the reactor design and evaluate problems relating to maintenance and assessment of safety and operational problems prior to fitting the reactor into the submarine (JONES, 2022).

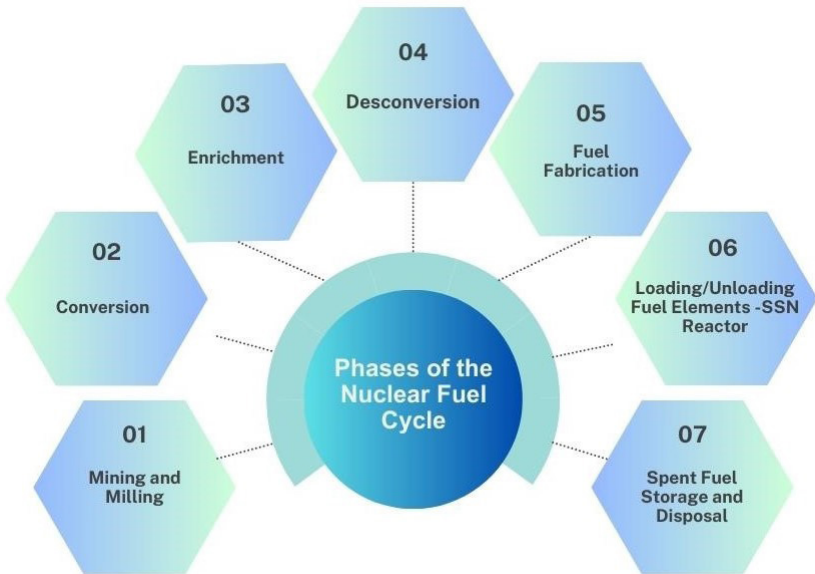
This procedure was applied to the development of the PWR1 reactor that equipped the UK’s 22 nuclear-powered submarines after HMS Dreadnought. Likewise, the reactors of the PWR2 series of the Astute-class SSNs and the Vanguard-class SSBNs were developed with this same logic (GATES, 2018)

In summary, only some countries have the technology and resources to produce a weapon system such as an SSN, mainly due to the challenges of designing and building a reactor with these requirements. Thus, the technology to do this is very secretive and sensitive, and no country publishes details of its submarine reactor design.

The point to be highlighted is that the secrecy of the technologies involved in a nuclear propulsion project directly impacts the application of safeguards. The nuclear fuel cycle, with the different phases and facilities involved, is a logical way to consider the variables for the proposed model. This is because, for each phase of the cycle, there are specific technologies, risks of proliferation, types of safeguards, and special procedures to be negotiated at equally specific points. Thus, a separation by phases simplifies the problem and allows for a selective but comprehensive approach to each group of variables considered in the model.

The model adopted the following phases regarding the nuclear fuel cycle: mining and milling (to obtain U3O8 from the ore), conversion (from U3O8 to UF6), enrichment, deconversion (from UF6 to UO2), fuel fabrication and assembly of the fuel elements, loading/unloading fuel elements into/out of the SSN reactor, and spent fuel storage and disposal. Figure 2 presents the phases that this research considers for the nuclear fuel cycle.

Figure 2 – Phases of the Nuclear Fuel Cycle.



Source: Prepared by the author.

It is important to note that, although the nuclear fuel cycle is similar, the reactor design for naval nuclear propulsion reactors differs considerably from that of a civilian nuclear power reactor aimed at generating electricity. A submarine's reactor is designed to operate on a mobile platform that must be ready to combat and survive in combat. Thus, the reactor must be small — to be assembled within a submarine hull — and powerful enough to deal with high speeds and operate through wider power ranges. Besides, it must be safe for the crew and reliable in wartime (BANUELOS, GRAY AND MOORE, 2016).

The point to be highlighted is that the model presented here seeks to be flexible enough to preserve the sensitive and secret technologies developed by the NNWS, regardless of prior knowledge of type of nuclear fuel used, arrangement of fuel elements and reactor design. Thus, thinking along the phases of the nuclear fuel cycle is a way to keep the desired flexibility on this issue, and the proposed model, combining the four variables presented, will be applied to each phase of the nuclear fuel cycle of an SSN belonging to an NNWS.

BUILDING THE MODEL

For the development of the envisioned model, it was assumed that the SSN nuclear reactor has the following hypothetical features:

- a) Nuclear fuel: Low-Enriched Uranium (LEU) (degree of enrichment below 20%);
- b) The target power rating is approximately 60 MWe with a rapid load following capability from 0 to 100% power;
- c) The reference fuel system is monolithic UO₂, used in either pellet or plate geometries;
- d) Typical operation is expected to be approximately 5-30% of full power, with excursions to 100%;

Box 3 summarizes the main characteristics of nuclear fuel, as reported by the NNWS:

Box 3 – Summary of nuclear fuel characteristics reported by the NNWS.

UO ₂	
Enrichment	LEU
Fuel Type	UO ₂ as rods or plates
Fuel Form	Priority: monolithic (e.g., alloy). Also considered: dispersion ⁹ (CERMET) or inert matrix ¹⁰ .

Source: Prepared by the author.

Source: Prepared by the author.

The point to be highlighted is that the model allows its use for reactors with different forms and types of nuclear fuel.

In these first four phases of the nuclear fuel cycle – mining and milling, conversion, enrichment, and deconversion –, safeguards will be applied following the accounting and control prescriptions contained in the current CSA of the NNWS. There are two main reasons for this approach:

- The sensitive and confidential technologies developed by the NNWS relating to these phases of the nuclear fuel cycle have already been negotiated between the NNWS and the IAEA when the CSA was signed between these interested parties;
- There is no SSN operational parameter to preserve at this stage of the nuclear fuel cycle.

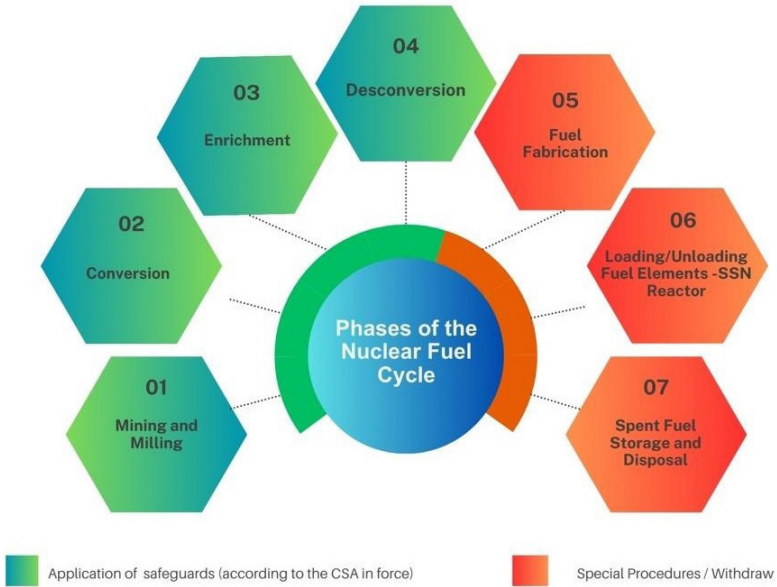
In the other three phases of the nuclear fuel cycle – fuel fabrication, loading/unloading fuel elements into/out of the SSN reactor, and spent fuel storage and disposal – the model prescribes a mix of safeguards as established in the CSA in force, special procedures, and withdraw

9 *Dispersion fuels Ceramic-Metal Composite Material (CERMET) – Compared to a standard oxide fuel rod, a cermet fuel has a higher thermal conductivity, which allows for a reduction by a factor of two of the maximum temperature of the fuel [IAEA 2003]. The use of CERMET fuels reduces the energy stored in the reactor core. It is worth noting that fuel rods with dispersed fuels also have a relatively high operational reliability at variable power regimes. This kind of fuel allows a large accumulation of fission products per fuel volume unit without prohibitive swelling. Dispersion fuels therefore provide for increasing burnup and operational safety in a reactor, and these characteristics allow for a load-following operation. A CERMET example is UO₂ in Mg (MARIANI et al. 2020, p. 22, highlighted by the author).*

10 Inert matrix fuels (IM fuels) provide a matrix that does not chemically react with the fuel material and minimally (or not at all) reacts with fission products. Oftentimes, IM fuel designs seek a more structured array of fuel particles in a matrix. Of the three fuel forms, monolithic and dispersion fuels have a high Technology Readiness Level (TRL) in deployment, while inert matrix less so. (MARIANI et al. 2020, p. 7).

of Safeguards. Figure 3 presents the approach to the nuclear fuel cycle phases.

Figure 3 – The Proposed Safeguards Approach to the Phases of the Nuclear Fuel Cycle.



Source: Prepared by the author.

According to the methodology proposed for the model, in each of the three previously mentioned phases the four variables considered will be applied and integrated: NNWS Interests, Proliferation Risks, Safeguards (Types), and Possible Points to apply the safeguards. Therefore, the next topic of this article presents the application of the proposed method in the phase of Fuel Fabrication and Assembly of the Fuel Elements of the SSN Reactor.

Phase: Fuel Fabrication and Assembly of the Fuel Elements of the SSN Reactor

Regarding the variable “NNWS Interests” on sensitive and classified technology, mainly autochthonous technology, at this phase of the nuclear fuel cycle it was assumed that the NNWS would be focused on the type and form of nuclear fuel and the configuration of the fuel

bundles.¹¹

Concerning the variable “Proliferation Risks”, the main risks are in fuel manufacturing and assembly of fuel element facilities. Box 4 presents the risks of diversion of nuclear material in the fuel manufacturing and assembly of fuel elements phase, considered for elaborating the envisioned model.

Box 4 – Main Risks considered in the Phase of Fuel Fabrication and Assembly of the Fuel Elements of the SSN Reactor.

At the Fuel Fabrication Facility	
Risk	Diversion of enriched uranium in bulk form (UO ₂) from the powder production facility
Risk	Diversion of UO ₂ in fuel rod/plate fabrication facility
Risk	Diversion of fuel elements from fresh fuel container

Source: Prepared by the author.

As for the “Safeguards (Types)” and “Potential Points to Apply” variables, the adoption of Material Balance Areas¹² (MBA) in the facility for fuel manufacturing and assembly of fuel elements, along with the following safeguards for application arrangement, will minimize the probability of occurrence for the three risks mentioned above. The model proposes the adoption of four MBA, discussed below:

11 A grouping of fuel rods, pins, plates, or other fuel components held together by spacer grids and other structural components to form a complete fuel unit which is maintained intact during fuel transfer and irradiation operations in a reactor (see IAEA 2022, p. 41).

12 According the INFCIRC/153, Paragraph 110 “Material Balance Area means an area in or outside of a facility such that: (a) the quantity of nuclear material in each transfer into or out of each material balance area can be determined; and (b) the physical inventory of nuclear material in each material balance area can be determined when necessary, in accordance with specified procedures; in order that the material balance for Agency safeguards purposes can be established” (see IAEA, INFCIRC/153).

- MBA-1 – Receiving Area / Deposit of bulk UO₂ already enriched
 - Safeguard to be applied: the accounting and control provisions contained in the CSA in force and already enshrined in current fuel manufacturing and assembly of fuel elements carried out in nuclear facilities will be applied.

- MBA-2 – Fuel Manufacturing Area
 - Safeguard to be applied: the accounting and control provisions contained in the CSA in force and already enshrined in current fuel manufacturing and assembly of fuel elements carried out in nuclear facilities will be applied.

- MBA-3 – Fuel Element Assembly Area
 - Safeguards to be applied: from the moment nuclear fuel enters this MBA, accounting and control measures will be suspended to preserve the geometry and other sensitive and confidential technologies of the fuel elements used in the SSN reactor. The assembled and finished fuel elements will be placed in “transportation casks”.

- MBA-4 – Fuel Elements Deposit Area
 - Safeguards to be applied: the assembled and finished fuel elements were placed in “transportation casks” when finished at MBA-3, therefore without the possibility of being viewed by IAEA inspectors. However, once the closed casks arrive at the MBA-4, they will be sealed by IAEA inspectors;

- After this, MBA-4 will perform a material balance to ensure that the risks of diversion of fissile material considered at this phase have been minimized.

Figure 3 graphically presents these four proposed MBA for the fuel manufacturing plant and assembly of the fuel elements of the SSN reactor.

Figure 3 – Graphic Representation of the MBA



Subtitles

	Safeguards: accounting and control prescriptions as provided for in the CSA in force.
	Safeguards: Special Procedures – accounting and control measures will be suspended.
	Safeguards: Special Procedures – Visual verification of “casks”, followed by the application of seals.

Comments:

- Key flow measurement points have been omitted in this graphical representation.
- Key inventory measurement points have been omitted in this graphical representation.
- Points of transfer of waste and samples have been omitted in this graphical representation.

Source: Prepared by the author.

The possibility of using “active interrogation systems” by IAEA inspectors, aiming to determine the amount of U235 in each “cask”, was discarded in the proposed model. Despite being an additional guarantee for a baseline survey of the fissile material in the fuel elements, this type of measurement would also enable an accurate survey of the composition and quantity of fissile material in each fuel element. It would also allow for a reasonable estimate of the interval between recharges of the fuel elements in the reactor, that is, the SSN operational cycle. Therefore, this procedure was assumed to be unacceptable to the NNWS.

Regarding transportation of the assembled fuel elements: once the casks are sealed, they can be transported to the shipyard/naval base. The IAEA inspectors will be informed and invited to monitor the transport of the sealed casks from the fresh fuel storage area to the shipyard/naval base, where they will be loaded into the SSN reactor.

Phase: Loading / Unloading Fuel Elements Into / Out of the SSN Reactor

For the development of the envisioned model, it was assumed that the design information on the part of the nuclear facilities at the SSN shipyard/naval base must be provided by the NNWS in line with the CSA in force (see Paragraphs 42 to 45 of INFCIRC/153).

DESIGN INFORMATION

General

42. Pursuant to paragraph 8 above, the Agreement should stipulate that design information in respect of existing facilities shall be provided to the Agency during the discussion of the Subsidiary Arrangements, and that the time limits for the provision of such information in respect of new facilities shall be specified in the Subsidiary Arrangements. It should further be stipulated that such information shall be provided as early as possible before nuclear material is introduced into a new facility.

43. The Agreement should specify that the design information in respect of each facility to be made available to the Agency shall include, when applicable:

(a) The identification of the facility, stating its general character, purpose, nominal capacity and geographic location, and the name and address to be used for routine business purposes;

(b) A description of the general arrangement of the facility with reference, to the extent feasible, to the form, location and flow of nuclear material and to the general layout of important items of equipment which use, produce or process nuclear material;

(c) A description of features of the facility relating to material accountancy, containment and surveillance; and

(d) A description of the existing and proposed procedures at the facility for nuclear material accountancy and control, with special reference to material balance areas established by the operator, measurements of flow and procedures for physical inventory taking.

44. [...].

45. The Agreement should stipulate that design

information in respect of a modification relevant for safeguards purposes shall be provided for examination sufficiently in advance for the safeguards procedures to be adjusted when necessary (see IAEA, INFICRC/153).

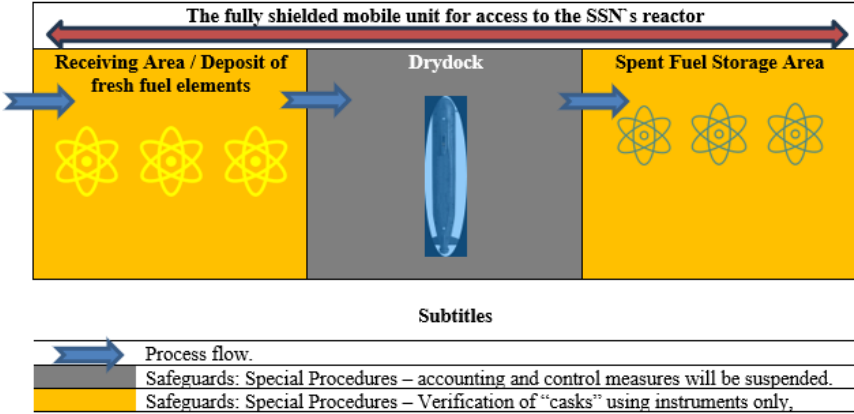
Concerning the variable “NNWS Interests” – at this phase of the nuclear fuel cycle – it was assumed that the preservation of sensitive and classified technology of the NNWS would be focused on the SSN’s reactor design, dimensions, geometry, and control mechanisms as well as the information regarding the SSN shipyard/naval base.

Taking into consideration the variable “Proliferation Risks”, the main risk in this phase of the nuclear fuel cycle is the diversion of nuclear material in the shipyard/naval base during the loading/unloading of fuel elements into/out of the SSN reactor.

As for the variables “Safeguards (Types)” and “Potential Points to them”, it was assumed that the Shipyard / Naval Base would have a radiological complex in which nuclear fuel exchanges would be carried out. This radiological complex will have the following facilities:

- A Receiving Area/Deposit of fresh fuel elements;
- At least one dry dock for the SSN;
- A fully shielded mobile unit structure for access to the SSN’s reactor;
- A spent fuel storage area.

Figure 4 graphically presents these hypothetical facilities of the radiological complex mentioned above.



Source: Prepared by the author.

On the model envisioned, the safeguards during the loading/unloading of fuel elements into/out of the SSN reactor will proceed according to the following steps.

a) Loading Fuel Elements

The NNWS should inform the IAEA that a fueling operation has been scheduled.

On the date scheduled by the NNWS, the IAEA inspectors will be invited to visit the receiving area/deposit of fresh fuel element casks transported from the fuel fabrication facility to the shipyard/naval base. These visits will occur before the casks arrive and during their unloading in this receiving area.

IAEA Inspectors will be able to check the seals previously placed on the casks when these have been sealed at the fuel manufacturing plant and fuel elements assembly facility. From then on, safeguards will no longer be applied to nuclear material, which will be loaded into the SSN, and inspectors will leave the base.

b) Unloading Fuel Elements

The NNWS should inform the IAEA that a refueling operation has been scheduled.

On the date scheduled by the NNWS to move the fuel elements out of the SSN, the inspectors would be invited again to the radiological

complex of the shipyard/naval base.

The inspectors will only have access to the Spent Fuel Storage Area.

Each fuel element will be removed from the SSN reactor and placed into a cask through the fully shielded mobile unit. The casks will be moved to the spent fuel storage area, and once they arrive there, they will be sealed by IAEA inspectors.

It is worth noting that, as in the Fuel Manufacturing and Assembly of Fuel Elements phase of the SSN Reactor the use of “active interrogation systems” by IAEA inspectors was not permitted, its use here would be meaningless.

If this type of procedure had been used previously, it could be used at this stage to determine the amount of fissile material in each cask to compare with the readings taken when loading fuel elements into the SSN reactor. In other words, inspectors would carry out measurements to compare the new measures to the baseline fingerprints and verify if the spent fuel elements are compatible with those loaded during fueling of the SSN reactor.

However, the procedure would also allow for the survey of the burn profile of the nuclear fuel; that is, it would reveal information regarding the operational profile of the SSN. This possibility reinforced the perception that, a priori, the use of “active interrogation systems” by IAEA inspectors would be unacceptable by the NNWS.

Phase: Spent Fuel Storage and Disposal

This is the final phase of the nuclear fuel cycle adopted in the proposed model. It has a critical feature in the facilities, as the final disposal facility can be located inside or outside the shipyard/naval base.

Once again applying the stated method and considering the variable “NNWS Interests”, at this phase of the nuclear fuel cycle it was assumed that the preservation of sensitive and classified technology of the NNWS would be focused on the SSN reactor burning profile – as already mentioned – and information regarding the SSN shipyard/naval base.

Regarding the variable “Proliferation Risks”, the main risk is diverting irradiated fuel elements from the cooling pool and the final disposal area.

Taking into account the variables “Safeguards (Types)” and “Potential Points to Apply”, the adoption of the following procedure will

minimize the probability of occurrence of the risk mentioned above:

a) The spent fuel unloaded from the SSN reactor will be temporarily stored in the spent fuel storage area at the radiological complex of the shipyard / naval base.

b) Once the residual heat is low enough to allow transport, the casks could be moved to the final disposal area. This area could be outside the shipyard/naval base, as established by the NNWS.

c) On the date scheduled by the NNWS to move the fuel elements out of the spent fuel storage area in the radiological complex of the shipyard/naval base to the final disposal area, the inspectors would be invited again to the radiological complex of the shipyard/naval base.

d) For the reasons already explained, the use of “active interrogation systems” and “thermal imaging techniques” by IAEA inspectors will not be permitted. However, the IAEA Inspectors will be able to check the seals previously placed on the casks when these have been sealed at the unloading procedure from the SSN reactor.

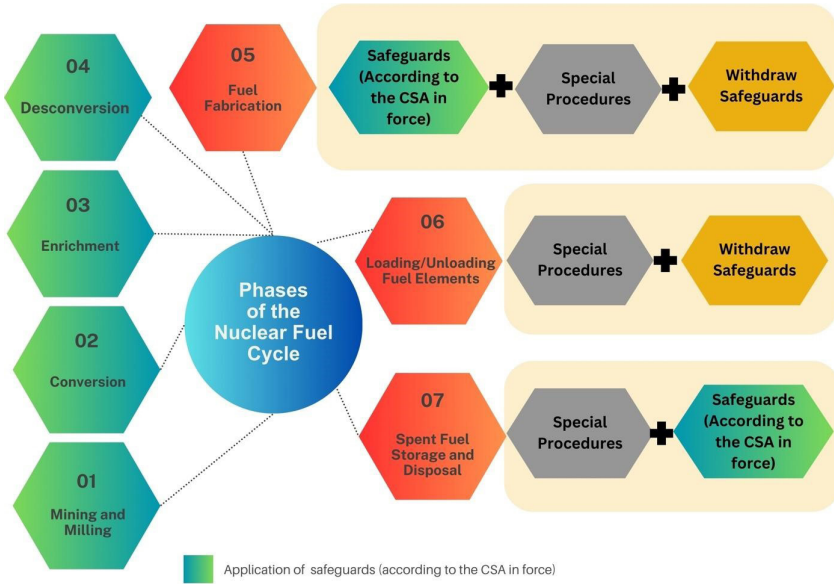
e) The IAEA inspectors will be invited to monitor the transport of the sealed casks from the spent fuel storage area to the final disposal area.

Once in the final disposal area, the casks may be monitored by IAEA inspectors without, under any circumstance, being opened without express authorization from the NNWS.

OUTCOMES AND FINAL CONSIDERATIONS

The research carried out produced a draft of a model with possible points of withdrawal or application of special procedures and reapplication of safeguards on the nuclear fuel cycle used in the reactor of the nuclear-powered submarines developed or operated by a NNWS, in line with what is provided in the Comprehensive Safeguards Agreements signed with the IAEA. Figure 5 presents the synthesis of the model.

Figure 5 – Synthesis of the Model.



Source: Prepared by the author.

The research points out that implementing safeguards in the nuclear fuel of an SSN developed or operated by an NNWS is not impossible, and this kind of use of nuclear power is not necessarily a gap in the nuclear weapons non-proliferation regime.

The model is structured in the nuclear fuel cycle and combines four variables – NNWS Interests, Proliferation Risks, Safeguards (Types), and Possible Points to Apply the Safeguards. This methodological approach makes the model unique and flexible. The presented model points out that minimizing some main risks of diverting significant amounts of nuclear material without compromising the operational information of an SSN is possible. Likewise, the model points to the feasibility of minimizing the risks of the proliferation of nuclear weapons without violating sensitive and confidential technologies developed by the NNWS.

Furthermore, it is worth highlighting that the model can also be used for nuclear-powered surface ships, regardless of the form and type of nuclear fuel adopted.

Undoubtedly, there remains a lot to improve in the presented model. The delimitations made and the data assumed were many.

However, as this topic has so much classified data, the constraints were necessary to achieve the proposed objective.

Regarding the zero-power reactor and the prototype for testing adopted on land – if the NNWS adopts this logical procedure –, it is understood that the model presented here can be used with some adaptations and less difficulty, as it will not require access to the shipyard/ naval base.

Finally, it is time to highlight that the opportunity to be connected to the King's College London (KCL) as a Visiting Professor – in the stimulating environment of the Centre for Science and Security Studies (CSSS) – was a unique opportunity to advance research on the subject. The short period between May 10th and August 31st of 2023, in which this researcher was in person at that prestigious institution, was essential for developing this model. As a Brazilian academic and researcher on safeguards and their application in nuclear-powered submarines, it was a remarkable opportunity to contribute to a non-proliferation issue and the main Brazilian strategic and defense program.

Salvaguardas e submarinos movidos a energia nuclear: um modelo para procedimentos especiais no ciclo do combustível nuclear

RESUMO:

Este artigo tem como foco as salvaguardas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a questão de como aplicá-las ao material físsil utilizado em um submarino com propulsão nuclear (SSN, na sigla em inglês) desenvolvido por um Estado Não Nuclearmente Armado (NNWS, em inglês). O Brasil está desenvolvendo seu próprio SSN e a Austrália – apoiada pela parceria AUKUS – irá operar um SSN por volta de 2030. Países como a República da Coreia, o Irã e o Canadá já demonstraram interesse atual ou passado em desenvolver um SSN. Nesse contexto, é pertinente pensar em modelos para conciliar as salvaguardas previstas pela AIEA e o desenvolvimento e operação de um SSN pertencente a um NNWS. O artigo apresenta um modelo em três etapas. Em primeiro lugar, coloca-se em evidência o quadro normativo da AIEA sobre essa questão. Em seguida, aborda-se a metodologia e a estrutura do modelo. A última seção apresenta a construção do modelo para cada fase do ciclo do combustível nuclear. O resultado da pesquisa foi o desenvolvimento de um modelo, estruturado no ciclo do combustível nuclear, que combina quatro variáveis – interesses do NNWS, salvaguardas, riscos de proliferação e possíveis pontos de aplicação de salvaguardas. Essa abordagem metodológica torna o modelo único e aponta para um caminho futuro de negociações entre a AIEA e um NNWS com um programa de SSN.

Palavras-chave: Não Proliferação. Submarinos com Propulsão Nuclear. Salvaguardas Nucleares.

REFERENCES

BANUELOS, Cervando A.; GRAY, Thomas T.; MOORE, George M. Comparing research reactors, power reactors, and naval reactors. 2016. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep14271.9>. Acesso em: 15 fev. 2024.

CARLSON, John. IAEA Safeguards, the naval “Loophole” and the AUKUS proposal. 2021. Disponível em: <https://vcdnp.org/wp-content/uploads/2021/10/Safeguards-and-naval-fuel-JC-211008.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

GATES, Jonathan. Astute class nuclear submarine: 2010 to date. Sparkford: Haynes & CO, 2018.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Should we fear nuclear submarine proliferation? IDN-InDepthNews, 2023. Acesso em: <https://www.indepthnews.net/index.php/armaments/nuclear-weapons/6160-should-we-fear-nuclear-submarine-proliferation>. Acesso em: 3 fev. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). IAEA safeguards glossary. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2022. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2003_web.pdf. Acesso em: 10 fev. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). INFCIRC/153. The structure and content of agreements between the agency and states required in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear weapons. Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/structure-and-content-agreements-between-agency-and-states-required-connection-treaty-non-proliferation-nuclear-weapons>. Acesso em: 6 fev. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). INFCIRC/217. Agreement between Australia and The International Atomic Energy Agency for the application of safeguards in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear weapons. Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/agreement-between-australia-and-the-international-atomic-energy-agency-for-the-application-of-safeguards-in-connection-with-the-treaty-on-the-non-proliferation-of-nuclear-weapons>.

www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1974/infcirc217.pdf. Acesso em: 6 fev. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). INFCIRC/435. Agreement of 13 December 1991 between The Republic of Argentina, The Federative Republic of Brazil, The Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials and The International Atomic Energy Agency for The Application of Safeguards. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc435.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2024.

JONES, G. M. The development of nuclear propulsion in the royal navy, 1946-1975. Londres: Palgrave Macmillan, 2022.

KAPLOW, Jeffrey. 2015. The Canary in the Nuclear Submarine: assessing the nonproliferation risk of the naval nuclear propulsion Loophole. *The Nonproliferation Review*, Califórnia, v. 22, n. 2, p. 185-202. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10736700.2015.1116767>. Acesso em: 26 jan. 2024.

KELLEHER-VERGANTINI, Serena; THIELMANN, Greg. The Naval Nuclear Reactor Threat to the NPT. [Arms Control Association Threat Assessment Brief], 24 jul. 2013. Disponível em: https://www.armscontrol.org/files/TAB_Naval_Nuclear_Reactor_Threat_to_the_NPT_2013.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

MARIANI, Robert et al. Initial evaluation of fuel-reactor concepts for advanced LEU Fuel Development. United States, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2172/1602767>. Acesso em: 25 jan. 2023.

PHILIPPE, S. 2014. Safeguarding the military naval nuclear fuel cycle. *Journal of Nuclear Materials Management*, Nova Jersey, v. 42, n. 3, p 40-52, 2014.

SHIN, H.; KIM, J. S.Korea's ruling party presidential candidate pushes for nuclear-powered submarines. *Reuters*, 2021. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/skoreas-ruling-party-presidential-candidate-pushes-nuclear-powered-submarines-2021-12-30/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

KWOOD, L. Naval Nuclear Propulsion and IAEA Safeguards. Federation of American Scientists (FAS), Washington, DC, ago. 2017. Disponível em: <https://fas.org/wp-content/uploads/media/Naval-Nuclear-Propulsion-and-IAEA-Safeguards.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SHEA, T. E. 2017. The Nonproliferation and Disarmament Challenges of Naval Nuclear Propulsion. Federation of American Scientists (FAS), Washington, DC, 2020. Disponível em: <https://uploads.fas.org/media/The-Nonproliferation-and-Disarmament-Challenges-of-Naval-Nuclear-Propulsion.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SILVA, Marcos V. M. da. 2023. Safeguards and the Nuclear-Powered Submarines of the NNWS: there is no gap; there is a first time. Mural Internacional, Rio de Janeiro, v. 14, e75437. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/muralinternacional/article/view/75437>. Acesso em: 5 fev. 2024.

TILL, G. Sea Power, a Guide for the 21st Century. London: Routledge, 2018. 458 p.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISARMAMENT AFFAIRS (UNODA). Treaty on the non-proliferation of nuclear weapons - NPT. Disponível em: <https://www.un.org/disarmament/wmd/nuclear/npt/text/>. Acesso em: 3 fev. 2024.

***Recebido em 22 de fevereiro de 2024, e aprovado para publicação em 20 de maio de 2024.**

APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS ESPECIAIS DE SALVAGUARDAS NO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO ESPECIALIZADA

Yran Leite Maia¹
Tob Rodrigues de Albuquerque²

RESUMO

O Brasil poderá ser o primeiro o primeiro estado não nuclearmente armado (NNWS) a construir um submarino com propulsão nuclear. O arranjo de procedimentos especiais (PE) de salvaguardas que deverá ser negociado com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) tem atraído a atenção de organizações internacionais e de Estados signatários do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) por estabelecer a base (precedente) para futuros acordos com outros NNWS. Este artigo apresenta os compromissos assumidos pelo Brasil para não proliferação de armas nucleares, o modelo de salvaguardas aplicado no país, as obrigações e limites impostos aos PE decorrentes do Acordo Quadripartite e, por fim, considerações sobre a aplicação de PE ao Complexo de Manutenção Especializada (CME).

Palavras-chave: Submarinos com propulsão nuclear, Complexo de Manutenção Especializada, Procedimentos Especiais de salvaguardas.

¹ Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN), Rio de Janeiro - RJ, Brasil, E-mail: yran.maia@marinha.mil.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1845-9675>.

² Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN), Rio de Janeiro - RJ, Brasil. E-mail: tob@marinha.mil.br – ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1195-8305>.

INTRODUÇÃO

Até o momento, seis países obtiveram submarinos com propulsão nuclear (Estados Unidos, Reino Unido, Federação Russa, França, China e Índia) (SAUNDERS, 2017), sendo todos eles estados nuclearmente armados (NWS - Nuclear-Weapons States) (IAEA, 1970). O Brasil e a Austrália são os primeiros Estados não nuclearmente armados (NNWS – *Non-Nuclear Weapons States*) a também buscar construir submarinos com propulsão nuclear, mas precisam garantir à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) que os materiais nucleares existentes neles não serão desviados para produção de armas nucleares (IAEA, 1970).

O uso da energia nuclear para propulsão naval é uma atividade militar não proscria (IAEA, 1970; 1972; 1991a e 1991b) e, portanto, o desenvolvimento autóctone do primeiro Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCPN) do Brasil e de sua infraestrutura de apoio não deveria resultar em pressões políticas por parte de organizações internacionais e de Estados signatários do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP). As rigorosas restrições de acesso a materiais e equipamentos nucleares impostas ao país parecem distantes das metas do TNP e alinhadas com objetivos estratégicos geopolíticos e militares (GUIMARÃES, 2005).

Outro desafio associado à obtenção do SCPN, seu protótipo em terra e suas instalações de apoio é a necessidade de um processo de licenciamento nuclear para sua construção e operação (ANSNQ, 2020; CNEN, 2024), que demandam a implementação de um arranjo de salvaguardas internacionais com a aplicação de procedimentos especiais (PE) de salvaguardas ainda não acordados com a AIEA. As incertezas associadas à extensão das informações sigilosas que deverão ser compartilhadas com a AIEA têm sido uma preocupação constante da Marinha do Brasil.

A operação do SCPN não implica em riscos mais elevados de desvio de material nuclear ou de proliferação de armas nucleares do que os oriundos de instalações nucleares estacionárias, como uma usina nuclear (GUIMARÃES, 2005). Ainda assim, o uso pacífico da energia nuclear para propulsão naval, especialmente em submarinos, é considerado uma lacuna no regime de não proliferação nuclear (COSTA, 2017; MOLTZ 1998; 2005; THIELMANN e HOFFMAN, 2012) porque o material nuclear utilizado em reatores para propulsão naval não está sujeito a um arranjo

de salvaguardas abrangentes (CSA) (COSTA, 2017).

Este artigo tem como objetivo apresentar a evolução do regime de salvaguardas, desde o seu surgimento como consequência do TNP até sua aplicação ao Complexo de Manutenção Especializada (CME). Adicionalmente, apresenta aspectos relacionados às obrigações brasileiras decorrentes de diversos acordos internacionais e os limites de aplicação de PE de salvaguardas no SCPN e no CME, que estão previstos no Artigo 13 do Acordo Quadripartite. Para tal, este artigo está organizado da seguinte forma: 1 - introdução; 2 – salvaguardas nucleares, que apresenta uma breve revisão bibliográfica abordando o surgimento das salvaguardas a partir do TNP, o acordo de salvaguardas para o Brasil e os PE que se aplicarão aos materiais nucleares empregados na propulsão de submarinos; 3 – Salvaguardas no CME, que contém uma breve descrição desta instalação e tece considerações sobre a aplicação de PE no CME. As conclusões deste trabalho são apresentadas na última seção.

SALVAGUARDAS NUCLEARES – Do programa “Átomos para a Paz” ao surgimento do arranjo de salvaguardas do TNP

Nos anos 50, após os Soviéticos iniciarem o seu programa de mísseis balísticos (FREEDMAN, 2003), os Estados Unidos abandonaram a política de segredos que haviam implementado na década anterior para negar o acesso às tecnologias capazes de produzir armas nucleares.

Assim, em 1953, o presidente americano, Dwight D. Eisenhower, apresenta o programa “Átomos para a Paz” na Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) propondo o compartilhamento de conhecimento e tecnologia nuclear com outras nações para fins pacíficos (GUIMARÃES, 2023; MRE, 2022).

Eisenhower também propôs a criação de uma agência internacional para promover o uso pacífico da energia nuclear, enfatizando a importância do desarmamento nuclear e a necessidade de controlar a proliferação de armas nucleares. Esse discurso conduziu, em pouco mais de uma década, à criação da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e ao Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) (GUIMARÃES, 2023).

Em 1957, a criação da AIEA garantiu o desenvolvimento de uma estrutura internacional, com pessoal qualificado para elaborar e implementar um arranjo de salvaguardas internacional capaz de assegurar que os materiais e tecnologias nucleares transferidos não sejam desviados

para fins proscritos, como previsto no Art. II do seu estatuto. As atividades relacionadas à promoção da cooperação internacional e ao uso pacífico da energia nuclear sugeriram alguns anos depois (IAEA, 1989).

A partir de então, a AIEA viabilizou o desenvolvimento de diversos acordos multinacionais relativos a salvaguardas. O primeiro deles foi o INFCIRC 3, que em 1959 forneceu 3 toneladas de urânio para o Japão (IAEA, 1959).

Em 1970 entrou em vigor o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP)³ (MRE, 2022), que obrigou seus signatários a implementar um sistema de salvaguardas, sob a responsabilidade da AIEA, para monitorar a não proliferação de armas nucleares e fortalecer a confiança entre os Estados Partes. Em 1998, o Brasil aderiu ao TNP (BRASIL, 1998).

O TNP, que se apoia sobre os três pilares basilares: não-proliferação de armas nucleares; uso pacífico da energia nuclear; e desarmamento, tem como objetivo: limitar o armamento nuclear dos cinco estados nuclearmente armados (NWS – *Nuclear-Weapons States*); impedir a transferência dessas armas para os estados não nuclearmente armados (NNWS – *Non-Nuclear Weapons States*); e estabelecer um arranjo de salvaguardas, em troca dos NNWS receberem acesso a equipamentos, materiais e tecnologias para a utilização pacífica da energia nuclear.

Embora o TNP se apoie na desigualdade de direitos ao congelar a chamada “geometria do poder nuclear” dos NWS (BÖHLKE, 2022), o Tratado reafirma o direito inalienável de todas as suas Partes desenvolverem pesquisa, produção e utilização da energia nuclear para fins pacíficos, sem discriminação. Além disso, as Partes comprometem-se a facilitar o mais amplo intercâmbio possível de equipamento, materiais e informação científica e tecnológica sobre a utilização pacífica da energia nuclear (IAEA, 1970).

Apesar disto, a aplicação prática do TNP mostra-se desequilibrada, dado que os avanços obtidos se concentram no pilar da não-proliferação e negligenciam o desarmamento e outros aspectos relacionados ao uso pacífico da energia nuclear, como o acesso a equipamentos, materiais e informações científicas e tecnológicas para os usos pacíficos da energia nuclear (BÖHLKE, 2022; GUIMARÃES, 2005).

3 O TNP conta atualmente com a adesão de 189 países, sendo cinco destes detentores de armas nucleares (Estados Unidos, Rússia, Reino Unido, França e China). A Índia, Israel, Paquistão e Sudão do Sul não aderiram ao TNP. Em 2023 a Coreia do Norte denunciou o tratado (MRE, 2022).

Em decorrência do TNP, entrou em vigor, em 1972, o Acordo de Salvaguardas Abrangentes (CSA - INFCIRC/153) (BÖHLKE, 2022), que apresenta a estrutura e o conteúdo dos acordos exigidos entre os Estados e a Agência para o cumprimento do TNP (IAEA, 1972).

Em 1991, foi assinado o Acordo Quadripartite (QSA - INFCIRC/435) para aplicação de salvaguardas no Brasil, envolvendo a participação da Argentina, Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e AIEA (IAEA, 1991b). Neste acordo, o arranjo de salvaguardas para o Brasil reproduz, em termos gerais, o modelo de acordo a ser concluído entre a AIEA e os Estados Não Nuclearmente Armados do TNP⁴ (BÖHLKE, 2022).

Embora os NWS não sejam obrigados a aceitar acordos de salvaguardas nos termos do TNP, estes celebraram com a AIEA acordos bilaterais voluntários de salvaguardas (VOA - Acordos de Salvaguardas por Oferta Voluntária - INFCIRC/540) (IAEA, 1997), que seguem o formato geral do CSA, mas se limitam a apenas alguns materiais e instalações nucleares (escopo não abrangente) (BÖHLKE, 2022).

No princípio dos anos 90, após a Guerra do Golfo, a AIEA iniciou um programa para aumentar a efetividade das salvaguardas, com o intuito de adquirir capacidade de detectar materiais e atividades nucleares não declaradas (MARZO, 2017). Deste programa resultou o modelo do Protocolo Adicional de salvaguardas (PA).

O modelo do PA (INFCIRC/540), que só pode ser celebrado em conjunto com um acordo abrangente de salvaguardas (CSA), altera e amplia a abrangência das salvaguardas internacionais. As salvaguardas passam de um modelo que inicialmente tinha o objetivo detectar desvio de materiais nucleares em instalações nucleares declaradas para outro que, adicionalmente, pretende assegurar a ausência de materiais ou atividades não declaradas (MARZO, 2017). O Brasil não é signatário do PA (IAEA, 1997).

A Tabela 1 sintetiza a cronologia dos principais eventos relacionados com o desenvolvimento de salvaguardas.

4 O modelo de acordos de CSA com múltiplas partes (INFCIRC/193) é adotado em países europeus (NNWS) a fim de incluir a EURATOM (Comunidade Europeia da Energia Atômica) como uma dessas partes.

Tabela 1 - Cronologia dos principais eventos relacionados com o desenvolvimento de salvaguardas e sua aplicação.

ANO	DOCUMENTO / EVENTO	OBSERVAÇÕES
1953	Assembleia Geral da ONU	Proposta do programa "Átomos para a Paz", que foi a primeira iniciativa de políticas de desenvolvimento da tecnologia nuclear para fins pacíficos.
1956	Conferência Diplomática	Aprova o Estatuto para Criação da AIEA.
1957	Criação da AIEA	Criação da AIEA em 29 de julho de 1957, após a aprovação do seu Estatuto na Conferência Diplomática em 23 de outubro de 1956.
1959	INFCIRC/3	Primeira aplicação de salvaguardas (ad hoc) entre a AIEA, Canadá e Japão para um contrato de projeto e fornecimento de material.
1961	INFCIRC/26	Primeiro "Sistema de Salvaguardas", estabeleceu disposições padrão para salvaguardas em reatores de pesquisa.
1967	Tratado de Tlatelolco	Tratado para a Proscrição de Armas Nucleares na América Latina e no Caribe, que estabeleceu a primeira Zona Livre de Armas Nucleares (ZLAN) em uma região permanentemente habitada.
1968	INFCIRC/66/Rev.2	Sistema de Salvaguardas expandido para todos os tipos de instalações nucleares por meio de Acordos de Salvaguardas para Itens Específicos ⁵
1970	INFCIRC/140 (TNP)	Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, entrou em vigor em 22 de abril de 1970
1972	INFCIRC/153	Acordo de Salvaguardas Abrangentes (CSA), apresenta a estrutura e conteúdo dos acordos exigidos pelo TNP.
1985	Tratado de Rarotonga	Tratado para a Proscrição de Armas Nucleares no Pacífico Sul, que estabeleceu ZLAN em região permanentemente habitada.
1985	Acordo de Guadalajara	Acordo para a criação da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) para administrar e aplicar o Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC)
1991	INFCIRC/435	Acordo Quadripartite (QSA), assinado em 13 de dezembro de 1991.
1995	Tratado de Bangkok	Tratado para a Proscrição de Armas Nucleares no Sudeste Asiático, que estabeleceu ZLAN em região permanentemente habitada.
1996	Tratado de Pelindaba	Tratado para a Proscrição de Armas Nucleares na África, que estabeleceu ZLAN em região permanentemente habitada.
1997	INFCIRC/540	Modelo do Protocolo Adicional de salvaguardas (PA), a ser celebrado em conjunto com um acordo de salvaguardas (CSA).
1998	Decreto nº 2.864/1998	Adesão do Brasil ao TNP em 07 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998).

Fonte: Elaboração dos autores, síntese baseada nas referências apresentadas neste artigo.

Salvaguardas Nucleares Abrangentes

Em linhas gerais, o Acordo de Salvaguardas Abrangentes (CSA) (INFCIRC/153), apresenta um conjunto de medidas de salvaguardas acordadas entre os Estados e a AIEA. O CSA tem como objetivo detectar,

⁵ Item-Specific Safeguards Agreement - Acordos de salvaguardas que se aplicam a itens específicos como material nuclear, material não nuclear, instalações e equipamentos, entre outros.

em tempo hábil⁶, o desvio de quantidades significativas⁷ de materiais nucleares para a produção de armas nucleares ou para propósitos desconhecidos e, também contribuir para a dissuasão de tal desvio pelo risco de detecção antecipada (IAEA, 1972).

No escopo do CSA, são aplicadas salvaguardas apenas ao material fértil⁸ e material fissionável especial⁹ existente nas instalações usadas para a produção, processamento e armazenamento dentro do território do Estado, sob sua jurisdição ou realizadas sob seu controle em qualquer lugar (IAEA, 1972).

A aplicação dessas salvaguardas compreende: o envio pelo Estado de declarações anuais sobre o inventário de material nuclear nas instalações, a realização de atividades de contabilidade e controle dos materiais nucleares, por meio da elaboração de registros e relatórios; e a verificação sistemática dos materiais nucleares, por meio de inspeções para a auditoria de registros e para medidas dos materiais nucleares (massa, composição química e grau de enriquecimento). Adicionalmente, podem ser aplicados meios auxiliares de salvaguardas como a contenção, por meio de selos ou lacres, e a instalação de câmeras de vigilância (IAEA, 1972).

Apesar do INFCIRC/153 ser o CSA padrão da AIEA, o Acordo Quadripartite (INFCIRC/435) é o CSA específico para Brasil e Argentina, e portanto, a base legal para a aplicação de Salvaguardas no território brasileiro (BÖHLKE, 2022).

O Acordo Quadripartite (QSA) e as Salvaguardas no Brasil

Conforme citado anteriormente, a aplicação de salvaguardas no

6 Tempo hábil - tempo necessário para transformar o material nuclear desviado em armas nucleares. Considera para: material de uso direto não irradiado - 1 mês; material de uso direto irradiado - 3 meses; e material de uso indireto - 1 ano (IAEA, 2001).

7 Quantidade significativa (SQ) é a quantidade aproximada de material nuclear para a qual não pode ser excluída a possibilidade de fabricação de um dispositivo explosivo nuclear. As SQ são usadas no estabelecimento do componente quantitativo da meta de inspeção da AIEA e correspondem a 8 kg de plutônio, 8 kg de 233U ou 25 kg de 235U em HEU (235U ≥ 20%), de uso direto em dispositivos explosivos nucleares; ou 75 kg de 235U em LEU (235U < 20%), 10 t de urânio natural, 20 t de urânio empobrecido ou 20 t de tório, de uso indireto (IAEA, 2001).

8 Material fértil: urânio contendo a mistura de isótopos que ocorrem na natureza; urânio empobrecido no isótopo 235; tório; qualquer um dos anteriores na forma de metal, liga, composto químico ou concentrado; qualquer outro material contendo um ou mais dos itens acima (IAEA, 2001).

9 Material fissionável especial: 239Pu; 233U; urânio enriquecido nos isótopos 235 ou 233; qualquer material contendo um ou mais dos anteriores. Não inclui materiais férteis (IAEA, 2001).

Brasil surge em 1991 com a assinatura do Acordo Quadripartite (QSA) (INFCIRC/435), onde o Brasil e a Argentina comprometem-se a aceitar a aplicação de salvaguardas a todos os materiais nucleares¹⁰ em todas as atividades nucleares realizadas dentro de seus respectivos territórios, com o objetivo único de assegurar que tais materiais não sejam desviados para aplicação em armas nucleares ou outros dispositivos nucleares explosivos (BRASIL, 1994).

Embora os Estados Parte tenham aceitado a aplicação de salvaguardas a todos os materiais nucleares em todas as atividades nucleares, o artigo 9 do INFCIRC/435 estabelece que as salvaguardas serão aplicadas aos materiais nucleares com características físico-químicas e pureza adequados para uso em enriquecimento isotópico e para a fabricação de elementos combustíveis de reatores nucleares.

A definição dos materiais nucleares sujeitos a salvaguardas leva, na prática, a identificação do ponto de início da aplicação de salvaguardas para cada instalação. No Brasil, o ponto de início de aplicação de salvaguardas ocorre nas instalações de conversão e fabricação de combustível da Indústrias Nucleares do Brasil (INB) e da Marinha do Brasil (ABACC, 2022).

Como o Brasil não possui instalações de reprocessamento, o ponto de término das salvaguardas para todas instalações será em repositórios intermediários ou finais de elementos combustível (EC) irradiados.

A implementação do QSA no Brasil deve permitir à AIEA aplicar salvaguardas eficazes e, ao mesmo tempo, permitir ao país preservar seus segredos tecnológicos (Artigo 4, INFCIRC/435). Neste contexto, o Artigo 7(b) do QSA estabelece que a AIEA deverá solicitar apenas os dados e informações necessários para garantir que não ocorra nenhum desvio de materiais nucleares.

No QSA, a AIEA e a ABACC aplicarão as salvaguardas previstas, realizando inspeções e a verificarão dos dados do Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC), a fim de comprovar que não ocorreu nenhum desvio de materiais nucleares.

10 A disposição do Brasil e da Argentina de “aceitar salvaguardas sobre todos os materiais nucleares em todas as atividades nucleares” contida no Artigo 1º do QSA difere da disposição correspondente no parágrafo 1 do INFCIRC/153 (CSA), onde “os estados aceitem salvaguardas sobre todas as fontes de material fértil e material fissionável especial em todas as atividades nucleares pacíficas”. Esta disposição determinada pelos estados reflete o compromisso bilateral no Acordo de Guadalajara de não utilizar qualquer material nuclear em qualquer atividade nuclear para uso não pacífico (ROCKWOOD, 2010).

A AIEA e a ABACC realizam três tipos de inspeções de salvaguardas no QSA: as inspeções anunciadas, que são comunicadas com sete dias de antecedência; as inspeções de curto prazo de notificação, comunicadas com 24 horas de antecedência; e as inspeções não anunciadas, que são comunicadas com uma ou duas horas de antecedência. Durante as inspeções são realizadas atividades de auditoria dos registros de contabilidade do material nuclear e a verificação física do material nuclear por meio de pesagem, coleta de amostras e medidas não-destrutivas.

A conclusão técnica das atividades de verificação da Agência é uma declaração, em relação a cada área de balanço de material¹¹ e à quantidade de material não contabilizado por período específico (BÖHLKE, 2022).

Embora a utilização de material nuclear para propulsão naval (inclusive em submarinos e protótipos) seja uma atividade militar não proscria (INFCIRC 140, 153, 395 e 435), ela é abordada de forma diferente nos dois acordos de salvaguardas (CSA e QSA).

No CSA, o parágrafo 14 do INFCIRC/153 indica que estes materiais serão retirados de salvaguardas, dado que não há previsão de aplicação de salvaguardas para propulsão naval (atividade militar não pacífica).

NON-APPLICATION OF SAFEGUARDS TO NUCLEAR MATERIAL TO BE USED IN NON-PEACEFUL ACTIVITIES

14. The Agreement should provide that if the State intends to exercise its discretion to use nuclear material which is required to be safeguarded thereunder in a nuclear activity which does not require the application of safeguards under the Agreement, the following procedures will apply: [...]

(b) The Agency and the State shall make an arrangement so that, only while the nuclear material is in such an activity, the safeguards provided for in the Agreement will not be

11 Área de balanço de material (Material Balance Area - MBA) é uma área da instalação na qual todas as transferências podem ser determinadas e na qual um inventário físico pode ser feito para estabelecer um balanço de materiais nucleares (IAEA SG-FM-1172 - Subsidiary Arrangement Code 10). Os relatórios de salvaguardas são emitidos em relação à cada MBA. As MBA são acordadas entre o Estado e a AIEA e são registrados em "acordos subsidiários" ao acordo de salvaguardas.

applied. The arrangement shall identify, to the extent possible, the period or circumstances during which safeguards will not be applied. In any event, the safeguards provided for in the Agreement shall again apply as soon as the nuclear material is reintroduced into a peaceful nuclear activity (parágrafo 14 do INFCIRC/153, grifo nosso).

No QSA, por outro lado, o artigo 13 do INFCIRC/435 prevê a aplicação de “procedimentos especiais” para o uso de materiais nucleares para propulsão nuclear, devendo esses materiais retornar ao arranjo de salvaguardas previsto no QSA ao término do seu emprego.

Assim, a utilização pelo Brasil desses materiais, em atividades nucleares não proscritas, será regulada por meio de procedimentos especiais (PE), cujo “arranjo” específico deverá ser elaborado conjuntamente entre o Estado-Parte e a Agência (Art. 13, INFCIRC 435).

Em dezembro de 2021, o Brasil comunicou a AIEA, por intermédio da ABACC, sua intenção de usar material nuclear para a propulsão de submarinos, como previsto no artigo 13 do QSA. Permitindo o início das negociações para a elaboração do arranjo de procedimentos especiais a serem empregados no combustível nuclear utilizado no SCPN, no seu protótipo em terra e nas instalações relacionadas com a produção e armazenamento deste combustível.

O artigo 13(c) do QSA prevê que o arranjo de salvaguardas não exponha a segredos militares ou conhecimentos sigilosos. Assim, informações relativas às características operacionais do submarino e aos projetos do reator nuclear e do elemento combustível devem ficar de fora do arranjo e das medidas de implementação dos PE. Caberá ao Brasil definir a extensão das informações que serão disponibilizadas para a AIEA.

Segundo Böhlke (2022), o QSA e todos os compromissos internacionais firmados pelo país desde 1979, quando o Brasil decidiu construir submarinos com propulsão nuclear, tiveram o propósito de viabilizar a propulsão naval. A adesão do Brasil ao TNP, em 1997, considerou que o artigo II deste mantém o direito dos NNWS às aplicações não proscritas da energia nuclear, inclusive a propulsão nuclear.

No tocante ao TNP e à não proliferação, o Brasil é uma experiência única de sucesso e um exemplo para outros estados, que é justificado por:

1 – a Constituição brasileira proíbe o uso da energia nuclear para fins não-pacíficos; 2 – o Brasil firmou diversos acordos multilaterais, como TNP e Tlatelolco, e acordos bilaterais com a Argentina (IAEA, 1991a); 3 – as instalações nucleares brasileiras estão salvaguardadas e possuem um histórico notável de mais de 30 anos sem desvios técnicos ou eventos suspeitos; e 4 – o Brasil é o único país no mundo que possui instalações militares sob salvaguardas da AIEA.

Os Procedimentos Especiais (PE) de salvaguardas – Artigo 13 do QSA

Conforme citado anteriormente, o arranjo de PE de salvaguardas que será aplicado se encontra em fase de negociação com a AIEA, não havendo, no momento, uma definição clara destes PE e nem tampouco dos Arranjos Subsidiários¹² específicos a serem aplicados em cada instalação.

No entanto, é importante que toda a negociação para definição dos PE seja orientada pelo único objetivo do QSA, que é garantir que o material nuclear não seja desviado para utilização em armas nucleares ou dispositivos explosivos nucleares.

O conteúdo dos PE deve preservar também o direito brasileiro de proteger as informações sigilosas relativas ao submarino, sua disponibilidade operacional e seu combustível (Art. 13, INFCIRC 435) e assim, refutando qualquer possibilidade de aplicação de salvaguardas ao SCPN, como selos, lacres, câmeras.

Na percepção dos autores, o processo de negociação em curso aponta para existência de posicionamentos diferentes entre a AIEA e o Brasil. A proposta brasileira inclui a aplicação de PE em algumas instalações, enquanto a contraproposta da AIEA propõe uma abordagem muito próxima das salvaguardas abrangentes (CSA).

Esta abordagem da AIEA é refutada pelo artigo 13 do QSA, que prevê a necessidade de se acordar PE a serem aplicados na propulsão nuclear. A “necessidade de se acordar PE” indica que os procedimentos a serem adotados na propulsão nuclear não são cobertos por nenhum acordo em vigor e, portanto, não estão sujeitos às salvaguardas abrangentes (CSA).

Adicionalmente, a abordagem da AIEA, muito próxima das

12 Arranjos Subsidiários – arranjo negociado entre o País (CNEN), ABACC e AIEA para detalhar os procedimentos para implementação das salvaguardas com base nos Artigos 37 e 38 do QSA. Os Arranjos Subsidiários contêm uma Parte geral com disposições que se aplicam a todos as instalações e materiais nucleares, e os Facility Attachment que apresentam a estratégia para a aplicação de salvaguardas em cada instalação (INFCIRC/435).

salvaguardas abrangentes, também irá conflitar com a definição da extensão da aplicação dos PE, em especial no que tange a definição (acordo) do seu ponto de início e de término. A extensão da aplicação dos PE deve ser obtida a partir do caput do artigo 13 do QSA, que se refere à propulsão nuclear e não se restringe ao reator nuclear.

If a State Party intends to exercise its discretion to use nuclear material which is required to be safeguarded under this Agreement for nuclear propulsion or operation of any vehicle, including submarines and prototypes, or in such other non-proscribed nuclear activity as agreed between the State Party and the Agency (artigo 13 do INFCIRC/435, grifo nosso).

O caput do artigo 13 aborda a propulsão nuclear de forma ampla, como um “sistema de propulsão” que deve incluir o combustível nuclear, o reator nuclear, o sistema de conversão de vapor em potência e seus sistemas de apoio. Caso a aplicação dos PE devesse se limitar ao reator nuclear, isto estaria detalhado no artigo 13. Mas não é o caso.

Depreende-se, portanto, que o artigo 13 não se restringe à utilização de material nuclear no reator e que inclui as diversas etapas do ciclo do combustível, a operação de submarinos e protótipos, e ou qualquer outra atividade nuclear não proscribida, previamente acordada entre o Brasil e a AIEA. Da mesma forma, a aplicação dos PE não deve se limitar ao reator nuclear e a definição do seu ponto de início e de término deve abranger um espectro mais amplo de atividades.

Desta forma, para cada instalação, deverá ser negociada uma estratégia de salvaguardas considerando o inventário de material nuclear, a capacidade de produção destes materiais e os cenários de desvio. Com base nestes cenários, são estabelecidas as contramedidas, as medidas de contenção (selos) e vigilância (câmeras), e as atividades dos inspetores durante as inspeções.

O resultado esperado deste processo de negociação é um consenso sobre o ponto de início e ponto de término dos Procedimentos Especiais, para cada instalação; e sobre as Informações a serem entregues à AIEA de acordo com o artigo 13 do QSA.

O ponto de início da aplicação dos PE a serem negociados,

para cada instalação, deverá considerar o material nuclear que deve ser salvaguardado, nos termos do artigo 9 do QSA, enquanto este for utilizado nas atividades relacionadas à propulsão nuclear, nos termos do artigo 13 do QSA.

O ponto de término da aplicação destes PE deverá considerar que:

I. Ao término do período de emprego do material na propulsão nuclear, o material deverá retornar ao arranjo de salvaguardas do QSA; e

II. O Brasil não possui instalações de reprocessamento fazendo que os EC sejam encaminhados para repositórios intermediários ou finais.

Com a implementação dos PE, o Brasil deverá informar à AIEA, por intermédio da ABACC, para cada instalação nuclear, a quantidade total e composição do material sob PE (Art. 13, INFCIRC 435). Este relatório também informará que este material continua a ser aplicado exclusivamente nas atividades previamente acordadas com a AIEA, que estas atividades não contradizem nenhum compromisso assumido pelo país e que, durante o período de aplicação de PE, estes materiais não serão desviados para outros usos.

Independentemente do sistema de controle e contabilidade do material nuclear que venha a ser adotado nos PE, vislumbra-se a conveniência da Marinha do Brasil aplicar um sistema próprio de controle e contabilidade para garantir ao país que não haverá desvio do material nuclear sob sua responsabilidade. Este sistema, caso empregado, pode se beneficiar da experiência já obtida no país pela aplicação de salvaguardas no escopo do QSA.

Böhlke (2022) estima que o Brasil será o primeiro NNWS a concluir processo de negociação com a AIEA com relação aos PE a serem aplicados na propulsão nuclear de submarinos. Caso esta hipótese se confirme, o primeiro arranjo de PE negociado tenderá a servir de base (precedente) para os futuros acordos de salvaguardas sobre submarinos nucleares e atividades militares nucleares não proscritas com todos os outros países do TNP (DAWOOD et al. 2015).

SALVAGUARDAS NO CME – O Complexo de Manutenção Especializada (CME)

O Complexo de Manutenção Especializada (CME) é a instalação da Marinha do Brasil responsável por prover apoio em terra para o SCPN nas atividades relacionadas à manutenção do submarino, incluindo os sistemas nucleares, docagem, carregamento e descarregamento do núcleo do reator, gestão dos rejeitos radioativos e seu descomissionamento.

Para realizar estas atividades, o CME contará com cais, onde os SCPN atracarão, diques, onde serão realizadas as manutenções e a troca de combustível nuclear, um Prédio Principal, onde será armazenado o combustível nuclear, e uma Unidade Móvel de Confinamento (UMC), que fará a ligação física entre o compartimento do reator e o Prédio Principal.

O combustível nuclear do SCPN será armazenado no Prédio de Estocagem de Combustíveis (PEC), pertencente ao Prédio Principal. Os EC serão armazenados de forma diferenciada no PEC, que é dividido em duas áreas principais. A Área de Combustíveis Novos (ACN), onde serão armazenados os EC novos e a Piscina de Estocagem de Combustíveis Irrradiados (PECI), onde serão armazenados os EC usados.

Atualmente, o CME encontra-se em fase de projeto e o início de sua construção está condicionada à obtenção das respectivas licenças de construção junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Aplicação de Procedimentos Especiais de salvaguardas no CME

A estratégia de salvaguardas a ser negociada com a AIEA para o CME deverá considerar as características e o inventário de material nuclear existente no PEC e, também, os cenários de desvio deste.

Todo o material nuclear armazenado no CME e passível de ser submetido a PE de salvaguardas, nos termos do artigo 9 do INFCIRC/435, será composto por EC novos e irradiados armazenados no PEC. O CME não armazenará material nuclear à “granel” passível de ser submetido a PE.

Desta forma, vislumbra-se que os pontos de início e término dos PE de salvaguardas no CME, a serem negociados, sejam:

I. Ponto de início dos PE – uma área de balanço de material (MBA) a ser estabelecida no PEC para verificação dos EC que chegam ou saem; e

II. Ponto de término dos PE – repositórios intermediários ou finais para os quais os EC irradiados serão transportados após passarem pela MBA do PEC.

O Brasil deverá informar à AIEA, por intermédio da ABACC, o inventário total de EC. Este deverá contabilizar os EC armazenados no PEC e os EC carregados no núcleo do reator do SCPN, sem revelar informações que possam ser utilizadas para estimar segredos industriais e/ou as características operacionais do submarino. O país também deverá declarar que o material nuclear existente nos EC e o uso destes EC, durante a aplicação dos PE, não estará em conflito com os compromissos assumidos no QSA e não será usado para a fabricação de bombas ou artefatos nucleares explosivos.

Vislumbra-se que o controle e contabilidade dos EC que chegam ou saem do CME será feito na MBA do PEC por meio da verificação dos números de série dos EC. A fim de prevenir a exposição de informações sigilosas dos EC estes deverão ser mantidos cobertos por alguma espécie de capuchana que permita apenas a visualização dos respectivos números de série.

Os PE de salvaguardas a serem aplicados ao CME, após negociados entre o Brasil e a AIEA, deverão ser detalhados nos Arranjos Subsidiários e Facility Attachment. Eles apresentarão a estratégia para a aplicação de salvaguardas no PEC, definida a partir da análise dos cenários de desvio de material, e conterão as medidas de contenção, vigilância e as atividades dos inspetores durante as inspeções (INFCIRC/ 435).

Os cenários de desvio do material nuclear existente no CME devem estar limitados ao desvio de EC do PEC, dado que a ausência de material nuclear à “granel” no CME descarta todos os cenários de desvio de granel. O desvio de EC carregados no núcleo do reator do submarino fora do CME não é considerado um cenário crível pela Marinha do Brasil. O CME é a única instalação no país que possuirá os equipamentos (máquinas e guindastes) necessários para abrir o compartimento do reator e acessar o seu núcleo.

Conforme mencionado anteriormente, o CME se encontra em fase de projeto permitindo que seja possível incorporar ao seu projeto soluções de engenharia que, potencialmente, reduzirão os riscos de desvio de material nuclear e os custos associados à implementação dos PE.

A inclusão destas soluções de engenharia ainda na fase de

projeto é conhecida como a aplicação de “Salvaguardas no Projeto” (SBD - Safeguards By Design) (IAEA, 2018). A implementação de SBD, embora recomendada pela AIEA, deve ser feita de forma criteriosa, a fim de não reduzir a operacionalidade do CME em troca de uma simplificação dos procedimentos a serem acordados nos Arranjos Subsidiários.

CONCLUSÕES

Embora o uso da energia nuclear para propulsão naval seja uma atividade militar não proscria, o desenvolvimento no Brasil de um submarino com propulsão nuclear e de sua infraestrutura de apoio vem sendo dificultado por restrições de acesso a materiais e equipamentos nucleares e por pressões políticas por parte de organizações e de estados signatários do TNP, que buscam objetivos geopolíticos particulares (GUIMARÃES, 2005).

Os esforços realizados pelo Brasil nas últimas décadas para demonstrar o comprometimento do país com a não proliferação, como alteração da Constituição, adesão à diversos acordos internacionais e um histórico de mais de 30 de salvaguardas irrepreensíveis, não resultaram em menores pressões políticas. Mostrando que a aplicação prática do TNP tem sido desequilibrada e negligente com o desarmamento e outros aspectos relacionados ao uso pacífico da energia nuclear.

Ainda assim, o Brasil formalizou à AIEA sua intenção de usar material nuclear para a propulsão de submarinos, como previsto no artigo 13 do QSA. Permitindo o início das negociações para a definição do arranjo de PE a ser empregado.

Na percepção dos autores processo de negociação dos PE aponta para existência de posicionamentos diferentes entre a AIEA e o Brasil. A proposta brasileira inclui algumas instalações sob PE e a contraproposta da AIEA reflete uma abordagem muito próxima das salvaguardas abrangentes (CSA). Esta divergência de percepções deve ser discutida com base no artigo 13 do QSA e sem se distanciar das metas do TNP (GUIMARÃES, 2005).

O resultado esperado deste processo de negociação é um consenso sobre o ponto de início e término dos PE, para cada instalação, e as informações a serem entregues à AIEA de acordo com o artigo 13(c) do QSA. O conteúdo dos PE deve assegurar o direito brasileiro de proteger suas informações sigilosas relativas ao submarino, sua disponibilidade

operacional e seu combustível (Art. 13, INFCIRC 435), refutando qualquer possibilidade de aplicação de salvaguardas ao SCPN.

No contexto dessa negociação, o primeiro NNWS (Brasil ou Austrália) a definir com a AIEA um arranjo de PE a ser aplicado na propulsão nuclear de submarinos estabelecerá a base (precedente) para futuros acordos de salvaguardas para propulsão nuclear com todos os outros países do TNP.

Com a implementação dos PE, o Brasil deverá informar à AIEA, por intermédio da ABACC, a quantidade total, composição do material nuclear sob PE e demais informações previstas no Art. 13 do INFCIRC 435. Adicionalmente, vislumbra-se a conveniência da Marinha do Brasil adotar um sistema próprio de controle (independente do adotado nos PE) para garantir ao país que não haverá desvio deste material.

O CME será a instalação responsável por prover apoio em terra para o SCPN nas atividades relacionadas à manutenção, carregamento do núcleo do reator e armazenamento do combustível nuclear. Embora os PE que serão aplicados ao CME ainda não estejam definidos, vislumbra-se que seus pontos de início e término serão, respectivamente, uma área de balanço de material no PEC, para verificação e contabilidade dos EC recebidos, e os repositórios intermediários ou finais nos quais os EC irradiados serão descartados.

O CME, que se encontra ainda em fase de projeto, tem a possibilidade de incorporar ao seu projeto soluções de engenharia que reduziriam os riscos de desvio de material nuclear e, potencialmente, reduziriam os custos associados à implementação dos PE. A aplicação de “Salvaguardas no Projeto”, embora recomendada pela AIEA, deve ser feita de forma criteriosa, a fim de não reduzir a operacionalidade do CME em troca de uma simplificação dos procedimentos a serem acordados nos Arranjos Subsidiários.

APPLICATION OF SAFEGUARDS SPECIAL PROCEDURES IN THE SPECIALIZED MAINTENANCE COMPLEX

ABSTRACT

Brazil could be the first Non-Nuclear Weapons State (NNWS) to build a nuclear-powered submarine. The arrangement of special procedures (PE) for safeguards that shall be negotiated with the International Atomic Energy Agency (IAEA) has attracted the attention of international organizations and States members of the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) for establishing the basis (precedent) for future agreements with other NNWS. This paper presents the commitments assumed by Brazil for the non-proliferation of nuclear weapons, the safeguards model applied in the country, the obligations and limits applied to the safeguards special procedures arising from the Quadripartite Agreement and, finally, considerations on the application of safeguards special procedures to the Specialized Maintenance Complex (CME).

Keywords: Nuclear-powered submarines, Specialized Maintenance Complex, safeguards special procedures.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA DE CONTABILIDADE E CONTROLE DE MATERIAIS NUCLEARES. ABACC. Relatório Anual Institucional da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle. Buenos Aires: ABACC, 2022.

BÖHLKE, M. O Sistema de salvaguardas da Agência Internacional de Energia Atômica e os procedimentos especiais: implicações para o Programa Brasileiro de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear. Fundação Alexandre de Gusmão (FUNAG); Ministério das Relações Exteriores: Brasília, DF, 2022. ISBN 978-65-8708-381-0.

BRASIL. Decreto nº 2.864, de 7 de dezembro de 1998. Promulga o Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP). D.O.U. de 7 dez. 1998.

BRASIL. Decreto nº 1.065, de 24 de fevereiro de 1994. Promulga o Acordo entre a República Federativa do Brasil a República Argentina a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para a Aplicação de Salvaguardas. D.O.U. de 25 fev. 1994.

COSTA, E. Brazil's Nuclear Submarine: a broader approach to the safeguards issue. *Revista Brasileira de Política Internacional*, v. 60, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7329201700205>. Acesso em: 13 fev. 2024.

DAWOOD, L; HERZ, M; LAGE, V. et al. *Brazilian Nuclear Policy [Policy Brief, 19]*. Canberra: Centre for Nuclear Non-Proliferation and Disarmament, 2015.

FREEDMAN, L. *The Evolution of Nuclear Strategy*. 3 ed. Londres: Palgrave MacMillan, 2003.

GUIMARÃES, L. *Naval Nuclear Propulsion and the International Non-Proliferation Regime*. Artigo apresentado na International Nuclear Atlantic Conference (INAC 2005), Santos, Brasil, 2005.

GUIMARÃES, L. Diplomacia nuclear: 70 anos do discurso de Eisenhower do “Átomos para a Paz”. Consultor Jurídico, São Paulo, 24 out. 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-out-24/leonam-guimaraes-70-anos-discurso-atomos-paz/>. Acesso em: 13 de fev. de 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) - INFCIRC/3. The Texts of Instruments Connected with the Agency’s Supply of Uranium to Japan. Vienna: The International Atomic Energy Agency, 1959.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) - INFCIRC/140. Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. Vienna: The International Atomic Energy Agency, 1970

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) - INFCIRC/153. The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. Vienna: The International Atomic Energy Agency, 1972.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) - INFCIRC/395. Agreement Between the Republic of Argentina and the Federative Republic of Brazil for the Exclusively Peaceful Use of Nuclear Energy. Vienna: The International Atomic Energy Agency, 1991.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) - INFCIRC/435. Agreement of 13 December 1991 Between the Republic of Argentina, the Federative Republic of Brazil, the Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards. Vienna, The International Atomic Energy Agency, 1994.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) - INFCIRC/540. Model Protocol Additional to the Agreement(S) between State(S) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards. Vienna: The International Atomic Energy Agency, 1997.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). IAEA Safeguards Glossary, International Nuclear Verification Series, n. 3, ed. 2001, Vienna, 2001.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). The international legal framework for nuclear energy. IAEA International law series, n. 4, Vienna, 2011.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Statute. United Nations. Nova Iorque. [Aprovado em 23 de out. de 1956 e alterado até 28 de dez. de 1989].

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. International Safeguards in the Design of Facilities for Long Term Spent Fuel Management. IAEA Nuclear Energy Series, NF-T-3.1, Vienna, 2018.

MARZO, A. Salvaguardas integradas. Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC): 2017. Disponível em: <https://www.abacc.org.br/en/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/SALVAGUARDAS-INTEGRADAS.pdf>. Acesso em: 14 de fev. de 2024.

Ministério das Relações Exteriores (MRE). Desarmamento e não-proliferação. MRE, Brasil, 15 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/delbrasonu/paz-e-seguranca-internacional/desarmamento-e-nao-proliferao>. Acesso em: 14 de fev. de 2024.

MOLTZ, J, C. Special Report: serious gaps emerging in export controls on submarines. NIS Export Control Observer, Monterey, p. 23-25, 2005. Disponível em: www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/cns-archive/observer/ob_0506e.pdf. Acesso em: 13 de fev. de 2024.

MOLTZ, J, C. Viewpoint: closing the NPT loophole on exports of naval propulsion reactors. Non-Proliferation Review, Monterey, v. 5, n. 1, p. 108-114, 1998.

ROCKWOOD, L. International Nuclear Law: history, evolution and outlook: 10th Anniversary of the International School of Nuclear Law. Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD/NEA). Paris, 2010. ISBN 9264991433.

THIELMANN, G; HOFFMAN W. Submarine Nuclear Reactors: a

worsening proliferation challenge. Arms Control Association Threat Assessment Brief, 2012. Disponível em: <http://www.armscontrol.org/threats/Submarine-Nuclear-Reactors-A-Worsening-Proliferation-Challenge>. Acesso em: 21 de fev. de 2024.

APÊNDICE

SIGLAS E ABREVIATURAS

ACN

Área de Combustíveis Novos

ABACC

Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle
de Materiais Nucleares

AIEA

Agencia Internacional de Energia Atômica (IAEA)

ANSNQ

Autoridade Naval de Segurança Nuclear e Qualidade

CME

Complexo de Manutenção Especializada

CNEN

Comissão Nacional de Energia Nuclear

CSA

Acordo de Salvaguardas Abrangentes (Comprehensive safeguards
agreement)

EC

Elemento Combustível

EURATOM

Comunidade Europeia da Energia Atômica

HEU

Urânio com alto enriquecimento (Highly enriched uranium)

INFCIRC

Documento informativo - circular da IAEA (Information

Circular), refere-se a um documento que foi distribuído a todos os estados membros.

LEU

Urânio com baixo enriquecimento (Low-enriched uranium)

MBA

Área de balanço de material (Material Balance Area)

NPMA

Atividade Militar Não Proscrita (Non-Proscribed Military Activity)

NWS

Estados Nuclearmente Armados (NPT Nuclear-Weapons States)

NNWS

Estados Não Nuclearmente Armados (NPT Non-Nuclear Weapons States)

ONU

Organização das Nações Unidas

PA

Protocolo Adicional de salvaguardas

PE

Procedimentos Especiais de Salvaguardas

PEC

Prédio de Estocagem de Combustíveis

PECI

Piscina de Estocagem de Combustíveis Irrradiados

QSA
Acordo Quadripartite (Quadripartite Safeguards Agreement)

SBD
Salvaguardas no Projeto (Safeguards by Design)

SCCC
Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares

SCPN
Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear

SQ
Quantidade significativa (Significant Quantity)

TNP.....

Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (Treaty on Non-Proliferation of Nuclear Weapons - NPT)

UMC
Unidade Móvel de Confinamento

VOA
Acordo de Salvaguarda por Oferta Voluntária (Voluntary Offer Agreement)

ZLAN
Zona Livre de Armas Nucleares

***Recebido em 06 de fevereiro de 2024, e aprovado para publicação em 20 de maio de 2024.**

The Graded Safeguards Concept: An Alternative to the Safeguards Approach for Naval Nonreactor Nuclear Facilities (NRNFs)

Leandro Moreira Araújo¹

ABSTRACT

The Submarine Development Program (PROSUB), under management of the Brazilian Navy, has been developing naval nuclear propulsion technology and, for so, nuclear facilities for maritime activities. The objective of this paper is to present initial thoughts on an integrated approach for implementing the graded safeguards concept in the design of naval Nonreactor Nuclear Facilities (NRNFs) that support the Brazilian Nuclear Propulsion Program. The proposed Alternative is based on the concept of graded safeguards set forth by the United States Department of Energy (DOE). A regulatory framework has been proposed involving regulations from the International Atomic Energy Agency (IAEA), the DOE and the Brazilian National Nuclear Energy Commission (CNEN, Portuguese acronym). This gradual approach has the potential for a more affordable project, and thus the integrated safeguards approach inherent to DOE regulations presents itself as a viable option to complement CNEN NN 2.02 provisions regarding the design and licensing for naval NRNFs in Brazil.

Keywords: Safeguards, Nonreactor Nuclear Facility, Nuclear Licensing.

1 Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN), Ilha das Cobras, Ed 8, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20091-000. email: Leandro.araujo@marinha.mil.br, ORCID ID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-2218-9003>

INTRODUÇÃO

The Submarine Development Program (PROSUB, Portuguese acronym), under management of the Brazilian Navy, has been developing naval nuclear propulsion technology and, for so, nuclear facilities for maritime activities. The lifecycle of these facilities must go through a nuclear licensing process that encompasses the stages of design, construction, operation, and decommissioning.

The National Nuclear Energy Commission (CNEN, Portuguese acronym) is a federal authority created on October 10, 1956 (Decree nº 40.110) as the Brazilian organization for planning, guiding, supervising, licensing, and controlling the application of nuclear energy. Initially, the CNEN was directly subordinate to the presidency of the Republic (Andrade & Santos, 2013), but currently it is under the Ministry of Science, Technology, and Innovation (MCTI, Portuguese acronym). Furthermore, in order to enhance the national regulators trust and independence, the Law nº 14.222 of October 15, 2021, created the National Nuclear Safety Authority (ANSN, Portuguese acronym) to take over the responsibility of the Safety, Safeguards and Security of ionizing radiation as well as radioactive and nuclear materials — previously under the CNEN's responsibility (ANSN is not regulated and operational at the moment) — and defined as a private competence of the Brazilian Navy Command to regulate, license, inspect and control the nuclear-powered vessels. With that assignment, the Brazilian Navy created the Naval Nuclear Safety and Quality Agency (AgNSNQ) (BARONI et al., 2022).

The CNEN establishes standards and regulations in radiation protection and nuclear safety for peaceful uses. The standard CNEN NE 1.04 *Licensing of Nuclear Installations* (CNEN, 2002) rules the licensing process for nuclear installations in Brazil. This regulation establishes (1) that no nuclear installation shall be constructed or operated without a license (subsection 6.1.1), and (2) the process to be applied to activities related to the location, construction, and operation of nuclear facilities, covering the steps of:

- Site Approval;

- Construction License (total or partial);

- Authorization for the Use of Nuclear Materials;
- Authorization for Initial Operation;
- Authorization for Permanent Operation, and
- Cancellation of Authorization for Operation.

Although this standard is not applied to nuclear installations supporting nuclear propulsion, as established in its subsection 1.2.1.1 (quoted at the end of this paragraph), it shall be used as the driving licensing process for those naval nuclear installations: “Activities related to nuclear reactors used as a source of energy in means of transport, both for propulsion and for other purposes, are excluded” (CNEN, 2002).

The exclusion above constitutes a regulatory gap that challenges PROSUB in managing the construction and operation of the Specialized Maintenance Complex (CME, Portuguese acronym), scheduled to be built in the city of Itaguaí, in the state of Rio de Janeiro (RJ). Aiming to overcome this issue, BARONI et al., 2022 assessed the relevance and suitability of the regulatory framework set forth by the United States Nuclear Regulatory Commission (NRC) and Department of Energy (DOE) for a nuclear-powered submarine’s land support facility’s safety analysis and licensing. DOE regulatory framework was found most adequate to be used as requirements source in the design and licensing process for this type of facility for several reasons, such as that:

- It is applied to the nuclear safety, security, and safeguards of military installations;
- It applies the concept of a graded approach required by the International Atomic Energy Agency (IAEA) publications (IAEA, 2017; 10 CFR Part 830, 2001; US DOE, 2014; US DOE, 2016a; US DOE, 2016b);
- It reflects relevant experience in the design, construction, and operation of NRNFs, experience that supports the U.S Naval Propulsion Program.

It is important to mention that the Brazilian regulator establishes the definitions of nuclear material and radioactive material as quoted below, and that these definitions result in the differentiation of facility types to be licensed:

Radioactive material - material emitting any electromagnetic or particulate radiation, directly or indirectly ionizing.

Nuclear Material - nuclear elements or their by-products, defined in Law 4.118/62 (CNEN, 2002).

From the latter definition, the regulator establishes the definition of Nuclear Installation as:

Nuclear Installation (or simply installation) - installation in which nuclear material is produced, processed, reprocessed, used, handled or stored in relevant quantities, at the discretion of CNEN. The following are included in this definition: a) nuclear reactor; b) plant that uses nuclear fuel to produce thermal or electrical energy for industrial purposes; c) factory or plant for the production or treatment of nuclear materials, part of the nuclear fuel cycle; d) irradiated nuclear fuel reprocessing plant; e) deposit of nuclear materials, not including temporary storage location used during transportation (CNEN, 2002).

The CME is the first national installation for supporting naval nuclear propulsion submarines. According to BARONI et al., 2022, this type of facility is defined as:

All infrastructure (structures, systems and components) located on land to provide support and necessary resources to nuclear-powered submarines during maintenance activities, repairs, nuclear refueling operations, storage for

new and irradiated fuel elements and processing and storage of waste (solid, liquid and gaseous) (BARONI et al., 2022)

The definition above meets the definition of Nonreactor Nuclear Facility (NRNF) adopted by the U. S. Department of Energy (DOE) (10 CFR Part 830, 2001) and the International Atomic Energy Agency (IAEA) (IAEA, 2002).

Nonreactor nuclear facility = Those facilities, activities, or operations that involve, or will involve, radioactive and/or fissionable materials in such form and quantity that a nuclear or a nuclear explosive hazard potentially exists to workers, the public, or the environment, but does not include accelerators and their operations and does not include activities involving only incidental use and generation of radioactive materials or radiation such as check and calibration sources, use of radioactive sources in research and experimental and analytical laboratory activities, electron microscopes, and X-ray machines (10 CFR Part 830, 2001).

These facility definitions allow for the classification of the CME as a naval NRNF (BARONI et al., 2022).

The safeguard requirements established in CNEN NN 2.02 *Nuclear Material Control* (CNEN, 1999) are mandatory in the licensing process for all nuclear installations in Brazil, once compliance with this standard is required in section 7 of (CNEN, 2002) when applying the Authorization for the Use of Nuclear Material Act (AUMAN, Portuguese acronym).

Authorization for the Use of Nuclear Material will be granted after proof that the facility is ready to receive the nuclear material and after compliance, by the applicant, of the relevant conditions required in the CNEN-NE-2.02 "Control of Nuclear Material (CNEN, 1999, section 7).

The application of AUMAN occurs at the same time as that of the Construction Permit (CNEN, 1999), and, for this reason, this administrative act has great potential to impact the cost and schedule of the project. This circumstance demands that a customized safeguards approach for NRNFs is developed, once their licensing process can differ greatly from that for Nuclear Power Plants (NPPs) and is unprecedented in Brazil. A similar approach was taken by GAMA et al, 2023 in the study of an alternative quality assurance program for naval NRNFs.

Therefore, the objective of this paper is to present initial thoughts on an integrated approach for implementing the graded safeguards concept in the design and licensing of naval NRNFs that support the Brazilian Nuclear Propulsion Program. Furthermore, the approach to be proposed must be compatible with future safeguard arrangements that will be derived from the ongoing negotiations between Brazil, Argentina, the Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Material (ABACC) and the IAEA about the Special Procedures foreseen in Article 13 of INFCIRC/435. Note: The safeguards agreement reproduced in INFCIRC/435 is that concluded between Argentina, Brazil, the ABACC and the IAEA.

IAEA CONSIDERATIONS REGARDING SAFEGUARD SYSTEM IMPLEMENTATION IN NRNFs

CNEN NE 1.04 regulation requires (in section 6.5.1) the use of technical standards in the design process of items, that is, that any facility's Structure, System or Component (SSC) "items must be designed, manufactured, assembled, constructed, tested and inspected according to technical standards compatible with the importance of the safety function to be performed" (CNEN, 2002).

The order of preference of codes and technical standards to be used to comply with this requirement is established in subsection 6.5.2:

When applying the provisions of item (subsection) 6.5.1, updated Brazilian codes and standards must be adopted. In the absence of adequate Brazilian standardization, Codes, Guides and Recommendations of the International Atomic Energy Agency should

preferably be used and, in the absence of these, international standards or standards from technical developed countries, provided that these standards and regulations are accepted by CNEN (CNEN, 2002).

Due to the requirement above, IAEA publications were the first source of research on the requirements to be used in the Safeguards approach for naval NRNFs. The most relevant findings are described will be discussed further on.

The first IAEA relevant publication for NRNFs is the IAEA-TECDOC-1221, *Safety of and regulations for nuclear fuel cycle facilities (Report of a Technical Committee meeting held in Vienna, 8-12 May 2000)* (IAEA, 2000). This publication contains the results of a Technical Committee meeting held in Vienna, on 8-12 May, 2000. The objective of this event

was to compile information on the nature of safety concerns and the status of the regulations concerning nuclear fuel cycle facilities other than NPPs in Member States. Brazil participated with representatives from the national nuclear industry and the CNEN. This TECDOC highlights relevant differences between the safety aspects of nuclear fuel cycle facilities and NPPs. One of these differences is that the nuclear fuel cycle facilities have greater distribution and transfer of material throughout the facility, and thus require greater attention when accounting for the nuclear material throughout installations, not just for safeguard purposes, but also to ensure nuclear safety (IAEA, 2000). This TECDOC is seen as the beginning of an international continued effort aiming to refine integrated requirements for NRNFs.

The second relevant IAEA publication is the IAEA-TECDOC-1267, *Procedures for conducting probabilistic safety assessment for non-reactor nuclear facilities* (IAEA, 2002). This TECDOC is the first IAEA reference to uses the term “non-reactor nuclear facility”, and it presents guidance on conducting a Probabilistic Safety Assessment (PSA) study for NRNFs based on the methodology specific to PSA studies for NPPs. Additionally, it references the DOE publications as source of guidance on NRNF safety analysis techniques.

IAEA Safety Standard SSR-4 *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities* (IAEA, 2017) is the main safety requirement reference for NRNFs. This

reference establishes the use of graded approach as a crucial safety principle that must be implemented to ensure the fundamental safety objective of protecting people and the environment from harmful effects of ionizing radiation. In this context, subsection 2.15, SSR-4, states that:

Nuclear fuel cycle facilities are of diverse natures and types. Their design and operating characteristics may differ significantly and present a variety of different hazards. Where certain hazards are demonstrated to be non-existent or very small, application of some features or procedures required for other higher hazard facilities may be less relevant or important. Because nuclear fuel cycle facilities present a greater range of hazards than do power reactors, a graded approach can be used in the application of certain identified requirements of this publication (IAEA, 2017).

Requirement 11, SSR-4, establishes that a graded approach shall be used in the application of nuclear requirements for NRNFs, as seen below.

The use of a graded approach in application of the safety requirements for a nuclear fuel cycle facility shall be commensurate with the potential risk of the facility and shall be based on safety analysis, expert judgement and regulatory requirements (IAEA, 2017).

The DOE safety publications are aligned with this IAEA requirement, as seen in general requirement 7 of 10 by CFR, Part 830, 2001. Accordingly, this rule defines graded approach:

Graded approach means the process of ensuring that the level of analysis, documentation, and actions used to comply with a requirement in this part are commensurate with:

- (1) The relative importance to safety, safeguards, and security;

- (2) The magnitude of any hazard involved;
- (3) The life cycle stage of a facility;
- (4) The programmatic mission of a facility;
- (5) The particular characteristics of a facility;
- (6) The relative importance of radiological and nonradiological hazards; and
- (7) Any other relevant factor (10 CFR 830, 2001).

Requirement 75 from the reference (IAEA, 2017) requires an integrated approach in designing and implementing safety, security, and safeguards (3S) requirements in the licensing process for NRNFs, referred to as nuclear fuel cycle facilities in that publication.

Requirement 75: Interfaces between safety, nuclear security and the State system of accounting for, and control of, nuclear material [...].

11.1. Safety measures, nuclear security measures and arrangements for the State system of accounting for, and control of, nuclear material shall be designed and implemented in an integrated manner so that they do not compromise one another (IAEA, 2017).

Besides allowing 3S systems to not compromise each other, the integration of 3S measures brings several benefits for the project of NRNFs, such as:

- Avoiding additional costs associated with resolving undetected 3S negative systems interactions;
- Avoiding overlapping or duplicating requirements when using specific safety, security or safeguards regulations in the design process of each system;
- Cost-effective utilization of resources.

The following Security references must be taken into account while designing 3S system:

- IAEA Nuclear Security Series No. 13 Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear

Facilities (INFCIRC/225/Revision 5) (IAEA, 2011a) and IAEA Nuclear Security Series No. 14 Nuclear Security Recommendations on Radioactive Material and Associated Facilities (IAEA, 2011b). The reference (IAEA, 2011a) highlights the need for integration of safety, security, and safeguards in the design process of NRNFs.

Paragraph 3.17. The recommended physical protection measures in this publication should be additional to, and not a substitute for other measures established for nuclear safety, nuclear material accountancy and control or radiation protection purposes (IAEA, 2011a).

Other important IAEA publications regarding safety and safeguards are listed forward:

- Safety Report Series n^a 102 *Safety Analysis and Licensing Documentation for Nuclear Fuel Cycle Facilities* (IAEA, 2020a). This publication adapts the licensing documentation for general nuclear facilities from the reference Specific Safety Guide n^o SSG-12, *Licensing Process for Nuclear Installations* (IAEA, 2010), for nuclear fuel cycle facilities other than NPPs and recommends the preparation of plans for accountability for and control of nuclear material as part of the licensing process of NRNFs;

- Specific Safety Guide n^o SSG-15 (Rev. 1), *Storage of Spent Nuclear Fuel* (IAEA, 2020b). This Safety Guide provides guidance and recommendations on (1) the design, commissioning, operation, and assessment of safety for different types of spent nuclear fuel storage facility (wet and dry), by considering different types of spent nuclear fuel from nuclear reactors, and (2) on how to meet the requirements established in the reference (IAEA, 2017). This Safety Guide considers physical protection, accountability for and control of nuclear material only to highlight potential implications for safety;

- Nuclear Energy Series No. NF-T-3.1, *International Safeguards in the Design of Facilities for Long Term Spent Fuel Management* (IAEA, 2018a). This publication presents relevant recommendations for safeguards implementation in each of the following stages of a facility's life cycle: Conceptual Design, Basic Design, Final Design, Construction, Commissioning, Operation, and Decommissioning;

- Nuclear Energy Series No. NPT-2.8, *International Safeguards in*

Nuclear Facility Design and Construction (IAEA, 2013). The focus of this guide is on safeguards by design (SBD), which provides state authorities, designers, equipment providers and prospective purchasers of nuclear facilities with guidance to facilitate the implementation of international safeguards. The IAEA is promoting SBD as an approach whereby international safeguards are fully integrated into the design process of a nuclear facility (IAEA, 2013).

The IAEA Service Series publications, listed forward, are a set of specific safeguards documents whose main objective is to assist the member States in developing and maintaining accounting systems which will support a State's ability to account for its nuclear material in a manner so that the IAEA can exercise its right and meet its obligation to verify a State's declarations (IAEA, 2008). These publications form the IAEA's basis for procedures, methods, measures, and techniques which could be referred to as best practices when used in the state for establishing and maintaining that state's system of accounting for and controlling nuclear material.

- IAEA Services Series No. 15, *Nuclear Material Accounting Handbook*, IAEA-SVS-15 (IAEA, 2008);

- IAEA Services Series No. 21, *Guidance for States Implementing Comprehensive Safeguards Agreements and Additional Protocol*, IAEA-SVS-21 (IAEA, 2016);

- IAEA Services Series No. 31, *Safeguards Implementation Practices Guide on Establishing and Maintaining State Safeguards Infrastructure*, IAEA-SVS-31 (IAEA, 2018b).

It is observed that some IAEA publications are aimed at Comprehensive Safeguards Agreement (CSA) and Additional Protocol (AP) implementation. However, Brazil is a state with a CSA in force, but no AP in force, and, for this reason, the referred IAEA publications should be used solely with regard to aspects of the CSA.

The DOE has published standards aligned with this set of IAEA requirements, such as those described below. These standards are substantial and establish an acceptable method for complying with the

United States accounting and control laws.

-DOE Order 474.2A, *Nuclear Material Control and Accountability* (US DOE, 2023);

-DOE Order 470.4B, Chg 3 (LtdChg), *Safeguards and Security Program* (US DOE, 2021);

-DOE-STD-1194-2019, *Nuclear Materials Control and Accountability* (US DOE, 2019c);

-DOE-STD-1217-2020, *Safeguards and Security Survey and Self-Assessment Planning, Conduct, and Reporting* (US DOE, 2020).

It is worthy to mention that the abovementioned publications integrate Safeguard and Security measures, and nuclear safety requirements may be found in 10 Code of Federal Regulations (CFR) 830, 10 CFR 835 and Safety related DOE Directives and Standards, such as:

-DOE Order 420.1 C, Chg 3 (LtdChg), *Facility Safety*, 2019 (US DOE, 2019a);

-DOE-STD-1027-2018, *Hazard Categorization of DOE Nuclear Facilities* (US DOE, 2019b);

-DOE-STD-1189-2016, *Integration of Safety into the Design Process* (US DOE, 2016a);

-DOE-STD-3009-2014, *Preparation of Nonreactor Nuclear Facility Documented Safety Analysis* (US DOE, 2014);

-DOE-STD-3007-2017, *Preparing Criticality Safety Evaluations at Department of Energy Nonreactor Nuclear Facilities* (US DOE, 2017);

-DOE-STD-1104-2016, *Review and Approval of Nuclear Facility Safety Basis and Safety Design Basis Documents* (US DOE, 2016).

Brazil is not the first state to use DOE Standards and Codes. The

hazard categorization process, hazard analysis methodology, and graded approach required in the abovementioned DOE framework was used by KIM et al, 2023 for the development of classification criteria for structures, systems, and components (SSC) for the safety control of NRNFs in Korea, once there is no stand-alone technical standard and regulation for the classification of NRNFs in Korea.

One can observe that safeguards and security issues are addressed in the safety design basis preparation process regulated by (US DOE, 2016a) since early stages of project, as seen in chapter 5 of the Conceptual Safety Design Report (CSDR), titled “Security Hazards and Design Implications”, in Appendix B of (US DOE, 2016a) and in item E.12, Appendix E, as below:

[...] Interfaces with safeguards and security that are important to safety basis development include the development of Safeguards Requirements Identification, a Vulnerability Assessment, and participation in the hazard analysis effort (US DOE, 2016a).

This integrated management of safeguards and security set forth by the DOE is aligned with the IAEA’s regulation approach, as seen in the reference (IAEA, 2020b).

THE GRADED SAFEGUARDS CONCEPT

The DOE relies on the concept of graded safeguards and on the adoption of measures for the management and verification of safeguards over the entire lifetime of the NRNFs. The directive DOE O 474.2A (US DOE, 2023) establishes requirements for developing, implementing, and maintaining a nuclear material control and accountability (MC&A) program within the DOE and other facilities. The main requirements with direct applicability to naval NRNFs are:

- Physical Protection Requirements; DOE Order 473.1, Physical Protection Program, is indicated for compliance. Although, the requirements from the standard CNEN NN 2.01, Physical Protection of Nuclear material and Installations (CNEN, 2019), seems adequate for naval NRNFs;

- DOE oversight requirements for special nuclear material; The standard DOE-STD-1217-2020 (US DOE, 2020) provides an accepted compliance and performance-based process to conduct and report safeguards & security surveys and self-assessments;

- Attachment 2, Chapter I, recommends that MC&A program must (1) be graded based on the consequence of loss, and (2) Integrate MC&A with Safeguards & Security and other site programs.

The concept of Graded Safeguards, addressed in Attachment 2, Chapter I from (US DOE, 2023) is used to provide the greatest relative amount of control and accountability for the types and quantities of special nuclear material (SNM) that can be most effectively used in a nuclear explosive device. The process consists in determining the attractiveness levels and Categories for each type of SNM. Table 1 and 2 are used in the categorization process.

Table 1 – Special Nuclear materials.

Material Type	Accountable Quantity	Weight Field Used for Element	Weight Field Used for Isotope	Material Type Code
Enriched U-235	1 gram	total U	U-235	20
Uranium-233	1 gram	total U	U-233	70
Plutonium-242 (Pu)	1 gram	total Pu	Pu-242	40
Plutonium-239-241	1 gram	total Pu	Pu-239 + Pu-241	50
Plutonium-238	1/10 of a gram	total Pu	Pu-238	83
Uranium in Cascades	1 gram	total U	U-235	89

Source: adapted from (US DOE, 2023).

Table 2 – Graded Safeguards Table.

	Attractiveness Level	Pu/U-233 Category (kg)				Contained U-235/Separated Np-237/Separated Am-241 and Am-243 Category (kg)			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
WEAPONS Assembled weapons and test devices	A	All	N/A	N/A	N/A	All	N/A	N/A	N/A
PURE PRODUCTS Pits, major components, button ingots, recastable metal, directly convertible materials	B	≥2	≥0.4<2	≥0.2<0.4	<0.2	≥5	≥1<5	≥4<1	<0.4
HIGH-GRADE MATERIALS Carbides, oxides, nitrates, solutions (≥25g/L) etc.; fuel elements and assemblies; alloys and mixtures; UF4 or UF6 (≥50% enriched)	C	≥6	≥2<6	≥0.4<2	<0.4	≥20	≥6<20	≥2<6	<2
LOW-GRADE MATERIALS UF4 or UF6 (≥ 20% < 50% enriched); Solutions (1 to 25 g/L); process residues requiring extensive reprocessing; Pu-238 (except waste)	D	N/A	≥16	≥3<16	<3	N/A	≥50	≥8<50	<8
ALL OTHER MATERIALS Highly irradiated forms, solutions (<1g/L), compounds; uranium containing <20% U-235 or <10% U-233(any form, any quantity)	E	N/A	N/A	N/A	Reportable Quantities	N/A	N/A	N/A	Reportable Quantities

Source: adapted from (US DOE, 2023).

The other requirements for material control in in Attachment 2, Chapter I from (US DOE, 2023) must be applied in accordance with SNM categories determined in the gradation process. In practical terms, the closer the nuclear material is to nuclear weapons, the more restrictive the control and accounting requirements will be. On the other hand, the lower the safeguard category, the greater the resource savings in the installation design. Based in an initial analysis, a naval NRNF similar to the CME would be put into Category I or II and Attractiveness Level C.

It is observed that the DOE methodology for safeguards

categorization does not diverge from the significant quantities adopted by the IAEA. A significant quantity (SQ) is the approximate amount of nuclear material for which the possibility of manufacturing a nuclear explosive device can not be excluded. Significant quantity values currently in use are given in Table 3. Timeliness component of the IAEA inspection goal is defined as the periodic activities that are necessary for the IAEA to be able to draw the conclusion that there has been no abrupt diversion of 1 SQ or more at a facility during a calendar year. (IAEA, 2022).

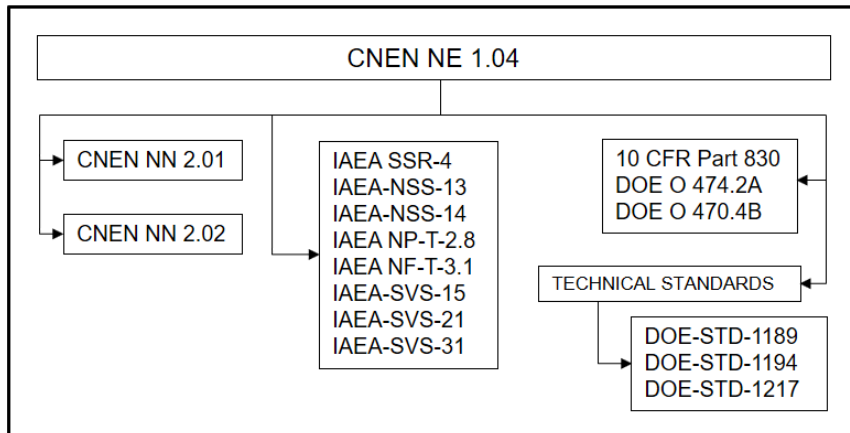
Table 3 – Significant Quantities and detection timeliness goal.

Nuclear Material	Significant Quantities in kg	Timeliness
Plutonium (<80% Pu238)	8 kg total Pu	Irradiated = 3 months Unirradiated = 1 month
Highly Enriched Uranium (≥20% U235)	25 kg U-235	Irradiated = 3 months Unirradiated = 1 month
Low Enriched Uranium (<20% U235) – including natural uranium (NU) and depleted uranium (DU)	75 kg U-235 (or 10 t NU or 20 t DU)	12 months

Source: (IAEA, 2022).

The integrated approach for implementing the graded safeguards concept in the design of naval NRNFs proposed in this paper consists of using laws, directives, standards and guides from CNEN, DOE and IAEA, focused on the design process of general NRNFs, and requiring little customization for application in Brazilian naval NRNFs. The implementation of the proposed regulatory framework of a Graded MC&A program follows the logical order described further and summarized in Figure 1.

Figure 1 – Regulatory framework proposed for the implementation of a Graded MC&A program for Brazilian naval NRNFs.



Source: Prepared by the author.

- Licensing Driver: CNEN NE 1.04 - This standard governs the licensing steps, associated documentation, and general Safety, Security and Safeguards requirements;

- National Security & Safeguards requirements source:

Security: CNEN NN 2.01;

Safeguards: CNEN NN 2.02;

- International complementary 3S general requirements and recommendations source:

Safety: IAEA SSR-4;

Security: IAEA-NSS-13 and IAEA-NSS-14;

Safeguards: NP-T-2.8, IAEA NF-T-3.1, IAEA-SVS-15, IAEA-SVS-21 and IAEA-SVS-31.

- Graded Safeguards methodology main references:

Safety: 10 CFR Part 830;

Safeguards: DOE O 474.2A;

Security: DOE O 470.4B;

- 3S design requirements source:

DOE-STD-1189, DOE-STD-1194, DOE-STD-1217.

CONCLUSION

The purpose of this article was to present initial thoughts on adopting an alternative safeguards approach, one more suited to a naval and military nonreactor nuclear facility (NRNF). The proposed alternative is based on the US DOE concept of graded safeguards. This gradual approach has the potential for a more affordable project. A regulatory framework was proposed involving regulations from the IAEA, the DOE and the CNEN. In this proposal, the licensing process is governed by CNEN NE 1.04, and the general security and safeguards principles are found in CNEN NN 2.01 and CNEN NN 2.02. The methodology for the graded safeguards program implementation is derived from DOE Order 474.2A. This DOE graded safeguards methodology integrates Safety, Safeguards and Security (3S) and, for this reason, other DOE publications must be used as design, safety and security requirements support (10 Part CFR 830, DOE O 470.4B, DOE-STD-1189, DOE-STD-1194 and DOE-STD-1217). This approach is in line with the IAEA's general principles, requirements, and recommendations.

The use of DOE graded safeguards approach in support of the design and licensing process of NRNFs in Brazil is appropriate since DOE publications are applied to the nuclear safety, security and safeguards of military installations and reflects the relevant experience in the design, construction, and operation of NRNFs that supports the U.S Naval Propulsion Program. Besides that, the DOE regulatory framework applies the concept of a graded approach required by IAEA.

The overall conclusion from this research is that the integrated safeguards approach inherent to DOE regulations presents itself as a viable option to complement CNEN NN 2.02 provisions regarding the implementation of a MC&A program customized for naval NRNFs currently being designed and licensed in Brazil.

ACKNOWLEDGMENT

The author gratefully acknowledges the support of the Brazilian Navy.

O Conceito de Salvaguardas Graduais: Uma Alternativa para a Abordagem de Salvaguardas para Instalações Navais Nucleares sem Reator

RESUMO

O Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), sob gestão da Marinha do Brasil, vem desenvolvendo tecnologia de propulsão nuclear naval e, para tanto, instalações nucleares para atividades marítimas. O objetivo deste artigo é apresentar reflexões iniciais sobre uma abordagem integrada para implementação do conceito de salvaguardas graduais no projeto de instalações nucleares sem reator navais (NRNFs) que apoiam o Programa Brasileiro de Propulsão Nuclear. A alternativa proposta baseia-se no conceito do Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) de salvaguardas graduais. Foi proposto um quadro regulatório envolvendo normas da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), DOE e Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Esta abordagem gradual tem potencial para um projeto mais acessível e a abordagem integrada de salvaguardas inerente às normas do DOE apresenta-se como uma opção viável para complementar as disposições da norma CNEN NN 2.02 relativas ao projeto e licenciamento de NRNFs no Brasil.

Palavras-chave: Salvaguardas, Instalação Nuclear sem Reator, Licenciamento Nuclear.

REFERENCES

BARONI, D.; BORSOI, S. et al. Licensing approach applicable to land facilities supporting nuclear-powered submarines. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, 2022.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Licenciamento de instalações nucleares - Norma CNEN NE 1.04. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2002.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Controle de materiais nucleares - Norma CNEN NN 2.02. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 1999.

GAMA, da D. E. H.; FERMAN, S. R. K. Identification of coverage of quality assurance program for maintenance naval base to the Brazilian conventional nuclear-powered submarine. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, Rio de Janeiro, Brasil, v. 11, n. 3, p. 1-31, 2023.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Division of Nuclear Installation Safety. Procedures for conducting probabilistic safety assessment for non-reactor nuclear facilities - IAEA TECDOC-1267. Vienna: Division of Nuclear Installation Safety, 2002.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Safety of nuclear fuel cycle facilities: specific safety requirements, SSR-4. Vienna: IAEA, 2017.

CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Nuclear safety management - 10 CFR part 830. Washington, DC, 2001.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Preparation of nonreactor nuclear facility documented safety analysis - DOE-STD-3009-2014. Washington, DC: DOE, 2014.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Integration of safety into the desing

process - DOE-STD-1189-2016. Washington, DC: DOE, 2016.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Facility safety - DOE O 420.1C, Chg 3. Washington, DC: DOE, 2019.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Hazard categorization of DOE Nuclear facilities - DOE-STD-1027-2018, Chg 1. Washington, DC: DOE, 2019.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Nuclear materials control and accountability - DOE-STD-1194-2019. Washington, DC: DOE, 2019.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Safeguards and security survey and self-assessment planning, conduct, and reporting - DOE-STD-1217-2020. Washington, DC: DOE, 2020.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Safeguards and security program - DOE O 470.4B, Chg 3. Washington, DC: DOE, 2021.

DEPARTMENT OF ENERGY - US. Nuclear material control and accountability - DOE O 474.2A. Washington, DC: DOE, 2023.

***Recebido em 07 de fevereiro de 2024, e aprovado para publicação em 20 de maio de 2024.**

INTERDISCIPLINARY MULTICRITERIA ANALYSIS IN THE SIMULATION OF COMPLEX NEGOTIATIONS: A STUDY ON SAFEGUARDS

Carlos Eduardo Durange de C. Infante¹

ABSTRACT

The article presents the use of the multicriteria method PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) in the simulation of complex negotiations to apply safeguards on nuclear material to be used in the propulsion of submarines of a Non-Nuclear Weapon State (NNWS). Therefore, the article proceeds into four steps. Firstly, it discusses some of the possible variables present in the context of the negotiations of Arrangements between the International Atomic Energy Agency (IAEA) and an NNWS regarding applying safeguards on the nuclear material for the propulsion of submarines. Secondly and thirdly, it presents an overview of the multicriteria methodology and the PROMETHEE method, which incorporates interdisciplinary parameters for robust and exhaustive modeling, presenting its main characteristics in using attributes with which one seeks to identify and measure the preferences of decision-makers. In this way, the method allows the ordering of alternatives for making strategic decisions. Finally, the last section presents the results of simulations carried out with multidisciplinary teams involving Brazilian civilian and military researchers.

Keywords: Negotiation. Nuclear Safeguards. Non-proliferation. Nuclear-Powered Submarines. PROMETHEE Methodology. Simulations.

¹ Doutor. Universidade Federal de São João del Rei – UFSJ. Email: prof.eduinfante@ufsj.edu.br / ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2836-764>

INTRODUCTION

Interdisciplinary Multicriteria Decision Analysis (MCDA) plays a pivotal role in addressing the complexities inherent in safeguard studies, particularly in the context of nuclear negotiations. Such studies require a nuanced understanding of diverse factors, including technical feasibility, political considerations, and international regulations. MCDA methodologies, such as the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), offer structured approaches to integrating and evaluating multiple criteria in decision-making processes (BELTON & STEWART, 2002). By leveraging interdisciplinary perspectives, MCDA facilitates the identification of robust safeguards strategies that balance the competing objectives of security, transparency, and cooperation.

One of the key challenges in safeguard studies is the need to navigate complex and often conflicting stakeholder interests. Interdisciplinary MCDA provides a platform for stakeholders from diverse domains, including policymakers, scientists, and industry representatives, to collaboratively evaluate and prioritize safeguard options (MALCZEWSKI, 2006). This participatory approach fosters transparency and consensus-building, enhancing the legitimacy and acceptance of safeguard decisions among stakeholders. Additionally, MCDA enables the incorporation of qualitative and quantitative data, allowing for a comprehensive assessment of the effectiveness and feasibility of different safeguard measures (KEENEY & RAIFFA, 1993).

Simulation modeling serves as a valuable tool in the interdisciplinary MCDA of complex negotiations, offering a dynamic environment to explore the implications of various safeguard strategies over time. Through simulation, decision-makers can assess the resilience of proposed safeguards to evolving threats and uncertainties, thereby enhancing the robustness of decision-making processes (SISKOS & GRIGOROUDIS, 2010). Furthermore, simulation enables the exploration of trade-offs between different criteria and the identification of potential unintended consequences of safeguard decisions.

Two definitions are already necessary in this article: model and simulation. We adopt the definitions of the United States Department of Defense both for model and simulation to resolve this lexical issue:

- A model is “a physical, mathematical, or otherwise logical

representation of a system, entity, phenomenon, or process” (U.S. DoD 2018, p. 10).

– A simulation is “a method for implementing a model over time” (U.S. DoD 2018, p. 10).

Having made these initial considerations about what a model and a simulation are, it is now possible to highlight that the interdisciplinary MCDA in safeguard studies extends beyond technical considerations to encompass broader socio-political factors that influence negotiations and implementation. By integrating insights from political science, international relations, and economics, MCDA helps contextualize safeguard decisions within broader geopolitical dynamics and power relations (MACHARIS & SPRINGAEL, 2009). This interdisciplinary perspective is essential for developing safeguards strategies that are not only technically sound but also politically viable and socially acceptable.

This article aims to explore the application of interdisciplinary MCDA in the context of safeguard studies for nuclear materials. Specifically, the research objective is to demonstrate how interdisciplinary MCDA can enhance decision-making processes and improve the effectiveness of safeguard strategies. The methodology involves a review of relevant literature, case studies, and simulation modeling techniques to illustrate the application of interdisciplinary MCDA in safeguard studies.

To achieve the proposed objective, the article was structured in four sections. The first of them discusses some of the possible variables present in the context of the negotiations of Arrangements between the International Atomic Energy Agency (IAEA) and an NNWS regarding applying safeguards on the nuclear material for the propulsion of submarines. The second and third sections present an overview of the multicriteria methodology and the PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) method, which incorporates interdisciplinary parameters for robust and exhaustive modeling, presenting its main characteristics in the use of attributes with which one seeks to identify and measure the preferences of decision-makers, allowing the ordering of alternatives for strategic decision making. Finally, the last section presents the results of simulations carried out with multidisciplinary and strategic teams.

THE ARRANGEMENT FRAMEWORK AND VARIABLES

A central issue in the negotiations of Arrangement between the IAEA and an NNWS is related to possible ways of ensuring that nuclear material used in a nuclear-powered submarine of an NNWS will not be used for other purposes. This issue implies multiple challenges for an NNWS that aims to acquire or develop this type of weapons system: reconciling the political, legal, and technical issues related to the safeguards without compromising the sensitive and classified characteristics inherent to the development and operation of a nuclear-powered submarine.

The IAEA's normative framework for Comprehensive Safeguards Agreements² (CSA) with the NNWS parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) is contained in the Information Circular number 153 (INFCIRC/153/Corr – The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the NPT). Paragraph 14 of INFCIR/153 provides that the State that will use nuclear energy “in a non-proscribed military activity” shall make an Arrangement with IAEA that should contain “the period or circumstances during which safeguards will not be applied” and “the Agency shall be kept informed of the total quantity and composition of such unsafeguarded nuclear material in the State and of any exports of such material” (see IAEA, INFCIRC/153). In other words, if an NNWS decides to use nuclear energy to propel a submarine, it must negotiate an arrangement with the IAEA, as mentioned above.

It is important to note that this negotiation will not be simple mainly because it is presented in broad terms in INFCIRC/153. The directly interested parties – the NNWS and the IAEA – must deal with multiple variables for this Agreement to come to fruition. In this sense, this section discusses some critical and essential variables present in the context of the negotiations of Special Procedures Arrangement between the IAEA and

2 According to article III of the NPT, each NNWS Party to the Treaty must negotiate a safeguards agreement with the IAEA: “Each non-nuclear-weapon State Party to the Treaty undertakes to accept safeguards, as set forth in agreement to be negotiated and concluded with the International Atomic Energy Agency in accordance with the Statute of the International Atomic Energy Agency and the Agency’s safeguards system, for the exclusive purpose of verifying the fulfillment of its obligations assumed under this Treaty with a view to preventing diversion of nuclear energy from peaceful uses to nuclear weapons or other nuclear explosive devices. [...]” (see UNODA, NPT, Text of the Treaty).

an NNWS.³

The premise considered in this approach is that any proposal of an Arrangement between the IAEA and an NNWS, as provided for in Paragraph 14 of INFCIRC/153, or a CSA based on the INFCIRC/153, shall be made in a way that does not compromise the development and operation of the nuclear-power submarine and, at the same time, provides the ways to the IAEA assures there is no diversion of nuclear material to prohibited activities.

Based on this premise, four variables were identified:

- Preservation of Sensitive/Classified Technologies.
- Preservation of the Submarine's Operational Characteristics.
- Guarantee that there will be no diversion of nuclear material.
- Duration of the Negotiation.

It is worth noting that at the time this article was written, only two NNWS – Brazil and Australia – had programs aimed at developing or acquiring nuclear-powered submarines. The two programs have very different reasons and approaches not discussed in this article. However, it can be assumed that the abovementioned variables will be present in the negotiations between these NNWS and the IAEA.

In this context, regarding the variable "Preservation of Sensitive/Classified Technologies", undoubtedly, the Arrangement must be drafted in such a way as to protect these technologies. In this sense, the NNWS should have previously defined what information on the nuclear material and propulsion should be protected. Thus, the negotiations will develop across a spectrum that ranges from maximum preservation of sensitive/classified technologies to broad flexibility to allow maximum application of safeguards.

Concerning the variable "Preservation of the Submarine's Operational Characteristics", it is essential to highlight the object of the safeguards in the negotiation. The nuclear-powered submarine is not

³ It is worth highlighting that all the ideas expressed here are personal and do not express the position of any official body of the Brazilian State (Authors' note).

the object of safeguards. The nuclear material is the object of safeguards (SILVA, 2022). In this context, this variable refers to the characteristics associated with nuclear-powered submarine operation and maintenance data and profiles, including personnel requirements, operating procedures, software documentation, publications, and maintenance guides.

In this sense, one of the challenges in the negotiation is the determination of the points at which the safeguards – provided for in CSA in force in the NNWS – will no longer be applied to the nuclear material, as well as the point at which the safeguards will be applied again. These definitions will imply the types of IAEA inspections and verifications and, consequently, the eventual observation of the nuclear-powered submarine operating profile and characteristics (SILVA, 2022). Thus, it can be inferred that the negotiations, in aspects related to this variable, will unfold along a spectrum that goes from maximum preservation of the submarine's operational characteristics to total flexibility to allow the maximum application of safeguards.

As for the variable "Guarantee that there will be no diversion of nuclear material", the key concept for the negotiation is Safeguards.

Safeguards are a set of technical measures applied by the IAEA on nuclear material and activities, through which the Agency seeks to independently verify that nuclear facilities are not misused, and nuclear material not diverted from peaceful uses (see IAEA, Basics of IAEA Safeguards).

The negotiators' perspective must be one of complete understanding that the safeguards aim to assure States parties to the NPT that nuclear material is not being diverted for the manufacture of nuclear weapons or other nuclear explosive devices or any other unknown purposes. Thus, the negotiations, in aspects related to this variable, will unfold along a spectrum that goes from maximum hardness in the application of safeguards to the withdrawal of the application of safeguards, as provided for in paragraph 14 of INFICIRC/153.

Regarding the variable "Duration of the Negotiation", we are referring to the time the negotiation takes to complete. It is pertinent to highlight that the negotiations will be closely watched by the international community and, mainly, by those with direct interests in influencing the

future users of nuclear-powered submarines. Therefore, the negotiating parties may receive external pressure to extend or accelerate negotiations on an Agreement. Thus, this variable involves a spectrum that varies from actions for negotiations to “drag on” indefinitely or for them to be concluded satisfactorily for the parties directly involved in the negotiation. The point to be highlighted is that these variables will be present in the negotiations between the NNWS and the IAEA. Therefore, developing and employing a model that allows simulating decision makers’ preferences at specific points in the negotiation process and, consequently, contributing to decision-making that maximizes the interests of the negotiating parties becomes an advantageous tool in negotiation. With this as a premise, the article sought, as described in the Introduction, to present how the PROMETHEE II method can be used as decision support in negotiations between an NNWS and the IAEA in the case of safeguards to be applied to nuclear material used for propulsion of submarines.

MCDA THEORY

Multicriteria Decision Analysis (MCDA) theory serves as a cornerstone in addressing complex decision-making scenarios across various domains. It provides a systematic framework for evaluating alternatives based on multiple, often conflicting, criteria or objectives. This text aims to delve into the depths of MCDA theory, elucidating its conceptual foundations, methodologies, applications, and recent advancements, supported by relevant scientific literature.

MCDA theory draws upon decision theory, operations research, and multiple-criteria decision-making (MCDM). It builds on seminal works such as von Neumann and Morgenstern’s utility theory and Arrow’s impossibility theorem, addressing the challenges of aggregating individual preferences into collective decisions. The theory emphasizes the importance of clarifying objectives, alternatives, and uncertainties in decision-making processes (KEENEY & RAIFFA, 1993).

Various methodological approaches exist within the MCDA framework, each offering distinct ways to structure and analyze decision problems. Analytic Hierarchy Process (AHP), developed by Saaty, enables hierarchical structuring of criteria and alternatives, facilitating pairwise comparisons to derive preference weights. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), proposed by Hwang and Yoon, ranks alternatives based on their proximity to the ideal solution

and furthest from the negative ideal (SAATY, 1980; HWANG & YOON, 1981).

The MCDA considers different types of criteria, including quantitative, qualitative, and ordinal. Quantitative criteria involve measurable attributes, such as cost or performance metrics, while qualitative criteria capture subjective factors like user satisfaction or environmental impact. Ordinal criteria involve rankings or preferences without precise numerical values, requiring methods such as pairwise comparisons or preference elicitation (BELTON & STEWART, 2002).

MCDA finds applications across diverse domains, including environmental management, healthcare, finance, transportation, and engineering. In environmental management, MCDA aids in site selection for waste disposal or identifying suitable conservation areas by considering ecological, economic, and social criteria. In healthcare, MCDA supports clinical decision-making by integrating patient preferences, efficacy, and cost-effectiveness of treatments (MALCZEWSKI, 2006).

Dealing with uncertainty is a critical aspect of decision-making, and MCDA offers methods to incorporate uncertainty into the analysis. Techniques such as sensitivity analysis, scenario analysis, and probabilistic modeling allow decision-makers to assess the robustness of their decisions under different levels of uncertainty. This integration enhances the reliability and resilience of decision-making processes in uncertain environments (MUNDA, 2004).

Despite its utility, MCDA poses several challenges and limitations. These include the subjective nature of criteria weighting and preference elicitation, which can introduce biases and uncertainties into the decision-making process. Moreover, the complexity of real-world decision problems may render the application of MCDA computationally intensive and prone to model uncertainties. Additionally, interpreting and communicating the results of MCDA analyses to stakeholders with varying levels of expertise can be challenging, requiring effective visualization and communication strategies.

Recent advancements in MCDA theory include the development of hybrid methods that combine different MCDA approaches or integrate machine learning and optimization techniques. These hybrid methods aim to overcome the limitations of individual approaches and provide more robust and flexible decision support tools. Moreover, advancements in computing power and data analytics have enabled the application of

MCDA to increasingly large and complex decision problems, further expanding its potential impact across domains (ZAVADSKAS, TURSKIS, & ANTUCHEVICIENE, 2017).

Therefore, Multicriteria Decision Analysis (MCDA) theory offers a rich and versatile framework for addressing complex decision-making problems across various domains. Grounded in decision theory and multiple-criteria decision-making (MCDM), MCDA encompasses a range of methodologies tailored to specific decision contexts. While it finds widespread application, challenges such as subjective weighting, computational complexity, and stakeholder engagement warrant ongoing research and methodological advancements. Nonetheless, MCDA remains a valuable tool for addressing multifaceted decision problems and fostering informed decision-making processes.

PROMETHEE METHOD

The PROMETHEE methods were designed to treat multicriteria problems of outranking type and their associated evaluation table.

The additional information requested to run PROMETHEE is particularly clear and understandable by both the analysts and the decision-makers. It consists of:

- Information between the criteria; and
- Information within each criterion.

Information between the Criteria

Each criterion – whether a dimension corresponding to stakeholders, or a parameter (variable) considered – receives a weight of relative importance. These weights are non-negative numbers, independent of the measurement, and the higher the weight, the more important the criterion.

In the PROMETHEE software PROMCALC and DECISION LAB, the user is allowed to introduce arbitrary numbers for the weights, making it easier to express the relative importance of the criteria. These numbers are then divided by their sum so that the weights are normed automatically.

Assessing weights to the criteria is not straightforward. It involves the priorities and perceptions of the decision-maker. The selection of the

weights is his space of freedom. PROMCALC and DECISION LAB include several sensitivity tools to experience different set of weights in order to help to fix them.

The PROMETHEE method involves comparing alternatives based on multiple criteria. Information intracriteria refers to the data within each criterion, such as the performance or value associated with each alternative. *Limiar* is the threshold or cutoff point used to determine the preference of an alternative within a criterion. These thresholds help in ranking alternatives according to their performance relative to the established criteria.

PROMETHEE METHOD IN SAFEGUARDING NUCLEAR MATERIALS FOR SUBMARINE PROPULSION

One of the key advantages of utilizing PROMETHEE in safeguard studies for submarine propulsion is its ability to handle multiple conflicting criteria. In this context, criteria may include factors such as security, reliability, operational feasibility, and regulatory compliance. PROMETHEE allows decision-makers to systematically compare and rank alternative safeguard measures based on their performance across these criteria, facilitating informed decision-making (BRANS & VINCKE, 1985).

Moreover, PROMETHEE methodology can accommodate both quantitative and qualitative data, making it suitable for assessing diverse aspects of safeguard strategies. For instance, quantitative data such as technical specifications and cost estimates can be integrated with qualitative assessments of political considerations and stakeholder preferences. This comprehensive approach enables decision-makers to consider a wide range of factors influencing safeguard decisions (BRANS & MARESCHAL, 2005).

In the context of submarine propulsion, safeguard measures must not only ensure the security of nuclear materials but also maintain operational readiness and effectiveness. PROMETHEE facilitates the evaluation of safeguard strategies based on their impact on submarine operations, allowing decision-makers to identify measures that strike a balance between security and operational requirements (MARESCHAL & BRANS, 2010).

Furthermore, PROMETHEE can support the analysis of trade-offs between different criteria, helping decision-makers navigate complex

decision landscapes. For instance, a safeguard measure that enhances security may incur higher costs or impose operational constraints. PROMETHEE enables decision-makers to quantify and prioritize these trade-offs, guiding the selection of safeguard strategies that best align with overarching objectives (MACHARIS & SPRINGAEL, 2009).

In summary, the PROMETHEE method offers a valuable tool for evaluating and prioritizing safeguard measures for nuclear materials used in submarine propulsion. By providing a structured framework for multicriteria decision analysis, PROMETHEE enables decision-makers to assess alternative strategies based on their performance across multiple criteria. This facilitates the identification of robust and effective safeguard measures that enhance security, safety, and operational readiness in submarine propulsion systems.

PROMETHEE Simulation Analysis

The importance of conducting mathematical simulations for complex decision-making contexts cannot be overstated. Mathematical simulations provide decision-makers with invaluable insights into the potential outcomes and consequences of different courses of action. By modeling complex systems and scenarios, simulations allow for the exploration of various scenarios, the identification of potential risks and opportunities, and the evaluation of alternative strategies. Moreover, simulations enable decision-makers to test hypotheses, refine strategies, and make informed decisions based on evidence rather than intuition or guesswork. In contexts where real-world experimentation is impractical or unethical, mathematical simulations serve as indispensable tools for decision support, helping to mitigate uncertainties and improve the effectiveness of decision-making processes.

We assume that an NNWS negotiating safeguards to be applied to the nuclear fuel of a nuclear-powered submarine developed or acquired by that NNWS would have a team of negotiators representing, at a minimum, the following NNWS bodies or stakeholders: military, diplomatic and technical/regulatory nuclear authority. Thus, the interdisciplinary study included essential dimensions, as shown in Table 1.

Table 1 – Dimensions Adopted.

Analysis dimensions – simulation	Weights
NNWS Military	3,00
NNWS Diplomacy	2,00
NNWS Technical and Regulatory	3,00
IAEA Delegation	1,00

Source: Prepared by the author.

For MCDA studies, weights are fundamental for pairwise analyzes and for building relationships between alternatives. The weights for this simulation were assigned by technical experts and the scale used was from 1 to 3, with 1 being the least important and 3 being the most important.

The parameters used in the simulation were those listed in Table 2 and were stated based on the variables considered essential in negotiation and already described in this article.

Table 2 – Parameters Adopted.

Parameters
Preservation of Sensitive/Classified Technologies
Preservation of the Submarine's Operational Characteristics
Guarantee that there will be no diversion of nuclear material
Duration of the Negotiation

Source: Prepared by the author.

It is worth returning to the weights presented in Table 1 for the respective dimensions considered:

- Weight 3 – Will be assigned to the stakeholder with mastery and expertise in two or more of the four established parameters.

- Weight 2—This will be assigned to the stakeholder who only has “expertise in one of the established parameters” or “central dialogue in the negotiation.”

- Weight 1 – Stakeholder considered for a given simulation.

We consider that the simulation will be carried out in two rounds. The first will only involve NNWS stakeholders. In this round, the differentiated weights corresponding to expertise in the parameters considered will allow the NNWS delegation to reach an internal consensual position before negotiating with the IAEA. In the second round, there would be only two dimensions – the NNWS delegation and the IAEA delegation –both with a weight equal to 1.

The Figure 1 presents important information about the parameters versus dimensions, assigned in the Decision Lab software. The scores assigned to each parameter were made by experts, where they used a scale from 0 to 4, with 0 being the lowest impact and 4 being the highest impact.

Figure 1 - Matrix Valuation.

		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SIMULATION		MILITARY	DIPLOMATIC	TECHNICAL	IAEA
Unit		scale	scale	scale	scale
Cluster/Group		◆	◆	◆	◆
Preferences					
Min/Max		max	max	max	max
Weight		3,00	2,00	3,00	1,00
Preference Fn.		Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds		absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference		n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference		n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian		n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum		2,0	1,0	1,0	2,0
Maximum		3,0	4,0	3,0	3,0
Average		2,8	2,5	2,0	2,5
Standard Dev.		0,4	1,1	1,0	0,5
Evaluations					
<input checked="" type="checkbox"/> TECHNOLOGY	<input type="checkbox"/>	3,0	1,0	1,0	3,0
<input checked="" type="checkbox"/> CHARACTERISTICS	<input type="checkbox"/>	2,0	2,0	1,0	2,0
<input checked="" type="checkbox"/> NUCLEAR MATE...	<input type="checkbox"/>	3,0	4,0	3,0	3,0
<input checked="" type="checkbox"/> NEGOTIATION	<input type="checkbox"/>	3,0	3,0	3,0	2,0

Source: Prepared by the author from the Decision Lab Software.

It is worth noting that this is just an example of using PROMETHEE and does not reflect the actual results obtained from the simulations performed. Just note that this Matrix Valuation did not consider the two previously described rounds. However, the point to be highlighted is the kind of outcomes one can obtain.

Thus, the interdisciplinary simulation 2 included essential dimensions, as shown in Table 3 and Figure 2.

Table 3 – Dimensions Adopted in Simulation 2.

Analysis dimensions – simulation	Weights
NNWS Military	3,00
NNWS Diplomacy	3,00
NNWS Technical and Regulatory	3,00

Source: Prepared by the author

Figure 2 - Matrix Valuation for Simulation 2 – Brazil

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SIMULATION BR	DIPLOMATIC	REGULATORY	MILITARY	AIEA	AIEA 1	DIPLOMÁTIC...
Unit	escala	escala	escala	escala	escala	escala
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	max	max	max	max	max	max
Weight	2,00	3,00	3,00	8,00	8,00	2,00
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Minimum	0,0	2,0	0,0	3,0	3,0	0,00
Maximum	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	4,00
Average	2,3	2,8	2,0	3,7	3,7	2,00
Standard Dev.	1,5	0,8	1,2	0,5	0,5	1,63
Evaluations						
<input checked="" type="checkbox"/> TECHNOLOGY	0,0	2,0	0,0	4,0	4,0	0,00
<input checked="" type="checkbox"/> CHARACTERISTICS	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	2,00
<input checked="" type="checkbox"/> NUCLEAR MATE...	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	4,00
<input checked="" type="checkbox"/> NEGOTIATION	3,0	3,0	3,0	n/a	n/a	n/a

Source: Prepared by the author from the Decision Lab Software.

Analyzing the Brazilian context is crucial when studying additional safeguards for the nuclear submarine program, considering diplomacy, regulations, and military activities. Brazil's diplomatic stance, both regionally and globally, plays a significant role in how the program is perceived and regulated. Engaging with international partners and adhering to non-proliferation treaties are essential aspects that impact the development and oversight of the nuclear submarine project.

Moreover, Brazil's regulatory framework, including its nuclear safeguards and export control mechanisms, shapes how the country manages its nuclear activities. Understanding these regulations is vital for ensuring compliance with international standards and mitigating proliferation risks associated with the nuclear submarine program.

Additionally, considering Brazil's military activities is crucial for assessing the implications of deploying a nuclear-powered submarine. This involves evaluating the strategic goals of the program, potential security implications for the region, and the broader geopolitical context. Examining the military dimension provides insights into how the submarine program fits within Brazil's national defense strategy and its implications for regional stability.

In summary, analyzing the Brazilian context regarding diplomacy, regulations, and military activities is essential for understanding the broader implications of the nuclear submarine program. It allows for a comprehensive assessment of the program's impact on national security, international relations, and non-proliferation efforts.

GAIA and Graph Results

The GAIA graph, an integral component of the PROMETHEE method, offers a visual representation of decision-making processes, facilitating stakeholders' understanding of complex decision landscapes. This graphical tool maps alternatives based on their performance across multiple criteria, allowing decision-makers to identify trade-offs, dominance relationships, and areas for improvement. By plotting alternatives in a two-dimensional space, with each axis representing a different criterion, the GAIA graph provides a concise yet comprehensive overview of the decision space, empowering decision-makers to prioritize actions and optimize outcomes effectively.

Moreover, the GAIA graph serves as a powerful communication tool, enabling stakeholders to engage in meaningful discussions and

consensus-building exercises. Its intuitive visual format allows decision-makers to convey complex information in a clear and accessible manner, fostering transparency and collaboration among stakeholders with diverse expertise and perspectives. By promoting shared understanding and alignment on decision priorities, the GAIA graph enhances the decision-making process's inclusivity and effectiveness, ultimately leading to more informed and robust decisions.

Figure 3 presents a sample of the GAIA Graph utilization in the simulation of the negotiation between the IAEA and BRAZIL. from which we can analyze the following results:

- The decision axis is in the first quartile, characterizing a direction of great impact.

- The dimensions with the greatest impact on the decision are: NNWS Military.

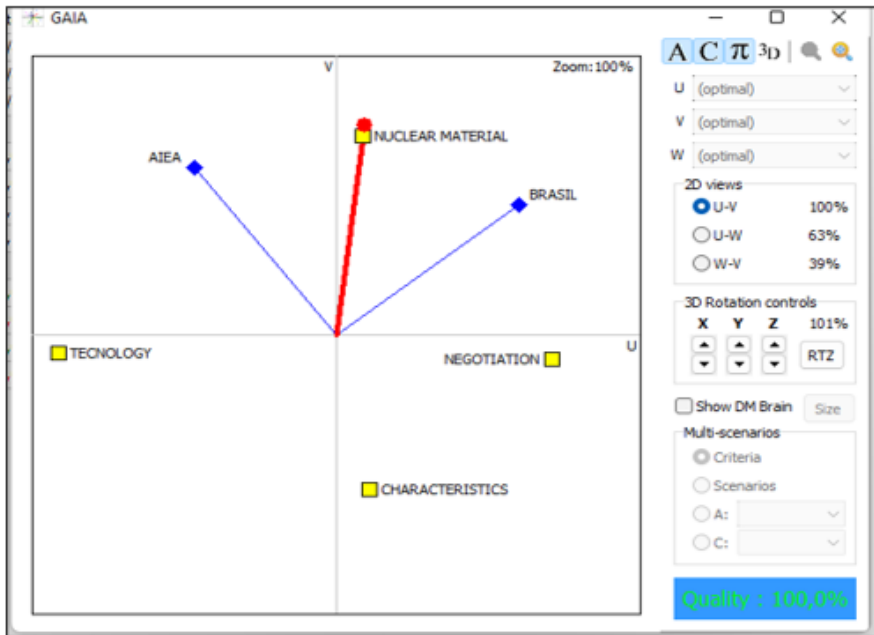
- The Diplomatic and dimensions are important but have lower Phi+ than the others.

- The parameter with the greatest impact on the decision is guarantee that there will be no diversion of nuclear material. This parameter has the same direction as the decision axis and is in the same quartile.

- The Preservation of Sensitive/Classified Technologies and Preservation of the Submarine's Operational Characteristics do not impact the decision, with Phi- greater than the others.

Once again, it is essential to note that this is just an example of using PROMETHEE and does not reflect the actual results obtained from the simulations performed. Just note that this GAIA Graph representation did not consider the two previously described rounds. However, the point to be highlighted is the types of conclusions that can be obtained in the simulation.

Figure 3 – GAIA Graph.



Source: Prepared by the author from the GAIA Graph.

The graphical analysis in the PROMETHEE method holds significant importance in enhancing decision-making processes. Through visual representations such as GAIA graphs or preference ranking maps, PROMETHEE enables decision-makers to gain insights into the relative performance of alternatives across multiple criteria. These graphical tools facilitate the identification of dominance relationships, trade-offs, and areas of compromise, empowering decision-makers to make more informed and effective choices.

Furthermore, the visual nature of graphical analysis in PROMETHEE enhances communication and stakeholder engagement. By presenting complex decision landscapes in a clear and intuitive manner, graphical representations facilitate discussions, consensus-building, and collective decision-making. This fosters transparency, trust, and buy-in among stakeholders, ultimately leading to more robust and sustainable decisions. Thus, the graphical analysis in PROMETHEE not only enhances decision quality but also promotes collaboration and alignment among

decision-makers and stakeholders.

FINAL CONSIDERATIONS

Negotiations involving safeguards and their application in the propulsion of nuclear-powered submarines are a current issue on the IAEA agenda. Its unique character lies in the unprecedented nature of these negotiations, given that only two NNWS currently have active programs for the acquisition and/or construction of nuclear-powered submarines: Australia and Brazil. The programs have different contexts and characteristics, but both involve negotiating safeguards with the IAEA considering their respective CSA in force. In the future, other NNWS may pursue acquisition or development projects for this type of weapons system.

The negotiations involve multiple challenges and variables for the negotiating parties. These variables present trade-offs and can generate friction and wear in negotiation and impact the duration of the negotiation process. Therefore, tools that support decisions made in the various phases of this negotiation process become relevant assets.

In this context, interdisciplinary multicriteria analysis plays a crucial role in the simulation of complex negotiations, particularly in safeguard studies. By integrating diverse perspectives, methodologies, and stakeholder inputs, MCDA enables the systematic evaluation and prioritization of safeguard options. Through modeling simulation, decision-makers can assess the resilience and implications of proposed safeguards over time, enhancing safeguard decisions' effectiveness and legitimacy in complex negotiations.

The PROMETHEE showed the possibility of identifying trade-offs between the parameters (variables) adopted and possible friction points (internal and external) between the negotiating parties. Furthermore, the point to be highlighted is that, based on the simulations carried out, it was possible to verify that the proposed model allows negotiators who use it to have the perception of how the prioritization of decision parameters, based on the interests of actors belonging to the dimensions considered, will impact the negotiation of the Arrangement. The cooperative approach, intrinsic to the presented method, enhances consensus-building on sensitive negotiation, as is the case of safeguards to be applied to the nuclear material used in a nuclear-powered submarine of an NNWS.

ANÁLISE MULTICRITÉRIO INTERDISCIPLINAR NA SIMULAÇÃO DE NEGOCIAÇÕES COMPLEXAS: UM ESTUDO SOBRE SALVAGUARDAS

RESUMO

O artigo apresenta a utilização do método multicritério PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) na simulação de negociações complexas para aplicação de salvaguardas sobre o material nuclear para utilizado na propulsão de submarinos de um Estado Não-nuclearmente Armado (NNWS). Para tanto, o artigo está estruturado em quatro partes. Inicialmente são discutidas algumas das possíveis variáveis presentes no contexto das negociações de acordos entre a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e um NNWS, no que diz respeito à aplicação de salvaguardas ao material nuclear para a propulsão de submarinos. A segunda e terceira partes têm como foco uma visão geral da metodologia multicritério e do método PROMETHEE, que incorpora parâmetros interdisciplinares para uma modelagem robusta e exaustiva, apresentando suas principais características na utilização de atributos com os quais se busca identificar e medir as preferências dos tomadores de decisão. Dessa forma o método permite a ordenação de alternativas para a tomada de decisões estratégicas. Por fim, a última seção apresenta os resultados de simulações realizadas com equipes multidisciplinares envolvendo pesquisadores, civis e militares, brasileiros.

Palavras-chave: Negociação. Salvaguardas Nucleares. Não-Proliferação. Submarinos de Propulsão Nuclear. Metodologia PROMETHEE. Simulações.

Note for Clarification - copyright

This paper was developed by two authors in the context of the Project supported by the Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES), Project 02449401776/PROCAD-DEF20191325566P. However, one of the article's authors (Prof Dr Marcos Valle Machado da Silva) organized this special edition of the Brazilian Naval War College Journal. To avoid conflict of interest and maintain good editorial practices, the article was published with only Prof Dr Carlos Eduardo Durange de C. Infante as an author.

REFERENCES

- BELTON, V.; STEWART, T. J. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Berlim: Springer Science & Business Media, 2002.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. (org.). Promethee methods. In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHROGOTT, Matias. Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Berlim: Springer, 2005.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P. A preference ranking organization method: the promethee method for multiple criteria decision-making. Management Science, Maryland, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.
- HWANG, C. L.; YOON, K. Multiple attribute decision making: methods and applications. Berlim: Springer-Verlag, 1981.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Basics of IAEA Safeguards. Disponível em: <https://www.iaea.org/topics/basics-of-iaea-safeguards>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). IAEA safeguards glossary: 2022 edition. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2022. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2003_web.pdf. Acesso em: 25 fev. 2024.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). INFCIRC/153 - The structure and content of agreements between the agency and states required in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear weapons. Disponível em: <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/structure-and-content-agreements-between-agency-and-states-required-connection-treaty-non-proliferation-nuclear-weapons>. Acesso em: 22 fev. 2024.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- MACHARIS, C.; SPRINGAEL, J. PROMETHEE and AHP: the design of operational synergies in Multicriteria analysis: Strengthening

PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, Países Baixos, v. 200, n. 1, p. 165-176, 2009.

MALCZEWSKI, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, [s. l.], v. 20, n. 7, p. 703-726, 2006.

MARESCHAL, B.; BRANS, J. P. PROMETHEE methods. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, R. J. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. Berlim: Springer, 2010. p. 163-186.

MUNDA, G. Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, [s. l.], v. 158, n. 3, p. 662-677, 2004.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, Reino Unido, v. 41, n. 11, p. 1073-1076, 1980.

SILVA, M. Valle M. da. Sea power, naval power, safeguards, and the Brazilian conventional nuclear-powered submarine. In: ALMEIDA, F. E. A.; MOREIRA, W. S.; RIBEIRO, A. M. F. *The influence of sea power upon the maritime studies*. Rio de Janeiro: Letras Marítimas, 2022. p. 243-259.

SISKOS, Y.; GRIGOROUDIS, E. Preference disaggregation in multicriteria analysis in multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Berlim: Springer, 2010. p. 415-441.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISARMAMENT AFFAIRS (UNODA). Treaty on the non-proliferation of nuclear weapons - NPT. Disponível em: <https://www.un.org/disarmament/wmd/nuclear/npt/text>. Acesso em: 12 fev. 2024.

ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; ANTUCHEVICIENE, J. Hybrid multiple criteria decision-making methods: a review of applications in engineering. *Applied, Soft Computing*, [s. l.], v. 61, p. 973-1010, 2017.

***Recebido em 06 de fevereiro de 2024, e aprovado para publicação em 20 de maio de 2024.**

CONDICIONANTES DEL DESARROLLO DE SUBMARINOS NUCLEARES EN AUSTRALIA Y BRASIL DESDE LA GEOPOLÍTICA CRÍTICA

Cristian Rubén Guglielminotti ¹

Nevia Vera²

RESUMEN

La tecnología nuclear se ha tornado en un activo fundamental durante los siglos XX y XXI por sus usos pacíficos, pero primordialmente por sus aplicaciones bélicas. Su relevancia en el escenario internacional ha generado que varios países centrales procuren restringir el acceso a estos conocimientos, especialmente a través de una arquitectura de gobernanza global, pero también por medio de la construcción de imaginarios y discursos sobre el rol supeditado que deben ocupar países menos desarrollados. La posesión de submarinos convencionales de propulsión nuclear (CNPS) ha formado parte de estas discusiones. Sin embargo, es posible notar ciertas contradicciones por parte de los imaginarios y discursos académicos provenientes de países centrales con respecto a qué países no poseedores de armas nucleares son más o menos confiables al momento de obtener CNPS. Este artículo aborda el análisis de varias percepciones académicas y políticas en torno a los proyectos de CNPS de Australia y Brasil desde una perspectiva de geopolítica crítica y concluye que a pesar de contar con una trayectoria extensa en materia nuclear, el proyecto de Brasil, un país semiperiférico, es fuertemente cuestionado a nivel discursivo mientras que el australiano ha recibido apoyo, puesto que sirve principalmente a los intereses geopolíticos occidentales de contención de China. Palabras clave: Brasil, Australia, Submarinos convencionales de propulsión nuclear

1 Integrante del Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (CEIPIIL), Docente de Rectorado. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Tandil, Buenos Aires, Argentina. E-mail: guglielminottic@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7308-2682>

2 Becaria postdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (CEIPIIL), Docente del Departamento de Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Tandil, Buenos Aires, Argentina. E-mail: mneviavera@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-654X>

INTRODUCCIÓN

Históricamente, la tecnología nuclear ha despertado el interés de numerosos países, dado que su desarrollo ha permitido generar prestigio, capacidades militares, científicas, productivas y económicas que han impactado en el orden internacional (Jones, 1980). En consecuencia, este sector estratégico ha sido objeto de fuertes controles por parte de las potencias que han logrado obtener el dominio del ciclo tecnológico y crear armamento nuclear, lo que ha dado lugar posteriormente a la instauración de un importante régimen internacional abocado a evitar la proliferación (Hurtado, 2014; Geraldo y Cossul, 2016).

Ahora bien, desde la entrada en vigor del Tratado Sobre La No Proliferación de Las Armas Nucleares (TNP) en 1970, primer acuerdo global orientado a restringir el desarrollo militar de esta tecnología, sus miembros se han dividido en estados poseedores de armas nucleares (EPAN) y estados no poseedores de armas nucleares (ENPAN). Así, el TNP legitimó los arsenales de los países que habían realizado sus primeras pruebas atómicas antes del primero de enero de 1967, es decir, los de Estados Unidos, la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS, luego reemplazada por Rusia), Reino Unido, Francia y la República Popular China. Por otro lado, mientras en su artículo IV garantizó el derecho al desarrollo nuclear pacífico de los ENPAN, el artículo VI comprometió a los EPAN a procurar su desarme. Desde entonces se han generado diversos acuerdos orientados a fortalecer lo que puede considerarse el régimen internacional de no proliferación (RINP).

Históricamente han existido críticas desde los ENPAN que han buscado márgenes para generar capacidades nacionales que permitieran una mayor autonomía, soberanía y capacidades de disuasión, de forma tal de atemperar las diferencias existentes con los EPAN. El derecho al desarrollo pacífico de ENPAN ha comprendido incluso a ciertas tecnologías militares que no tienen por finalidad generar artefactos explosivos. Una de estas tecnologías ha sido la propulsión nuclear de submarinos, que posibilita disponer de submarinos con mayor autonomía, velocidad, capacidad de ataque y sigilo, entre otras ventajas respecto a los convencionales. Además, este desarrollo suele implicar la construcción de capacidades industriales y tecnológicas previas que permitirían ingresar a mercados de miles de millones de dólares, actualmente controlados por los EPAN y otros países centrales.

En la actualidad, entre los diversos ENPAN que han manifestado su intención y derecho a poseer submarinos de propulsión nuclear con armamento convencional (CNPS por su sigla en inglés), existen dos que están llevando adelante proyectos con un importante grado de consolidación: Australia y Brasil, quienes se encuentran en fase de consultas ante el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El primero ha desarrollado el programa en el marco de un cambio de visión geopolítica sobre la región del Indo-pacífico, materializado a través del acuerdo *Enhanced Trilateral Security Partnership* firmado el 15 de septiembre de 2021 con el Reino Unido y Estados Unidos (lo cual fue conocido como alianza AUKUS por su acrónimo en inglés). Esta iniciativa fue disruptiva para Australia no sólo en términos geopolíticos (debido al rechazo que generó en China y otros países del Indo-Pacífico) sino también tecnológicos, por su decisión de impulsar la propulsión nuclear frente a su tradicional postura contraria a esta industria en su territorio. En el caso de Brasil, por su parte, la decisión ha respondido al interés histórico por aumentar su soberanía y prestigio mediante el incremento de sus capacidades militares, industriales y económicas y se enmarca en proyectos de larga data, además de consideraciones geoestratégicas que extienden la mirada del país a los mares y sus recursos.

Sin embargo, como se verá a continuación, la adquisición de la tecnología de propulsión nuclear de submarinos aparece simplificada para un país central como Australia, mientras que Brasil puede llegar a encontrar obstáculos, como ya ha sucedido en otros momentos de la historia en su sector nuclear, al ser un país de la semiperiferia que ha procurado constituirse en un actor de peso global. De esta forma, observando el nuevo programa CNPS australiano y el conflicto geopolítico que ha desencadenado, este artículo busca responder las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las perspectivas de los programas de propulsión nuclear de submarinos de Australia y Brasil? ¿Qué obstáculos, incentivos y oportunidades encuentra cada uno y cómo se puede interpretar desde el prisma de la geopolítica crítica?

Para ello el artículo utiliza un enfoque comparativo, de sistema mundo y de geopolítica crítica y aplica una metodología cualitativa y de exploración de casos. Sostiene que existen importantes diferencias geopolíticas y tecnológicas entre las trayectorias nucleares de Australia y Brasil que se extrapolan en sus respectivos programas de CNPS. El artículo se organiza de la siguiente forma: a continuación, se exponen

contenidos teóricos que denotan la articulación entre la geopolítica crítica y el ámbito científico-tecnológico en la conformación de una estructura internacional caracterizada por estados centrales, semiperiféricos y periféricos. Posteriormente, se presenta el caso australiano y luego se examina la trayectoria de Brasil y su programa de desarrollo de submarinos (PROSUB). A continuación, desde la perspectiva de la geopolítica crítica se indaga sobre las acciones de algunas potencias centrales y otros países respecto a estos programas de CNPS. Finalmente se presentan algunas reflexiones.

GEOPOLÍTICA Y TECNOLOGÍA EN EL SISTEMA MUNDO

La geopolítica ha tenido fluctuaciones a lo largo de su historia, producto de la percepción negativa que ha tenido como consecuencia de la manipulación que se realizó bajo el régimen de la Alemania Nazi (Covelli, 2016). Si bien existen diferencias al respecto, se suele reconocer que la primera definición de la geopolítica clásica se realizó por Kjellén (1916), cuando indicó que “es la influencia de los factores geográficos, en la más amplia acepción de la palabra, en el desarrollo político en la vida de los pueblos y Estados” (Atencio, 1982: 24-25, como se citó en Cuéllar Laureano, 2012: 62). Sin embargo, desde el final de la Guerra Fría esta disciplina ha recobrado relevancia gradualmente, a partir de estudios académicos y militares, que dieron lugar a nuevas visiones.

En este sentido, en las últimas décadas ha ganado terreno la concepción conocida como geopolítica crítica a la que Agnew (2005) define como una práctica discursiva que permite construir y transmitir “representaciones del espacio que harían las prácticas espaciales -esto es, las intervenciones y valoraciones a través de las que se define la materialidad geopolítica tanto institucional como social- inteligibles” (Louis, 2022: 6). Algunos de sus elementos centrales son los códigos geopolíticos, descritos por Taylor y Flynt (2002) como un conjunto de supuestos de carácter estratégico sobre otros países que produce un estado para articular su política exterior. Como agrega Blinder (2017b), el código geopolítico es una visión imaginaria y parcializada elaborada por un estado acerca del territorio, institución, país o tema de agenda sobre el que se actúa, en distintas escalas geográficas. Se crea a partir de las percepciones locales, de política doméstica y de las identidades de los actores desde perspectivas históricas, sociales, económicas e institucionales.

A partir del imaginario geopolítico se constituye un discurso que expone la forma en que se interpretan los diversos sucesos políticos y económicos que acontecen en el sistema-mundo, además de manifestar la forma en que se representa el poder en el espacio (Agnew, 1995; 2005). Taylor y Flint (2002) recalcan que toda disposición espacial carece de neutralidad, por lo que resulta vital comprender que la política se encuentra integrada a la geografía, a los imaginarios y a los códigos geopolíticos. La geopolítica crítica aparece entonces con una mayor complejidad conceptual que su concepción clásica, abarcando además de la distribución geográfica del poder entre países a los supuestos, interpretaciones y designaciones que se realizan en las diferentes escalas geográficas y que influyen dinámicamente en la política (Taylor y Flint, 2002 y Agnew, 2005). Además, García Negroni (2008) destaca la existencia de estas subjetividades geopolíticas en el discurso científico y académico como parte del mismo proceso, co-creando así estos imaginarios y códigos.

En este marco se reconoce que cada estado posee su propia visión geopolítica, como consecuencia de “sus propias circunstancias, criterios y códigos, sus propias expectativas de futuro y, por ende, su propia forma de entender, construir y desarrollar su pensamiento geopolítico” (Cuéllar Laureano, 2012:76).

Estas visiones geopolíticas pueden enriquecerse y complementarse con los aportes de la teoría del sistema mundo. En este sentido, es relevante la taxonomía de países que presenta, específicamente en cuanto a estados centrales, semiperiféricos y periféricos, ya que habilita el diálogo entre cuestiones geopolíticas y la dinámica mundial del sistema capitalista, a su vez fuertemente influenciada por las tecnologías. Como se desprende del trabajo de Wallerstein (2005), esta dinámica privilegia a algunos actores estatales por sobre otros, dado que los países pueden modificar su posicionamiento pasando de una categoría a otra como consecuencia de cambios geopolíticos sucedidos por la transformación de la economía-mundo.

Entérminos generales, los países centrales son los más desarrollados en ciencia y tecnología (aunque existen grandes diferencias entre ellos), exhiben la mejor calidad de vida, nivel de educación, acumulación de capital y resultan mayoritariamente los lugares de residencia de las principales de las empresas multinacionales; los países periféricos poseen capacidades científicas y tecnológicas débiles, bajos niveles de vida y de existencia de capitales; finalmente, los estados semiperiféricos poseen

características presentes en las otras dos categorías, pero en diferentes combinaciones (Wallerstein, 2005). Estos últimos dan cuenta en su interior de procesos evidenciados tanto en países centrales como periféricos (Taylor y Flint, 2002).

Los países semiperiféricos procuran tecnología de los estados más avanzados, lo que potencialmente se podría traducir en una competencia con estos últimos y en la modificación de la dinámica de mercados tecnológicos controlados por pocos oferentes (Blinder, 2017a). Justamente estos mercados suelen comprender sectores tecnológicos considerados estratégicos, como los sectores nuclear, espacial, defensa, entre otros.

En consecuencia, el desarrollo de estas tecnologías por los actores de la semiperiferia potencialmente afectaría el orden vigente, provocando eventualmente el ascenso de estos actores hacia el centro del sistema mundo (Wallerstein, 2005). Por lo tanto, la construcción de poder material y simbólico en un territorio mediante políticas tecnológicas en un actor de la semiperiferia impacta sobre las estructuras y jerarquías mundiales vigentes y los códigos geopolíticos de los Estados, lo que se percibe desde las naciones centrales como desestabilizador (Blinder, 2017b, Blinder y Hurtado, 2019).

La tecnología de propulsión nuclear de submarinos constituye una de estas tecnologías estratégicas, que se enmarca a su vez en la intersección entre el sector nuclear y el de defensa. Actualmente la dominan seis países, con las consecuentes ventajas militares y estratégicas que esta situación conlleva. Este grupo se encuentra compuesto por los cinco EPAN más la India que no forma parte de este acuerdo.

Como ya se mencionó, a este selecto grupo se le podrían incorporar en los próximos años Australia y Brasil, entre otros. Sin embargo, estos países pretenden contar con CNPS desde trayectorias diferenciadas. En las dos secciones siguientes se realiza un recorrido por estos dos proyectos señalando sus particularidades geopolíticas, tecnológicas e históricas.

AUSTRALIA, LA GEOPOLÍTICA DE LA ANGLOESFERA Y SU RECORRIDO HACIA LOS CNPS

La historia reciente del programa de CNPS australiano se encuentra estrechamente vinculada al acuerdo AUKUS, que se inserta en un panorama geopolítico caracterizado por la emergencia de China como competidor global de Estados Unidos. En este marco, Washington concretó

acciones que han buscado contener a Pekín en la región del Indo-Pacífico. La tecnología ha estado presente centralmente en esta iniciativa trilateral de la angloesfera, dado que se pretende cooperar en diversas tecnologías consideradas estratégicas³, de las cuales emerge en el centro de la escena el desarrollo y fabricación de CNPS para la Marina Real Australiana.

Un elemento para tener en cuenta es el hecho de que en territorio australiano se encuentra prohibido el desarrollo de industria nuclear desde finales del siglo pasado, mediante la *Australian Radiation Protection And Nuclear Safety Act* de 1998, a pesar de ser, paradójicamente, el país con mayores reservas confirmadas de uranio del mundo. Ese año, en medio de la negociación para la instalación de un nuevo reactor de investigación, se incorporó una enmienda que ha imposibilitado el desarrollo de instalaciones nucleares (Kitchen, 2023). Como resultado, el único reactor es el *Open Pool Australian Light Water Reactor* (OPAL), de investigación y de origen argentino, inaugurado en 2007.

Teniendo en cuenta este marco en el que se inserta el programa CNPS, existe a su vez una visión ampliamente compartida entre especialistas acerca de que, independientemente de la transferencia y colaboración de Estados Unidos y Reino Unido, se trata de un proceso de alta complejidad en sus diferentes etapas (diseño, construcción y servicio operativo) por lo que Australia contaría con su primer ejemplar funcional para la segunda mitad de la siguiente década o incluso recién para el año 2040 (Cardoso, 2021; Choong y Storey, 2021; Perot, 2021; Treviño, 2021 Dias y Abreu, 2022; MacKinlay, 2022; Serrano, 2022). La flota se estima entre ocho y doce unidades.

Con tal horizonte temporal y la prohibición de la industria nuclear, aparecen paralelamente otras variables que comienzan a tener relevancia y que se reflejan en objetivos geopolíticos y también tecnológicos. MacKinlay (2022: 647) indica que el principal aporte de Australia en el acuerdo AUKUS está en la disponibilidad de uso de su territorio alejado de adversarios como base segura desde la cual proyectar fuerzas hacia la región Indo-Pacífica. Similares son las opiniones de Cardoso (2021) y Perot (2021) respecto a la mayor presencia de Estados Unidos y el Reino Unido en el Indo-Pacífico mediante bases compartidas y fuerzas más integradas (para esto último la utilización de las mismas tecnologías es clave).

3 Entre las que se han mencionado se pueden destacar además la inteligencia artificial, cuántica, cibernética, ciberdefensa, misiles de crucero, misiles hipersónicos, entre otras.

Una perspectiva en la misma línea se puede obtener al observar la propia historia de la fuerza de submarinos australiana, dando lugar al valor que se le ha otorgado a ese país en términos geopolíticos y estratégicos, posicionándolo como plataforma de proyección de poder de sus aliados de la angloesfera. Durante la Segunda Guerra Mundial la Real Marina Australiana tuvo un submarino operativo y con fines de adiestramiento que fue dado de baja en 1944, mientras que desde sus puertos operaron 122 submarinos estadounidenses, 31 británicos y 11 holandeses. Una escuadrilla británica de submarinos funcionó hasta 1969 y fue a partir de su repliegue que se quiso tener una fuerza de submarinos propia, que finalmente fueron de la clase *Oberon* comprados al Reino Unido (Treviño, 2021).

Fue a partir de la década de 1980, con el programa de la clase *Collins*, que se comenzó a construir un submarino en el país en base a un modelo sueco. El proceso estuvo marcado por importantes retrasos y problemas pero como resultado se obtuvo una ganancia de capacidades militares e industriales, pues cuando inició el proceso sólo 35 empresas cumplieron los requisitos exigidos, y para 1998 ya había 1.500 (Treviño, 2021). De esta forma, Australia comenzó un proceso de industrialización y desarrollo tecnológico que ha permitido un incremento gradual de su autonomía en el ámbito militar, al no depender exclusivamente de submarinos extranjeros y contar con capacidad de construcción nacional.

Dado que el último de los submarinos de la clase *Collins* debería darse de baja en la primera mitad de la próxima década de acuerdo a lo planificado, en 2016 se otorgó a la actual firma francesa *Naval Group* (en ese entonces denominada Dirección de Construcciones Navales Servicios -DNCS-) el contrato destinado a la construcción en un astillero australiano de doce submarinos convencionales, de la clase *Attack* de mayores capacidades que sus predecesores, en base al modelo del CNPS francés de la clase *Barracuda* (o *Suffren*) (Treviño, 2021; MacKinlay, 2022). Lo interesante radica en que en ese momento no se contempló la opción de un CNPS dado que no existía infraestructura adecuada en el país y por la oposición de la opinión pública a este tipo de energía (Treviño, 2021; Dias y Abreu, 2022).

Sin embargo, la concreción de AUKUS en 2021 significó la cancelación inmediata del contrato de construcción con *Naval Group* y el comienzo del desarrollo de un nuevo submarino de propulsión nuclear en base a la tecnología de Estados Unidos y Reino Unido, con el consecuente

impacto negativo no solo para esa empresa sino también para Francia y para las relaciones entre este país y los tres que constituyeron el acuerdo⁴.

Entre las principales razones detrás de esta decisión se han mencionado los diversos problemas que dieron lugar al incremento de costos y retrasos (Treviño, 2021). Sin embargo, el 30 de agosto de 2021, unas semanas antes del tratado AUKUS, se realizó una declaración conjunta de ministros de Francia y Australia en la que se comprometían en profundizar la cooperación en la industria de la defensa, especialmente en submarinos (Daehnhardt, 2021), e incluso se dio a conocer que los funcionarios australianos estaban satisfechos con el programa en una carta enviada a sus pares franceses el mismo día que se firmó el tratado trilateral (Perot, 2021).

Que no se tuviera en cuenta la alternativa de construir submarinos nucleares franceses se ha justificado por el hecho de que no utilizan uranio altamente enriquecido (HEU por sus siglas en inglés) como sí lo hacen los submarinos estadounidenses y británicos, con lo cual deberían reaprovisionar cada diez años para lo cual Australia carece de infraestructura y recursos humanos para hacerlo (Treviño, 2021). Por lo tanto, dadas las capacidades nucleares australianas y la controversia del impacto del programa sobre el RINP, los CNPS contarán con reactores nucleares británicos o estadounidenses en modalidad de paquete tecnológico cerrado (Machado da Silva, 2023).

Estos cambios de las prioridades geopolíticas y de adopción de la tecnología de propulsión nuclear de submarinos se pueden apreciar en los Libros Blancos de Defensa de Australia correspondientes a los años 2009, 2013, 2016 y 2020. Según Dias y Abreu (2022) el documento de 2009 recaló la necesidad de duplicar la flota de submarinos convencionales descartando explícitamente la propulsión nuclear; en 2013 se incorporó la necesidad de que se equipen con misiles de crucero de largo alcance pero nuevamente se desechó la opción nuclear; en la siguiente versión del 2016 se destacó la necesidad de fortalecer diversas capacidades de la marina, se quitó por primera vez la negativa a la propulsión nuclear y se estipuló una revisión sobre la conveniencia del programa de submarinos para 2020. Justamente en el documento de ese año se presentó una nueva orientación de la política de defensa, hacia la necesidad de desarrollar

4 Esto dio lugar a diferentes reacciones de parte de los franceses, entre las que estuvo el llamado a consulta de sus embajadores de Australia y Estados Unidos.

nuevas capacidades más ofensivas para proyectar poder, con la utilización de conceptos que para los autores denotaban la influencia estadounidense. Asimismo, remarcan que un elemento en común de los cuatro documentos es que la alianza con Estados Unidos se posicionó como el factor más relevante para la seguridad de Australia.

El programa de CNPS debe enmarcarse también en la política de defensa marítima que desde inicios de este siglo ha posibilitado la adquisición en el extranjero y construcción en su territorio de diversas plataformas, entre las que destacan destructores antiaéreos, buques anfibios portaaeronaves y fragatas británicas antisubmarinas y antiaéreas. Cabe mencionar que Australia ha sido desde 2018 uno de los cinco principales importadores de armas de acuerdo con el Instituto Internacional de Investigación para la Paz de Estocolmo (SIPRI por su sigla en inglés), superando incluso a China desde el año 2019 y con una tendencia de gasto creciente (SIPRI, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022).

Más allá de algunos cuestionamientos tecnológicos que se han indicado sobre el cambio de programa de submarinos⁵, MacKinlay (2021) señala que existen opiniones críticas a nivel nacional, donde militares retirados y especialistas han defendido la opción de construcción de una evolución de la clase *Collins* e incluso han sugerido algo similar como alternativa en otros programas navales⁶. Otro elemento que debe ser considerado es el papel que jugaron en la cancelación del programa de los submarinos *Attacks* dos órganos especializados, luego de las recomendaciones emitidas por grupos de especialistas conformados por ex militares de Estados Unidos y empresarios de la defensa del Reino Unido⁷.

5 Entre las críticas que se han realizado sobre el proyecto se pueden mencionar cuatro: el largo plazo para la entrada efectiva en servicio; la limitación de la estructura industrial y económica de Australia para tal programa; que no son apropiados para las aguas litorales y poco profundas de la primera cadena de archipiélagos de la región; y que la aparición de la tecnología de vehículos autónomos submarinos los convertiría en obsoletos y de alto costo (Serrano, 2022).

6 En el trabajo presentado por MacKinlay (2021) se mencionan las personalidades y las críticas que se han realizado, citando noticias y trabajos publicados. Con respecto al programa de construcción de Fragatas, se ha sugerido apostar por un mayor número de destructores que ya han sido construidos en el país.

7 El Comité de Supervisión Independiente fue dirigido por un antiguo miembro de la marina estadounidense y el Panel Consultivo para asesorar sobre el tema al Primer Ministro fue presidido por un vicealmirante retirado de la misma fuerza, al que se sumó el Director de la principal empresa que construye los submarinos nucleares británicos (MacKinlay, 2021). En ningún momento el especialista sugirió la posibilidad de conflictos de interés por parte de estos integrantes, que fueron actores clave en la decisión de cancelar el programa francés en

Como resultado de este posicionamiento geopolítico internacional, Camberra accedería a capacidades notorias en defensa, pero bajo una dependencia tecnológica y estratégica (Dias y Abreu, 2022; Perot, 2021; Rodrigues y Correira, 2021 y Serrano, 2022). Esto podría convertir al país en una semiperiferia del centro, afectando incluso sus intereses económicos, dado que China es su principal socio comercial⁸.

EL PROGRAMA DE CNPS BRASILEÑO PARA SU CONSOLIDACIÓN COMO ACTOR GLOBAL

A diferencia de Australia, el programa nuclear de Brasil cuenta con una extensa y rica trayectoria. Tiene su origen en la década de 1950, primero con la creación de la Comisión Nacional de Pesquisas (que dedicó gran parte de sus recursos a la investigación atómica) y luego con la Comisión Nacional de Energía Nuclear en 1956. Tuvo como una de sus metas principales la de lograr el enriquecimiento de uranio para varios objetivos: alimentar las centrales de potencia de uranio enriquecido, ya que Brasil cuenta actualmente con dos plantas (Angra I de 1985 y Angra II del 2001); proveer combustible a los reactores de producción de radioisótopos y de investigación, sustentar a los futuros CNPS, y lograr un desarrollo industrial de alto valor agregado y autonomía en este sector estratégico, como forma de superar las restricciones directas e indirectas impuestas por estados centrales a la adquisición de tecnología.

Este último punto fue central a lo largo del siglo XX, puesto que Brasil sufrió las consecuencias de medidas unilaterales de potencias como Estados Unidos que afectaron su programa nuclear, y estuvieron en la base de decisiones como la firma del Acuerdo de 1975 con Alemania⁹, el nacimiento del Programa Nuclear Paralelo (PNP)¹⁰ y el posterior

favor de los intereses de sus respectivos países de origen y/o empresa de pertenencia.

8 La relevancia del intercambio comercial de China para Australia ha sido muy significativa, en 2021 fue el principal destino de las exportaciones (34,15% del total), apenas superado por la sumatoria de los siguientes cuatro socios (37,58%) por orden de importancia -No especificados, Japón, Corea del Sur y la India- y también fue el principal origen de las importaciones (27,85%), siendo superior a los cuatro socios siguientes en conjunto (24,90%) -Estados Unidos, Japón, Tailandia y Alemania- (Banco Mundial, 2024)

9 Si bien las relaciones entre Brasil y Alemania en materia nuclear datan de la década de 1950, el acuerdo de 1975 fue considerado como el de mayor transferencia tecnológica firmado entre un país desarrollado y uno en desarrollo. Además de la compra de centrales de potencia, el acuerdo también contemplaba la transferencia de conocimientos y tecnología para el enriquecimiento de uranio por la técnica de jet-nozzle (Vera, 2021).

10 El PNP buscó subsanar las deficiencias y fracasos del Acuerdo con Alemania especialmente

acercamiento hacia su otrora rival, Argentina (Vera, 2021). Este país ha tenido interés en la propulsión nuclear de submarinos desde la década de 1970, a partir del desarrollo del programa de enriquecimiento de uranio por parte de la Marina (Barletta, 1997; Geraldo y Cossul, 2016).

Aunque este proyecto en particular se ha dilatado en el tiempo por problemas económicos, siempre ha contado con cierto financiamiento (Cerrano, 2015), y ha retomado impulso en el siglo XXI. La existencia de presiones y restricciones internacionales resultó en mayores obstáculos para obtener un CNPS propio (Geraldo y Cossul, 2016). Sin embargo, cabe destacar la relevancia que ha tenido para el programa nuclear brasileño (e indirectamente para su proyecto sobre el CNPS) el cambio concomitante de los códigos geopolíticos entre Argentina y Brasil. El paso de una relación de rivalidad hacia otra de acercamiento y cooperación con la llegada de la democracia en ambos países, resultó en la creación de una institución ejemplar a nivel mundial: la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares (ABACC) a través de la cual se realizan inspecciones de las instalaciones atómicas en cada estado para garantizar su utilización pacífica.

El acuerdo cuatripartito (firmado entre la OIEA, Argentina, Brasil y la ABACC), que dio origen a la agencia estableció en sus bases la posibilidad de que alguno de los dos estados decidiera adquirir tecnología de propulsión nuclear, para cuyo caso se debería informar a la OIEA y establecer arreglos especiales que sirvan de garantías de no desviación del combustible a usos bélicos (Cardoso dos Santos, 2015). En este sentido, el apoyo de Argentina se torna fundamental para que Brasil pueda dar muestras al mundo de sus intenciones pacíficas.

Diversos autores coinciden en señalar que varios factores confluyen para mantener la relevancia de adquirir un CNPS: la progresiva expansión del entorno estratégico brasileño a tono con los intereses geopolíticos del país vinculados a su creciente rol como *global player*¹¹; la relevancia que ha cobrado la llamada Amazonia Azul, con ingentes recursos naturales y energéticos; la enorme extensión de fronteras marítimas brasileñas¹²

en lo atinente al enriquecimiento de uranio.

11 Debe tenerse en cuenta también que de los miembros del BRICS, Brasil es, después de Sudáfrica, el país que cuenta con menor cantidad de submarinos convencionales y no posee ninguno nuclear.

12 Se debe tener en cuenta que Brasil posee un territorio marítimo de unos 3,5 millones de kilómetros cuadrados y 7 mil km de costa oceánica. Asimismo, la mayor parte del comercio internacional del país se concentra en el Océano Atlántico, lo cual dota de importancia

y la importancia de las rutas oceánicas del Atlántico, y finalmente la histórica búsqueda de garantizar la transferencia de tecnología nuclear para escapar de la mencionada dependencia que durante el siglo XX ha sufrido el programa atómico brasileño en general y el proyecto del CNPS propio en particular (Geraldo y Cossul, 2016; Oliveira de Andrade, et al., 2018; Oliveira de Souza y Guedes de Oliveira, 2021).

En este sentido, en una trayectoria diferenciada a la de Australia, es posible identificar la aparición gradual de la necesidad de adquirir CNPS en diversos documentos de estrategia nacional de defensa. El establecimiento del Ministerio de Defensa es reciente, pues data de 1999, aunque fue precedido por una Política de Defensa Nacional en 1996, actualizada en 2005. En 2008, se lanzó la Estrategia Nacional de Defensa, pero sin embargo, fue en el Libro Blanco de Defensa Nacional de 2012 donde se estableció la necesidad de adquirir un CNPS que permitiera el fortalecimiento de la estrategia de defensa en el Atlántico Sur (Geraldo y Cossul, 2016). Asimismo, como indica Cardoso dos Santos (2015, p.267), “A Estratégia Nacional de Defesa prevê o domínio e a nacionalização de todo o processo tecnológico necessário à propulsão submarina”.

La mención de la importancia de contar con CNPS en el Libro Blanco vino a justificar un hecho concretado unos años antes: la firma en 2008 de un acuerdo entre Brasil y Francia (y el posterior acuerdo entre la Marina Brasileña y la empresa Naval Group en 2009) para la provisión de cinco submarinos de clase Scorpène, de los cuales cuatro serían convencionales y uno a propulsión nuclear (el Álvaro Alberto), dando origen al PROSUB. Dicho acuerdo además contempla la modernización de los submarinos convencionales ya en manos de Brasil, de clase Tupi y Tikuna y la transferencia de tecnología para la construcción del casco del CNPS y sus dispositivos sensoriales que se estima, serán elaborados en Brasil (Geraldo y Cossul, 2016).

En 2018 fue entregado el primer submarino convencional resultado de este acuerdo, mientras que el segundo lo fue en enero de 2024. Resta la entrega de dos unidades denominadas convencionales y el CNPS que tiene fecha aproximada para 2033 (Oliveira de Souza y Guedes de Oliveira, 2021).

Con respecto a este último, cabe señalar que la asociación con

estratégica a regiones del Sur de África, tornando fundamental la protección del mencionado espacio marítimo (Oliveira de Souza y Guedes de Oliveira, 2021).

Francia se limita solo a la “transferência de tecnologia e construção das partes não nucleares do Álvaro Alberto, sendo o desenvolvimento do reator e a sua implantação responsabilidades da [Marinha do Brasil]” (Oliveira de Souza y Guedes de Oliveira, 2021: 339). Es en este contexto que cobra mayor relevancia la urgencia de Brasil por contar con apoyos en el seno de la OIEA para avanzar con este programa.

LOS PROGRAMAS DE CNPS: NECESIDADES ESTRATÉGICAS, NOPROLIFERACIÓN Y CÓDIGOS GEOPOLÍTICOS

Desde la entrada en vigor del TNP hasta nuestros días el RINP ha tenido un éxito importante en evitar la proliferación horizontal de armamento nuclear (es decir, entre países), pero paralelamente ha sido incapaz de detener la proliferación vertical (aumento de arsenales y capacidades al interior de un estado) en naciones como Estados Unidos o Rusia. A pesar de esto, los principales discursos suelen seguir posicionando el problema de la proliferación en casos como Corea del Norte o Irán¹³ (Guglielminotti et al., 2022 y Vera et al., 2023).

Ahora bien, Australia y Brasil son estados reconocidos por el TNP como ENPAN que además son parte de otros acuerdos que conforman el mencionado RINP. Por ejemplo, ambos países son signatarios de Rarotonga y Tlatelolco respectivamente¹⁴ que dan origen a dos Zonas Libres de Armas Nucleares (ZLAN). Los dos tratados han sido reconocidos y ratificados por los EPAN a excepción de Estados Unidos que no ha rubricado el primero de ellos (Guglielminotti et al., 2022).

La tecnología de propulsión nuclear de submarinos no se encuentra prohibida por el TNP o las ZLAN, pero de acuerdo a Rockwood (2017) demandan arreglos complejos ante el OIEA. Como describen Dias y Abreu (2022), a pesar de ser una tecnología nuclear lícita para los ENPAN se considera perjudicial para el RINP, ya que trae aparejados posibles períodos de suspensiones de aplicaciones de salvaguardas¹⁵ a las que está

13 Como destaca Corrales (2017) han sido únicamente cuatro los países que han desarrollado armamento nuclear desde la entrada en vigor del TNP: India, Israel, Pakistán y Corea del Norte. Los tres primeros no han formado parte del acuerdo y solamente Corea del Norte lo abandonó definitivamente en 2003, antes de su primera prueba nuclear exitosa.

14 Para más información acceder al sitio del Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (OPANAL, 2024).

15 De acuerdo con el OIEA (2023), las salvaguardas son las medidas técnicas aplicadas tanto a materiales como a actividades en el ámbito nuclear, con el objetivo de garantizar la verificación de instalaciones nucleares para que no se utilicen de forma indebida y no desvíen

sometido el uranio enriquecido que emplean como material combustible.

Las salvaguardas establecen condiciones generales sobre la tecnología de propulsión nuclear de submarinos, lo que para Rockwood (2017) se refleja en el mencionado proceso de complejas negociaciones en el OIEA para evitar la proliferación, y por lo tanto explicarían el hecho de que solamente hayan sido construidos por los EPAN que no tienen que cumplir las salvaguardas amplias y por la India que no forma parte del TNP. Adicionalmente, Machado da Silva (2023) destaca que existen básicamente dos posicionamientos sustentados en la interpretación del párrafo 14 del Modelo para los Acuerdos de Salvaguardas Amplias, conocido como INFCIRC/153. Por un lado, están quienes sostienen que existe una brecha en las salvaguardas y, por el otro, aquellos que afirman que solamente hacen falta arreglos específicos que lleven a un acuerdo con el OIEA para salvaguardar los reactores navales de propulsión y sus materiales combustibles.

Distintos autores especializados que provienen desde los EPAN u otros países centrales suelen tomar visiones más restrictivas que afectan intereses presentes y futuros de ENPAN semiperiféricos. En este sentido, Dias y Abreu (2022) analizan una propuesta realizada en el seno de la Fundación *Carnegie Endowment*¹⁶ luego del impacto de AUKUS con el programa de CNPS australiano. En el documento de la organización se propone imponer importantes limitaciones para los ENPAN que adquieran o desarrollen la tecnología de propulsión nuclear de submarinos, como renunciar al enriquecimiento de uranio. Para ambos autores este posicionamiento es acorde para un país como Australia que no posee industria nuclear, pero sería inaceptable para un país como Brasil, donde la tecnología de enriquecimiento es considerada una conquista y proporciona autonomía para distintos programas.

En una línea restrictiva, Von Hippel (2019) plantea que si países como Brasil, Canadá, Irán, Australia y Corea del Sur desarrollaran sus programas de CNPS, se podría generar un impacto negativo en el TNP, al retirar de las salvaguardas materiales nucleares para usos no pacíficos y también por los programas de enriquecimiento de uranio que suelen desarrollar como paso previo. De hecho, destaca que una de las debilidades

materiales nucleares. Cada país acepta las medidas por medio de acuerdos de salvaguardas.

16 La Fundación Carnegie para la Paz Internacional se constituyó en 1910 y genera -a través de especialistas de veinte países- documentos que ejercen importante influencia sobre temas y regiones que consideran claves, entre los que se encuentran la gobernabilidad, la energía nuclear, la tecnología y la geopolítica.

más importantes del TNP es no negar directamente el enriquecimiento de uranio e incluso plantea que, para la mayoría de los países, es suficiente y hasta mejor contar con submarinos convencionales en articulación con otros sistemas de armas aéreos y navales. En su argumentación, los CNPS son necesarios solamente para países como Estados Unidos, que deben defender a sus portaaviones y cazar submarinos nucleares con misiles balísticos (SSBN) de Rusia o China. Para los casos de Reino Unido y Francia, dado que no tienen muchos portaaviones ni grandes capacidades de proyección, los CNPS se justifican especialmente para garantizar que armas similares de potencias hostiles no destruyan a sus SSBN.

Contrarias a estos argumentos fueron las conclusiones que extrajo la Marina de Brasil en el análisis de las capacidades de los CNPS en conflictos reales, atendiendo puntualmente al accionar de los CNPS en el conflicto de Malvinas, en donde se puede mencionar el hundimiento del Crucero Belgrano de la Armada de Argentina por parte del *Conqueror* de la Real Marina Británica (Harper, 1994), lo cual reforzó la meta de obtener un CNPS propio.

Al analizar el caso brasileño, Von Hippel (2019) plantea la duda de que, más allá de los procedimientos especiales que se establezcan, se podrían generar procedimientos clandestinos para proliferar. E incluso que, más allá de la capacidad limitada de Brasil, si reconfigurara sus plantas para superar el 20% de enriquecimiento de uranio podría obtener suficiente material para una bomba nuclear en un mes aproximadamente. Sobre Australia dedicó unas líneas, dado que en el momento en que escribió el artículo el debate giraba en torno a la adquisición de CNPS como consecuencia de los costos del programa Attack, pero destacó que esa opción fue dada de baja por la ausencia de estructura y personal preparados en el país.

De esta manera, el acceso a la tecnología de propulsión aparece como justificada sólo para los EPAN (para un eventual enfrentamiento entre ellos) y en última instancia para los países que ya la poseen, profundizando la desigualdad y el statu quo establecido en el TNP, y ya no limitado a la posesión de armamento atómico, sino también en la posibilidad de tener otras tecnologías nucleares como el enriquecimiento y la propulsión nuclear. En trabajos de este tipo se pone rápidamente en tela de juicio la trayectoria de un país semiperiférico como Brasil (o en general a todo país que quiera acceder a los CNPS) pero no necesariamente la de otros como Australia, considerados vitales en las estrategias de la

angloesfera para evitar el avance chino, ofreciendo una demostración del funcionamiento de ciertos imaginarios y códigos geopolíticos.

Pero las implicancias geopolíticas y los códigos sobre este tipo de tecnología no han quedado solamente acotadas a las miradas e intereses desde los países centrales vinculados a Occidente. El programa de CNPS de Australia ha generado fuerte resistencia de otro EPAN como China, dado que observa el AUKUS como una maniobra de contención a su crecimiento. Así ha procurado bloquear activamente el proceso de transferencia de tecnología hacia Australia en el seno del OIEA. Este organismo de Naciones Unidas emitió un informe satisfactorio en septiembre de 2022 sobre el avance de AUKUS respecto al monitoreo del material nuclear, lo cual fue duramente criticado por Pekín.

Posteriormente, en la Conferencia General anual del OIEA de septiembre de 2022 China impulsó un proyecto de resolución para declarar que AUKUS vulnera las normas internacionales de no proliferación; sin embargo, no consiguió su aprobación en parte debido a la oposición de países como India y Brasil, este último porque consideró que la iniciativa afectaría su programa de submarinos de propulsión nuclear (*The Wire*, 2022). Además, Machado da Silva (2023) agrega que un mes después China presentó documentos donde manifiesta su oposición al programa CNPS australiano, dado que las salvaguardas no garantizan que no se desvíe material nuclear en el futuro para producir armas.

No obstante, China no ha sido el único país que ha manifestado su oposición a la iniciativa AUKUS y a la dotación de CNPS para la Real Marina Australiana, dado que otros países del Indo-Pacífico se han visto divididos al respecto. Incluso los especialistas y académicos tienen diferentes percepciones en algunos casos. Por ejemplo, Choong y Storey (2021) observan que Malasia e Indonesia se han opuesto y manifestado su preocupación por la estabilidad de la región, la posible carrera armamentista y el debilitamiento del RINP, mientras que las posiciones de Filipinas¹⁷ o Tailandia han sido más neutrales, y Vietnam y Singapur han demostrado apoyo. Por su parte, Tomé (2021) indica que Malasia, Indonesia, Myanmar y Kiribati se han opuesto, mientras que Camboya y Singapur han declarado una posición más neutral y Nueva Zelanda ha expresado

17 Los autores mencionan las declaraciones críticas que realizó el presidente Duterte y las favorables desde el ámbito de la defensa; no obstante, el reciente acuerdo alcanzado con Estados Unidos en 2023 en el que se instalan nuevas bases militares en su territorio parece haber decantado su posicionamiento.

a priori su acuerdo, aunque Cardoso (2021) señala un posicionamiento diferente del gobierno neozelandés que prohibiría a los futuros CNPS australianos el ingreso a sus aguas y puertos.

En definitiva, estas divergencias sustentadas en diversos imaginarios y códigos geopolíticos de parte de académicos, políticos y sociedades, podrían decantar hacia la intensificación de una potencial carrera armamentista en la región del Indo-Pacífico, con la consecuente posibilidad de que más países se lancen a procurar obtener este tipo de tecnología en Asia, como Filipinas, Japón, Corea del Sur (Choong y Storey, 2021 y Rodrigues y Correrira, 2021) y Pakistán (Tomé, 2021).

Por otra parte, la cuestión subyacente de los materiales combustibles que emplearán en los submarinos nucleares es fundamental y separa a los dos programas de CNPS. Hay una clara diferencia entre utilizar uranio de bajo enriquecimiento (LEU por su sigla en inglés)¹⁸ o HEU que en un 90% o más es llamado “grado bomba”, dado que el primero exigiría realizar recambios de materiales combustibles en los reactores y el segundo abarcaría toda la vida útil. Como ya se mencionó, se ha propuesto la utilización de HEU en el caso australiano, mientras que Brasil planea adoptar LEU para sus reactores (Machado da Silva, 2023). Para Dias y Abreu (2022) la línea tecnológica que se utilizará en el marco de AUKUS iría en detrimento del RINP porque implicaría un precedente importante al habilitar la transferencia de material combustible que rápidamente podría traducirse en armamento.

Por lo tanto, en términos históricos resulta llamativo ante estos hechos que salvo las reacciones de China o algún otro país que se ha percibido afectado geopolíticamente por esta transferencia de tecnología en el marco de AUKUS, no se haya mencionado desde otros estados centrales y semiperiféricos que Australia podría potencialmente proliferar en el futuro. Esto podría suceder en el momento en que una gestión de gobierno tomase la decisión política de acceder al HEU de los reactores, aunque eso significase que algunos de los submarinos queden fuera de servicio y se tenga que contratar personal especializado para realizar las tareas en instalaciones clandestinas. De hecho, la contemplación y rechazo de esta probabilidad se percibe en el mencionado informe de septiembre del OIEA (2022), cuando afirma que:

18 El LEU contiene un grado de enriquecimiento del isótopo de uranio 235 menor al 20% y desde ese porcentaje en adelante se considera HEU (OIEA, 2018).

“it is proposed that Australia would be provided with complete, welded power units. These power units are designed so that removal of any nuclear material would be extremely difficult and would render the power unit, and the submarine, inoperable. Further, the nuclear material inside of these reactors would not be in a form that can be directly used in nuclear weapons without further chemical processing, requiring facilities that Australia does not have and will not seek” (p. 4)

REFLEXIONES FINALES

En el sistema mundo actual se asiste a una nueva competencia hegemónica como consecuencia del ascenso de China desde la semiperiferia al centro, lo que ha resultado en una confrontación creciente con Estados Unidos y en un punto de inflexión geopolítico para Australia mediante AUKUS. De esta forma, se han producido también cambios tecnológicos para Cambera, entre los que destaca su programa de CNPS bajo una clara subordinación a Estados Unidos y Reino Unido, porque muchas de las nuevas tecnologías van a transferirse en modalidad de paquete tecnológico cerrado, clausurando en el proceso programas de desarrollo y transferencia más virtuosos para su industria.

En este contexto internacional, Brasil avanza con el PROSUB nuclear, pero con dificultades. Históricamente este desarrollo ha tenido contratiempos y recientemente ha tenido que diferenciarse de la posición de China, un aliado comercial vital e integrante de los BRICS. Paralelamente, las buenas relaciones históricas con Estados Unidos, aunque relativamente tensas en el ámbito nuclear, podrían verse afectadas también por este orden multipolar donde Brasil es un actor de peso creciente.

Llegados a este punto, cabe recordar las inquietudes planteadas al inicio: ¿Cuáles son las perspectivas de los programas de propulsión nuclear de submarinos de Australia y Brasil? ¿Qué obstáculos, incentivos y oportunidades encuentra cada uno y cómo se puede interpretar desde el prisma de la geopolítica crítica?

Australia y Brasil actualmente son los ENPAN con programas de CNPS más consolidados. Sin embargo, existen claras diferencias en las

trayectorias de ambos países, dado que Brasil ha generado importantes capacidades e infraestructuras nucleares y está desarrollando sus submarinos sin un acuerdo explícito de transferencia, con el consecuente mayor riesgo y esfuerzo que conlleva; mientras que Australia será el primer estado beneficiario de la transferencia directa de esta tecnología por parte de dos EPAN desde el establecimiento del TNP y los diferentes acuerdos que han conformado el RINP, sin disponer de una industria nuclear propia. De esta forma, los intereses geopolíticos de las potencias centrales de la anglosfera, amparados por sus códigos geopolíticos, favorecen el acceso a tecnologías críticas a países considerados aliados, incluso a expensas del régimen internacional de control que lograron imponer; mientras que a estados semiperiféricos le pueden surgir obstáculos ante la posibilidad de que se conviertan en futuros competidores comerciales.

El posicionamiento rápido y favorable del OIEA sobre Australia contrasta fuertemente con las presiones que se han ejercido históricamente sobre los programas nucleares de países semiperiféricos como Brasil y Argentina. De acuerdo con Hurtado (2013; 2014), muchas acciones destinadas a bloquear los desarrollos de estos países sudamericanos han sido principalmente dirigidas por Estados Unidos y han utilizado incluso como instrumentos algunos acuerdos del RINP. El autor indica además que la no proliferación nuclear posee un elemento secundario de etnocentrismo protector alineado a intereses militares y comerciales.

A su vez agrega que Argentina y Brasil han sido retratados como países donde la probabilidad de construir bombas atómicas siempre ha estado presente, recurriendo para ello a acontecimientos ligados a factores geopolíticos, económicos, culturales e históricos esgrimidos por especialistas, medios de comunicación y entidades de referencia (Hurtado, 2013). Esto ha sido parte de imaginarios y códigos geopolíticos que han permitido, por ejemplo, impedir o suspender unilateralmente la transferencia de tecnología y materiales combustibles nucleares desde países centrales, además de favorecer la aplicación de restricciones, sanciones y presiones informales como recursos de poder. Que Von Hippel (2019) mencione que en un mes Brasil podría enriquecer suficiente uranio para fabricar una bomba, o llevar a cabo acciones clandestinas que vulneren los arreglos especiales a los que se lleguen, demuestra este tipo de posicionamientos ideacionales históricos que se han mantenido en el tiempo, a pesar de la trayectoria pacífica y de cooperación que este país ha llevado adelante.

De esta forma, que un país de la angloesfera apoyado por los dos integrantes más poderosos, Estados Unidos y el Reino Unido, haya avanzado sin mayores problemas en el OIEA abona este tipo de posicionamientos. Más aún, el mismo inicio de AUKUS y los CNPS australianos aparece bajo un proceso de fuerte cambio geopolítico y de línea tecnológica de submarinos en ese país, lo que ha llevado a conflictos con históricos aliados occidentales como Francia e incluso ha afectado intereses internos del país, deseosos por impulsar una nueva versión de submarinos de la clase *Collins*. Esto a su vez se ha dado en medio de un fuerte rearme que posiciona a Australia en una trayectoria que podría ser objeto de críticas abiertas y sanciones como lo han sido diversos países semiperiféricos, dado que rompe cualquier intento de equilibrio con países como Indonesia y deja en claro que su finalidad no es otra que contener a China.

En vista de lo precedente, cobran sentido posicionamientos como los de Soller (2021), y Dias y Abreu (2022) cuando mencionan que AUKUS ha significado un quiebre de paradigma por parte de Estados Unidos, que nunca ha apoyado la obtención o transferencia de esta tecnología, con la excepción del Reino Unido mediante el Acuerdo bilateral de cooperación sobre la utilización de la energía atómica con fines de defensa mutua en 1958¹⁹. En la misma línea, Perot (2021) agrega que mediante esta iniciativa se ha generado incertidumbre respecto a la posibilidad de proliferación. Asimismo, se debe tener presente que el tratado entre Estados Unidos y Reino Unido es anterior al TNP y a la amplia mayoría del RINP, lo que marca la ruptura sin precedentes que trae aparejado este cambio. Todos estos elementos comienzan a abonar posicionamientos como los de Castro (2023: 371), quien afirma que el antiguo orden nuclear ha quedado obsoleto ante el nuevo sistema multipolar y que debido a las nuevas dinámicas “no hay lugar para los antiguos tratados relacionados con la no proliferación o la reducción de armamentos nucleares”.

Manifestar estas cuestiones no significa enfrentarse u oponerse al programa de CNPS de Australia o a los países que integran el AUKUS, sino reconocer y poner en evidencia el cambio histórico que los tres países centrales integrantes de este acuerdo están llevando adelante, además de

19 El acuerdo específico en los años cincuenta del siglo XX ha permitido la transferencia de tecnología entre ambas naciones, más allá de la propulsión nuclear de submarinos, estableciendo en palabras de Baylis (2008) una “relación nuclear especial”.

recordar la lucha de países semiperiféricos como Brasil, donde muchos desarrollos fueron bloqueados o afectados por Estados Unidos y otros países centrales, echando luz sobre los códigos geopolíticos que impregnan los imaginarios y que actúan incentivando u obstaculizando este tipo de iniciativas. En el caso brasileño es necesario recordar, como fue mencionado, que el país ha logrado un importante desarrollo de su industria nuclear, pasando en el proceso de la competencia a la cooperación con Argentina, su antiguo rival. Esto último ha constituido uno de los principales casos de cambio en los códigos geopolíticos en el ámbito nuclear mundial.

La historia ha demostrado que las potencias centrales se han opuesto al acceso de ciertas tecnologías nucleares por parte de países (semi) periféricos, y la que corresponde a la propulsión nuclear de submarinos es más restringida incluso que la concerniente al armamento atómico. Si bien la tecnología de los CNPS no se encuentra prohibida, desde estos países se suele articular en los discursos académicos y especializados sobre otras que sí lo están, dado que en la realidad puede funcionar como instrumento que favorezca el desarrollo de los entramados nucleares e industriales de los países semiperiféricos que la adquieran. Por lo tanto, no está mal que Brasil observe el proceso de Australia en el OIEA como afín al propio, pero también debería ser importante manifestar la diferencia existente por cuestiones históricas, geopolíticas, tecnológicas e ideacionales.

CONSTRAINTS ON NUCLEAR SUBMARINE DEVELOPMENT IN AUSTRALIA AND BRAZIL FROM A CRITICAL GEOPOLITICAL PERSPECTIVE

ABSTRACT

Nuclear technology has become a fundamental asset during the twentieth and twenty-first centuries for its peaceful uses, but primarily for its warfare applications. Its relevance in the international scenario has led several central countries to try to restrict access to this knowledge, especially through a global governance architecture, but also through the construction of imaginaries and discourses on the subordinate role that less developed countries should occupy. The possession of conventional nuclear-powered submarines (CNPS) has been part of these discussions. However, it is possible to note certain contradictions on the part of academic imaginaries and discourses coming from central countries with respect to which non-nuclear-weapon countries are more or less reliable when it comes to obtaining CNPS. This article analyzes various academic and political perceptions of the Australian and Brazilian CNPS projects from a critical geopolitical perspective and concludes that despite having an extensive track record in nuclear matters, the project led by Brazil, a semi-peripheral country, is strongly questioned at the discursive level, while the Australian project has received support, since it mainly serves Western geopolitical interests of containing China. Keywords: Brazil, Australia; conventional nuclear-powered submarines

RESTRICÇÕES AO DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS NUCLEARES NA AUSTRÁLIA E NO BRASIL DESDE A GEOPOLÍTICA CRÍTICA

RESUMO

A tecnologia nuclear tornou-se um ativo fundamental durante os séculos XX e XXI por seus usos pacíficos, mas principalmente por suas aplicações bélicas. Sua relevância no cenário internacional fez com que vários países centrais buscassem restringir o acesso a esse conhecimento, especialmente por meio de uma arquitetura de governança global, mas também pela construção de imaginários e discursos sobre o papel subordinado que os países menos desenvolvidos deveriam ocupar. A posse de submarinos convencionais com propulsão nuclear (CNPS) tem feito parte dessas discussões. No entanto, é possível notar certas contradições nos imaginários e discursos acadêmicos dos países centrais sobre quais Estados sem armas nucleares são mais ou menos confiáveis quando se trata de obter CNPS. Este artigo analisa várias percepções acadêmicas e políticas dos projetos CNPS da Austrália e do Brasil a partir de uma perspectiva geopolítica crítica e conclui que, apesar de ter uma extensa história nuclear, o projeto do Brasil, um país semiperiférico, é fortemente contestado no nível discursivo, enquanto o da Austrália recebeu apoio, pois atende principalmente aos interesses geopolíticos ocidentais de conter a China. Palavras chave: Brasil; Austrália; submarinos convencionais com propulsão nuclear.

REFERÊNCIAS

AGNEW, John. Geopolítica: una re-visión de la política mundial. Madrid: Editorial Trama, 2005.

AGNEW, John. Mastering space: hegemony, territory and international political economy. Nova Iorque: Editorial Routledge, 1995.

ATENCIO, Jorge. ¿Qué es Geopolítica? 4. ed. Argentina: Editorial Pleamar, 1982.

BARLETTA, Michael. The military nuclear program in Brazil. Center for International Security and Cooperation. Califórnia: Stanford University. 1997.

BANCO Mundial. Australia Trade. Latest trade data available from various sources. 2021. Banco Mundial, World Integrated Trade Solution. Disponível em: <https://wits.worldbank.org/CountrySnapshot/en/AUS>. Acesso em: 18 de fev. 2024.

BAYLIS, J. The 1958 Anglo-American mutual defence agreement: the search for nuclear interdependence. *Journal of strategic studies*, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 425-466, 2008.

BLINDER, D.; HURTADO, D. Elementos históricos para entender la geopolítica de la tecnología nuclear en Argentina, en la década de 1980. *Revista Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, Bogotá, v. 14, n. 2, p. 201-222, 2019.

BLINDER, D. Argentina en el espacio: política internacional en relación a la política tecnológica y el desarrollo industrial. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, Bogotá, v. 12, n. 1, p. 159-183, 2017a.

BLINDER, D. Orden mundial y tecnología. Análisis institucional desde la perspectiva geopolítica en la semiperiferia: la tecnología

espacial y de misiles en Argentina y Brasil. *Geopolítica(s). Revista de estudios sobre espacio y poder*, Madrid, v. 9, n. 1, p. 177-202, 2017b.

CARDOSO, B. R. AUKUS: vários equívocos, alguma relevância. Instituto da Defesa Nacional, Lisboa, p. 2-3. 2021.

CARDOSO, P. dos S. A negociação das salvaguardas para o submarino nuclear brasileiro. *Revista da Escola Naval de Guerra*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 265-284, jul./dez. 2015.

CASTRO, J. I. T. El incremento de la tensión nuclear global. En Instituto Español de Estudios Estratégicos. *Panorama Geopolítico de los Conflictos 2023*. Ministerio de Defensa de España, 2023. p. 369-390.

CERRANO, V. La política nuclear de Brasil en el marco del Régimen de No Proliferación Nuclear. Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2015. p. 1-88.

CHOONG, W.; STOREY, I. Southeast Asian responses to AUKUS: arms racing, nonproliferation and regional stability. Instituto Yusof Ishak, Singapura, n. 134, p. 1-12, 2021.

CORRALES, C. M. Tratado sobre la prohibición de las armas nucleares: ¿avance hacia el desarme nuclear? Instituto Español de Estudios Estratégicos, Espanha, n. 97, p. 1-19, set. 2017.

COVELLI, Esteban. Desarrollo de la teoría geopolítica en la Argentina durante el siglo XX. Universidad Nacional de Rosario, Rosario, 2016. p. 1-93.

DAEHNHARDT, Patricia. O AUKUS, a França e a Alemanha. Instituto da Defesa Nacional, Lisboa, p. 11-13. 2021.

DIAS, A. A.; ABREU, J. A. A AUKUS, o TNP e o PROSUB. *Revista da Escola de Guerra Naval*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 1-32, maio/

ago. 2022.

GERALDO, M.; COSSUL, N. PROSUB: tecnologia como fator estratégico para o Brasil e para a segurança do Atlântico Sul. *Revista da Escola de Guerra Naval*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 197-216, jan/abr. 2016.

HARPER, Steven. *Submarine operations during the Falklands War*. [s. l.]: Editorial PN, 1994.

HURTADO, D. La construcción de la Argentina como país proliferador. *Revista Voces en el Fénix*, Buenos Aires, n. 24, p. 116-125, 2013.

HURTADO, D. *El sueño de la Argentina atómica*. Buenos Aires: Editorial Edhasa, 2014.

JONES, R. Atomic diplomacy in developing countries. *Journal of international affairs*, Nova Iorque, v. 34, n. 1, p. 89-117, 1980.

KITCHEN, C. *Nuclear power for Australia: a potted history*. Australian Energy Council. 2023.

KJELLÉN, R. *Staten som Lifsförm*. Stockholm: Hugo Geber. 1916.

CUÉLLAR LAUREANO, Rubén. Geopolítica. Origen del concepto y su evolución. *Revista de Relaciones Internacionales*, Madrid, n. 113, p. 59-80. 2012.

LOIS, M. Geopolítica crítica y frontera. Presentación. *Revista Scripta Nova*, Barcelona, v. 26, n. 1, p. 5-10. 2022.

MACKINLAY, A. AUKUS: la perspectiva de Australia. *Instituto Español de Estudios Estratégicos*, Madrid, n. 13, p. 643-658, fev. 2022.

MORA, J. D. P. AUKUS: un nuevo capítulo en la geopolítica de Asia Pacífico. *Universidad Militar Nueva Granada, Serie Análisis Coyunturales*, p. 1-12. 2021.

GARCÍA, N.; MARÍA, M. Subjetividad y discurso científico-académico. Acerca de algunas manifestaciones de la subjetividad en el artículo de investigación en español. *Revista Signos*, Valparaíso, v. 41, n. 66, p. 5-31, 2008.

Organismo Internacional de Energía Atómica. IAEA safeguards in relation to AUKUS. OIEA, GOV/INF/2022/20, p. 1-5. 2022.

Organismo Internacional de Energía Atómica. Glosario de Seguridad del OIEA. Terminología empleada en seguridad nuclear y protección radiológica. Edición de 2018. OIEA, Viena. 2021.

OLIVEIRA DE SOUZA, D.; GUEDES DE OLIVEIRA, M. A. Submarinos para que? Condicionantes do programa de desenvolvimento dos submarinos brasileiros. *Revista da Escola de Guerra Naval*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 337-374. maio/ago. 2021

OLIVEIRA DE A. Israel; FARIAS F. E S., Márcio Magno; LYRA H., Giovanni y AVERSA F., Luiz. Submarino nuclear brasileiro: defesa nacional e externalidades tecnológicas. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2018.

ORGANISMO PARA LA PROSCRIPCIÓN DE LAS ARMAS NUCLEARES EN LA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Zonas Libres de Armas Nucleares. Disponible em: <https://www.opanal.org/zonas-libres-de-armas-nucleares-zlan/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

PEROT, Elie. The AUKUS agreement, what repercussions for the European Union? *Fundación Robert Schuman, European Issues*, [s. l.], n. 608, p. 1-5. 2021.

ROCKWOOD, Laura. Naval Nuclear Propulsion and IAEA Safeguards. *Federation of American Scientists, Issue Brief*, Washington, DC, p. 1-18. 2017.

RODRIGUES, Domingos y CORREIRA, Neves Nuno. AUKUS –

Estabilidade ou uma Nova First Fleet? Instituto da Defesa Nacional, brief, Lisboa, p. 6-7. 2021.

SERRANO, Lucas. AUKUS. Trasfondo de un tratado. Instituto Español de Estudios Estratégicos, Espanha, n. 25, p. 451-466. 2022

MACHADO da Silva, Marcos Valle. Safeguards and the Nuclear-Powered Submarines of the NNWS: There is no gap; There is a First Time. Revista Mural Internacional, Rio de Janeiro, v. 14, p. 1-18. 2023.

STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. SIPRI Yearbook 2022. Armaments, Disarmament and International Security. Edición FundiPau, p. 1-26. 2022.

STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. SIPRI Yearbook 2021. Armaments, Disarmament and International Security. Edición FundiPau, p. 1-30. 2021.

STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. SIPRI Yearbook 2020. Armaments, Disarmament and International Security. Edición FundiPau, p. 1-26. 2020.

STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. SIPRI Yearbook 2019. Armaments, Disarmament and International Security. Edición FundiPau, p. 1-24. 2019.

STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE. SIPRI Yearbook 2018. Armaments, Disarmament and International Security. Edición FundiPau, p. 1-24. 2018.

SOLLER, Diana. A Nova Arquitetura de Segurança Norte-Americana. Instituto da Defesa Nacional, brief, Lisboa, p. 5-6. 2021.

TAYLOR, Peter; FLINT, Colin. Geografía política. Economía Mundo, Estado-Nación y localidad. Madrid: Editorial Trama, 2002.

THE WIRE. India, Brazil Help Stop Chinese Roadblock to AUKUS Supply of N- Powered Submarines to Australia. The Wire, diplomacy, 1 out. 2022.

TOMÉ, Luis. AUKUS: criando o “Atlântico-Pacífico” e dividindo o Atlântico e o Pacífico. Instituto da Defesa Nacional, brief, Lisboa, p. 9-10. 2021.

TREVIÑO, José María. AUKUS y los submarinos australianos. Revista general de marina, Espanha, v. 281, p. 897-910. 2021.

WALLERSTEIN, Immanuel. El moderno sistema mundial. México: Editorial Siglo XXI, 1974. Tomo I.

VON HIPPEL, Frank. Mitigating the Threat of Nuclear-Weapon Proliferation via Nuclear-Submarine Programs. Journal for Peace and Nuclear Disarmament, Nagasaki, v. 2, n. 1, p. 133-150. 2019.

***Recebido em 23 de janeiro de 2024, e aprovado para publicação em 20 de maio de 2024.**

A LATÊNCIA NUCLEAR, O PROTOCOLO ADICIONAL E O SUBMARINO CONVENCIONALMENTE ARMADO DE PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO

José Augusto Abreu de Moura¹
Vágner Camilo Alves²

RESUMO:

O Brasil é o único Estado não nuclearmente armado a desenvolver um submarino convencionalmente armado de propulsão nuclear e está negociando, com a Agência Internacional de Energia Atômica, a compatibilização das atividades desse programa com o Regime de Não Proliferação de Armas Nucleares; enquanto a parceria AUKUS (Austrália, Reino Unido e Estados Unidos da América) também negocia o fornecimento à Austrália de plataformas similares. Diferentemente da Austrália, o Brasil possui duas condições importantes – sua latência nuclear e a não adesão ao Protocolo Adicional daquela Agência - e analisá-las, com foco nas negociações, é o objetivo deste artigo. A primeira condição é analisada por comparação com o Japão e a segunda é baseada na confiança construída pelo Brasil, principalmente pela atuação da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares. Conclui-se que, apesar de tais condições não terem influenciado as negociações, como estas devem durar cinco anos, em algum momento, elas devem vir à baila, como argumento para a adesão ao Protocolo Adicional, por pressão dos Estados Nuclearmente Armados e da Agência Internacional; enquanto a Austrália está satisfeita como parceiro júnior da AUKUS.

Palavras-chave: Brasil; Submarino; Propulsão Nuclear; Latência Nuclear; Protocolo Adicional.

1 Colaborador do Centro de Estudos Político-Estratégicos da Marinha (CEPE-MB). Pós-Doutorando do Instituto de Estudos Estratégicos (INEST-UFF), Niterói, RJ, Brasil. End. R. Ministro Artur Ribeiro 98/904, Jardim Botânico, Rio de Janeiro. CEP 22461-230. E-mail jaamourad38@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/000-0001-6474-5632>

2 Professor associado do Instituto de Estudos Estratégicos (INEST-UFF). Coordenador geral do projeto “O Submarino Convencionalmente Armado de Propulsão Nuclear ante as salvaguardas adicionais da AIEA” no edital PROCAD-Defesa. End. R. Pinheiro da Cunha 116/303. Tijuca, Rio de Janeiro. CEP 20530-360. E-mail: vcamilo@id.uff.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4399-6835>

INTRODUÇÃO

O Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) (United Nations, 2024) é a peça central do Regime de Não Proliferação de Armas Nucleares (RNPAN) e se baseia em três pilares: a não proliferação de armas nucleares; o desarmamento nuclear; e os usos pacíficos da energia nuclear (Carlson, 2019).

Quanto aos dois primeiros pilares, são reconhecidas duas classes entre os Estados-parte: os não nuclearmente armados (“*Non Nuclear Weapons States*” - NNWS) e os nuclearmente armados (“*Nuclear Weapons States*” – NWS). Enquanto os primeiros devem se comprometer a não obter armas nucleares (art. II) e são rigorosamente fiscalizados quanto a isso para garantir a não proliferação (art. III), os NWS têm a posse delas legitimada, mas com a obrigação, hoje formalmente reconhecida (Review [...], 2000, p.14, item 6), de realizar o desarmamento (art.VI), sendo essa desigualdade considerada necessária à marcha para um mundo futuro em que todos os Estados serão NNWS (Carlson, 2019). Já os usos pacíficos da energia nuclear constituem direito inalienável de todos os Estados-parte (art. IV).

Os NWS são os cinco membros do Conselho de Segurança das Nações Unidas (CSNU) – Estados Unidos da América (EUA), Rússia, Reino Unido (RU), França e China, tratados como “NWS *de jure*”, para diferenciá-los dos possuidores de armas nucleares que não aderiram ao TNP – Índia, Paquistão, Israel e Coreia do Norte³, os “NWS *de facto*”. Os NNWS são os demais Estados-parte, que possuem diferentes níveis de desenvolvimento e interesses, alguns com significativa capacidade tecnológica no setor nuclear.

Entre estes se distingue o Brasil, o único a desenvolver um submarino convencionalmente armado com propulsão nuclear (SCPN), programa iniciado em 1978 e hoje implementado pelo Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), lançado em 2008 (Filho, 2011; Souza Guimarães, 2021).

Essa propulsão constitui uma “atividade nuclear não proscriita”, considerada uso pacífico (Ruble, 2010; Carlson, 2015; IAEA, 1994, art.13), sendo seu desenvolvimento, portanto, o exercício de um direito

3 A Coreia do Norte aderiu em 1985, mas denunciou o tratado em 2003 (United Nations, 2024).

inalienável. Existe, entretanto, a percepção de que ela acarreta brechas (“*loopholes*”) (Costa, 2017; Carlson, 2021) no sistema de salvaguardas da AIEA, dando margem a desvios de material físsil para possível fabricação de armas nucleares. Esse risco tem servido para harmonizar os interesses internacionais de segurança contra tais iniciativas (Acton, 2021).

O Brasil é um dos poucos Estados que domina o ciclo do combustível nuclear, permitindo suprir parte de suas necessidades civis e prever a autossuficiência (INB, 2024), mas isso também o torna alvo das preocupações globais com a proliferação de armas nucleares. O país tem se recusado a aderir ao Protocolo Adicional (PA), instrumento lançado pela AIEA em 1997, tornando as salvaguardas nucleares muito mais rigorosas e sendo objeto de pressões internacionais para adesão (Carlson, 2015; Carlson, 2021; Acton, 2021), o que, no caso do Brasil, poderia atenuar a percepção de risco do programa do SCPN.

Cabe registrar que, em 15 de setembro de 2021, os EUA, o Reino Unido e a Austrália lançaram a parceria AUKUS, pela qual os dois primeiros proverão SCPNs à Austrália, – um NNWS como o Brasil – fixando o prazo de 18 meses quando os três Estados estudariam a melhor forma de implementar tal decisão (Joint [...], 2021), prazo terminado em março de 2023.

Quanto ao programa do SCPN, considerando o estágio alcançado, chegava o momento de o Brasil acertar, com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), a compatibilização das atividades inerentes à construção e operação dessa unidade com o RNPAN, por meio do arranjo previsto na legislação pertinente (IAEA, 1994, art. 13).

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar e analisar as condições específicas do Brasil neste tema, levando em consideração a construção do SCPN no contexto do Regime de Não Proliferação e das negociações com a AIEA. Para isso, tendo-se o TNP como referência normativa, é apresentado, em primeiro lugar, o contexto do RNPAN, explicando-se, a seguir, o importante conceito de Latência Nuclear. Nesse aspecto, faz-se um paralelo com o Japão, discutindo-se semelhanças e diferenças entre os dois países acerca do possível desenvolvimento nuclear para fins militares. A seguir discute-se a não adesão do Brasil ao PA, e seus prós e contras são apreciados nos planos político e administrativo do Estado brasileiro, bem como as pressões dos NWS pela adesão e a recomendação nesse sentido da AIEA. A compatibilização do PROSUB com o Regime de Não

Proliferação é, em seguida, analisada em conjunto com a conduzida pela parceria AUKUS. A guisa de conclusão, um resumo de todos os pontos anteriores é fornecido, levando-se em conta a necessária negociação com a AIEA, que deve combinar a histórica posição nacional de defensor da não-proliferação nuclear com o projeto de desenvolvimento do SCPN.

O CONTEXTO DO REGIME DE NÃO PROLIFERAÇÃO DE ARMAS NUCLEARES

Segundo Popp (2017, p.1, 223), a desigualdade contida na divisão dos Estados-parte é a origem da tensão reinante na condução do TNP, e ela se expressa inicialmente nas desiguais obrigações entre eles.

Os NNWS, ao aderirem ao TNP, assinam junto à AIEA um Acordo de Salvaguardas Abrangentes (“*Comprehensive Safeguards Agreement*” – CSA), pelo qual elas são aplicadas a todo material nuclear em seu território, jurisdição ou sob seu controle; havendo também, em caráter voluntário, mas com igual abrangência, o já citado “Protocolo Adicional” (PA) ao Acordo de Salvaguardas, que torna tais salvaguardas mais rigorosas.

Os NWS *de jure*, em lugar do CSA, assinaram com a AIEA “Acordos de Oferta Voluntária” (“*Voluntary Offer Agreements*” – VOA), pelo qual oferecem à aplicação de salvaguardas apenas as instalações em que eles as admitem - aquelas destinadas a usos pacíficos. Os NWS *de facto*, exceto a Coreia do Norte, assinaram “Acordos de Salvaguardas específicos” (“*Item-specific Safeguards Agreements*”) cobrindo apenas as instalações por eles determinadas. Todos esses Estados assinaram o PA, mas implementando apenas as medidas que estavam preparados para aceitar (IAEA, 2024).

Desde que o TNP entrou em vigor, há grande disparidade entre o cumprimento das obrigações de não proliferação (art.III), fiscalizadas pelas salvaguardas abrangentes aplicadas aos NNWS, e as de desarmamento (art.VI), deficientemente cumpridas pelos NWS. Assim, na conferência quinquenal de 1995, na qual foi decidida a continuação da vigência do TNP por prazo indefinido, certos compromissos foram exigidos dos NWS (History [...], 2024). Eles, entretanto, também têm sido deficientemente cumpridos (Moura e Alves, 2023), o que tem acirrado a divisão entre os NWS e os NNWS, evidenciada principalmente pelo fracasso da conferência quinquenal de 2015, que deu origem a um grupo, do qual o Brasil faz parte, que propôs o Tratado de Proibição das Armas Nucleares (TPAN), em vigor desde 2021 (Maitre, 2015; NTI, 2022).

As críticas da diferença no cumprimento das obrigações se baseiam na ideia supostamente original de que a não proliferação e o desarmamento são igualmente relevantes, contudo, há pontos de vista realistas, entre os NWS, questionando essa visão do TNP, sugerindo perspectivas de seu reexame e considerando-o ineficaz principalmente quanto à não proliferação, que deve ser o pilar prioritário como – esta, sim – era a ideia original (Sokolski, 2017 p.1-2); registrando-se, também, as seguintes afirmações específicas sobre a conferência de 1995:

O TNP foi concebido como um pacto de não proliferação para segurança de suas partes, não como um meio de alcançar o desarmamento ou garantir usos pacíficos. As obrigações no tratado para cada um dos três compromissos são deliberadamente diferentes. [...] apesar da não implementação do artigo VI, as partes consentiram esmagadoramente na extensão indefinida do Tratado em 1995, um claro endosso da não proliferação como propósito central, como pretendido pelos fundadores (Rust, 2017, p.41, 40).⁴

Tais concepções refletem a realidade com que o TNP sempre foi conduzido e são coerentes com a satisfação dos NWS com o *status quo*, vislumbrada por Maitre (2015, p.3) em sua análise da conferência de 2015, ponto importante quando são consideradas e analisadas as condições brasileiras neste tema, a seguir expostas.

A LATÊNCIA NUCLEAR

Entre os NNWS, há os que, exercendo o “direito inalienável”, dispõem das tecnologias de enriquecimento de urânio ou de

4 “The NPT was conceived as a nonproliferation security pact among its parties, not as a means to achieve nuclear disarmament or to guarantee peaceful uses. The obligations in the treaty for each of the three undertakings are different—deliberately so.” [...] “despite this lag in Article VI implementation, the parties overwhelmingly consented to indefinite extension of the treaty in 1995—a clear endorsement of nonproliferation as the treaty’s central purpose as intended by its founders.”

reprocessamento do combustível nuclear usado⁵. Como elas são duais por também servirem à produção da matéria prima das armas nucleares – urânio altamente enriquecido (“*High Enriched Uranium*” – HEU⁶) e plutônio – tais Estados foram denominados *Nuclear Threshold States* (NTS) (Rublee, 2010), chamando a atenção dos formadores de opinião sobre proliferação.

Essa capacidade é conhecida como “Latência Nuclear”, um caso particular de “Latência Estratégica”, “aspecto crítico de segurança nacional que envolve as formas pelas quais avanços científicos, tecnológicos e de engenharia colocam novos desafios ou ameaças ao equilíbrio global de poder” (Pilat, 2019, p.1).

A latência nuclear tem implicações em dissuasão, segurança, não proliferação, controle de armas e desarmamento. Para um Estado específico, ela depende de seus recursos humanos e materiais, conhecimento e capacidade técnica, capacidade industrial, acesso a materiais nucleares e objetivos estratégicos. A faixa das capacidades latentes abrange desde a difusão de tecnologias e programas de geração de energia, até decisões conscientes de desenvolver ou manter capacidades significativas de obter armas nucleares (Pilat, 2019).

Nesse espectro, Carlson (2015) distingue dois tipos de latência nuclear: a “inadvertida”, quando o Estado constrói a capacidade de enriquecimento ou reprocessamento sem a intenção de produzir armas nucleares no futuro previsível; e a “deliberada”, se essas capacidades forem construídas, além dos fins pacíficos, para tornar disponível um componente essencial da opção por armas nucleares, se as circunstâncias estratégicas mudarem futuramente. A percepção da diferença depende do conhecimento dos propósitos do Estado, o que pode ser difícil. Assim, no que concerne a não-proliferação, quanto menor o número de programas de enriquecimento e reprocessamento, melhor; e quanto maior esse número, maior o risco (Carlson, 2015).

No extremo do espectro, existe o “*hedging*” nuclear, que já não pode ser considerado como tendo propósito pacífico. Trata-se de uma estratégia

5 Após o uso, os resíduos do combustível (urânio) de reatores de usinas nucleares contém plutônio entre outros materiais. Uma das formas de reprocessamento consiste em separar o plutônio e misturá-lo com urânio exaurido, um subproduto do enriquecimento, o que forma um novo combustível (“*mixed oxide fuel*”, chamado “*mox fuel*”) utilizável em alguns reatores, o que permite maior aproveitamento do urânio (World [...], 2017).

6 Considera-se urânio de baixo enriquecimento (“*Low Enriched Uranium*” – LEU) o que contém menos de 20% de U235; de alto enriquecimento (“*High Enriched Uranium*” – HEU), o que contém 20% ou mais de U235; e o “*weapons grade*” ou “*bomb grade*”, o HEU que contém acima de 90%. (Module2, 2023), usado na fabricação de armas nucleares (World [...], 2022).

nacional específica para “estabelecer a opção de obter armas nucleares a prazo relativamente curto” (Carlson, 2015) ou, mais precisamente,

[...] uma estratégia nacional de manter, ou pelo menos parecer que mantém, uma opção viável de obter armas nucleares com relativa rapidez, baseada na capacidade técnica própria de produzi-las num prazo relativamente curto, de algumas semanas a poucos anos (Levite, 2003. p.59-88 apud Persbo, 2019, p. 53)

Como o desafio das salvaguardas é prover à comunidade internacional alarme com antecedência tal que permita intervenção tempestiva, algumas circunstâncias e ações servem como indicadores para avaliar até que ponto o propósito do programa nuclear de um Estado contém a possibilidade, ou inclui a intenção de produzir armas nucleares – ou seja, se é caso de latência ou *hedging*. Muitos aspectos são levados em consideração nessa classificação, como localização do país sob análise em região de tensão; aquisição ou desenvolvimento de tecnologias de enriquecimento ou reprocessamento sem uma clara finalidade civil; desenvolvimento, aquisição ou uso de modelos computacionais de explosões nucleares; desenvolvimento ou aquisição de vetores de lançamento, como mísseis, balísticos ou de cruzeiro, de longo alcance; envolvimento de militares na operação de programas civis; etc. (Carlson, 2015).

Quanto à real dimensão do problema, observa-se que, além dos NWS (*de jure e de facto*), cinco NNWS produzem material físsil para fins pacíficos: Alemanha, Holanda, Brasil e Irã enriquecem urânio (a Argentina não opera a sua planta de enriquecimento desde 2018); e o Japão realiza enriquecimento e reprocessamento. Acrescente-se ainda que a África do Sul teria capacidade de realizar enriquecimento, enquanto Bélgica, Itália e Alemanha, seriam capazes de realizar reprocessamento (Carlson, 2015; World [...], 2022; Global [...], 2022, p. 24, 23).

A Alemanha, a Holanda e o Reino Unido, são membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte e formam o consórcio URENCO, de enriquecimento de urânio, com instalações nesses Estados e nos EUA, exportando seu produto para vários países (World [...], 2022).

O Irã vive uma crise permanente com as potências ocidentais por

ser inimigo potencial de Israel, principalmente após a saída unilateral dos EUA, em 2018, do “Plano de Ação abrangente conjunto” (“*Joint Comprehensive Plan of Action*” - JCPoA), assinado em 2015 com o “P5+1” - os membros permanentes do CSNU mais a Alemanha. O Plano limitava o programa nuclear iraniano em troca da suspensão das sanções econômicas impostas ao país. Com a retirada norte-americana, ele deixou de ser cumprido, as sanções voltaram a ser aplicadas, e o Irã, que se mantém no TNP, está reagindo com o aumento do grau de enriquecimento de urânio em suas instalações, demonstrando que chegará ao “*weapons grade*” se as sanções não voltarem a ser suspensas (Mehdi, 2022).

Desta forma, pode-se dizer que os três Estados acima citados, Alemanha, Holanda e Irã, têm seus comportamentos definidos, sabendo, as potências e a comunidade internacional, o que esperar deles. Assim, os conceitos atinentes aos países dotados de latência nuclear se aplicam, mais apropriadamente, apenas ao Brasil e ao Japão, analisados a seguir.

BRASIL E JAPÃO: SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS

Quanto ao cumprimento de salvaguardas, registre-se a insistência brasileira em não permitir aos inspetores a visualização total de suas ultracentrífugas para proteger segredo tecnológico nacional, o que causou um incidente em 2004⁷. Ele foi prontamente resolvido junto à AIEA, mas teve alguma repercussão (Morrison, 2006; Rublee, 2010; Plum; Resende, 2017).

Exceto isso, não há problemas com qualquer dos dois Estados, mas eles seguem normas diferentes. O Brasil cumpre o disposto em seu Acordo de Salvaguardas, a INFCIRC/435 (IAEA, 1994), enquanto o Japão, signatário do PA, cumpre seu Acordo de Salvaguardas com esse acréscimo, que prevê medidas mais rigorosas (INFCIRC/255) (IAEA, 2024).

Outra particularidade do Brasil, e também da Argentina, como NNWS, é o fato de contarem com uma instância intermediária entre eles e a AIEA. Trata-se da Agência Brasil-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), organização criada em 1991, bem antes de ambos aderirem ao TNP, para gerenciar o sistema bilateral relativo a

7 Nesse ano, durante uma inspeção da AIEA às instalações de enriquecimento de urânio das Indústrias Nucleares do Brasil (INB), então em construção em Rezende-RJ, um inspetor tentou observar uma ultracentrífuga por baixo da proteção que não permitia sua visualização, o que era proibido por se tratar de um segredo tecnológico, e foi impedido (Alvim, 2004).

esses materiais e a aplicação recíproca de salvaguardas, estabelecida após terem acordado que só empregariam a energia nuclear para fins pacíficos (IAEA, 1991).

As normas então estabelecidas foram aceitas pela AIEA no “Acordo Quadripartite”, também de 1991 (IAEA, 1994), entre essa Agência, os dois Estados e a ABACC, que permite à Agência global aplicar suas salvaguardas levando em conta as conclusões da Agência bilateral.

Quando o acordo quadripartite entrou em vigor, em 1994, seu texto foi integrado à legislação da AIEA como INFCIRC/435 e, quando a Argentina e o Brasil aderiram ao TNP, respectivamente em 1995 e 1998, tornou-se o Acordo de Salvaguardas que deveriam cumprir em atendimento ao artigo III do Tratado (Plum; Resende, 2017).

Como instância intermediária, a ABACC já recebeu críticas por retardar as conclusões da AIEA (Ruble, 2010), mas o fato é que ela constitui um componente ativo do acordo quadripartite, tendo consolidado, em três décadas, uma cultura de aplicação de salvaguardas e de cooperação entre os dois Estados e com a AIEA, sendo uma referência internacional (Guimarães, 2021).

Quanto aos riscos estratégicos, diferente do Brasil, que se situa numa região pacífica, as condições que motivam a dissuasão nuclear atingem fortemente o Japão. Apesar do reconhecido comprometimento com a não proliferação, sua grande disponibilidade de material físsil devido à produção de combustível para as usinas (World [...], 2021), faz com que comentaristas afirmem que, para os japoneses, “basta virar uma chave” para possuir armas nucleares, o que torna criticamente importante a aliança com os EUA, que reduz tal motivação (Carlson, 2015).

Quanto à estocagem, enquanto o Brasil só usa reatores a urânio enriquecido nas usinas e armazena o combustível usado como resíduo (Eletronuclear, 2024), o Japão o reprocessa, obtendo plutônio além do necessário à produção de “mox fuel”, estocando o excedente, boa parte no exterior. Por isso, em 2018, o governo alterou sua política, com medidas visando a reduzir a produção desse elemento, mas estima-se que elas não serão suficientes porque, apesar de levarem em conta a entrada em operação de uma nova planta de reprocessamento, agora prevista para 2024, o estoque mínimo de “mox fuel” e os planos para seu uso permanecem indefinidos (Suzuki, 2023).

Diferente da constituição brasileira, a japonesa não proíbe a construção de um arsenal nuclear, desde que destinado a “propósitos

defensivos”. Existe, entretanto, na legislação doméstica, os “três princípios não nucleares”, enunciados pelo Primeiro-Ministro Eisaku Sato, em 1967, que lhe valeram o Prêmio Nobel da Paz em 1974 e têm sido usados desde então como regra: o Japão não fabrica armas nucleares, não as possui, nem permite sua entrada no país (Yoshihara; Holmes, 2009, p. 61).

Apesar disso e de ter aderido ao TNP em 1976 e ao PA em 1999 (IAEA, 2024), a dissuasão nuclear própria já foi considerada em fins dos anos 2000, quando a dissuasão estendida dos EUA pareceu insuficiente ante as ameaças da China, da Rússia e da Coreia do Norte. Nessa época, já havia plutônio suficiente para construção de 740 artefatos nucleares, e vários pensadores e políticos opinaram favoravelmente a essa alternativa, inclusive o ex-Primeiro Ministro Yasuhiro Nakasone (Yoshihara; Holmes, 2009, p. 9).

Atualmente, mesmo sendo defensiva a política de defesa, baseada na integração com as forças norte-americanas e cumprindo os “três princípios não nucleares”, o governo decidiu, em sua Estratégia Nacional de Defesa (END) de 2022, construir “capacidades de contra-ataque” sobre o território inimigo. Ela contará com mísseis de longo alcance como o Tomahawk e outros sistemas ainda mais poderosos, para dissuadir invasões ou ataques (Japan, 2023, p. 19, 17, 9 e 7; Yoshida, 2023), o que não significa, em princípio, o emprego de armas nucleares.

Pela END, as “capacidades de contra-ataque” proporcionam dissuasão “por negação” – a que acena com o impedimento de o oponente atingir seus objetivos durante a agressão; enquanto a dissuasão estendida dos EUA é “por punição”, nucleada na dissuasão nuclear (Yoshida, 2023). As forças norte-americanas no Japão são desdobradas em 85 bases, representando expressiva parcela do poder militar da superpotência (US Forces, 2023), o que custará ao Japão 8,6 bilhões de dólares em cinco anos, despesa aprovada pelo parlamento em 2022, após majoração solicitada pelos EUA (Asahina, 2022).

Com a separação das tarefas de dissuasão, o emprego de armas nucleares parece estar confinado às forças norte-americanas, mas a disponibilidade de vetores, como mísseis de cruzeiro Tomahawk e mísseis balísticos hipersônicos desenvolvidos pela indústria nacional, torna possível, em princípio, a “weaponização” do material físsil disponível pelo Japão. Cabe ainda lembrar que, nas duas últimas décadas, esse país desenvolveu seu programa espacial, também com finalidade militar, principalmente por dúvidas quanto à dissuasão estendida pelos EUA. O

Japão tornou-se uma potência no setor, contando, inclusive com um sistema de navegação por satélite próprio e dispondo de lançadores possivelmente adaptáveis para lançamento balístico de armas nucleares (Oliveira, 2019, Vijayakumar, 2020).

Em contraste, a situação do Brasil deveria tranquilizar os analistas, pois o país produz material físsil apenas para abastecer as usinas e, atualmente, não tem possibilidade de “weaponização” por lançamento balístico, pois o projeto do Veículo Lançador de Satélites (VLS) foi encerrado em 2016, e seu sucessor, o projeto do Veículo Lançador de Microssatélites (VLM), de muito menor capacidade, só terá seu primeiro teste em 2027 (Nogueira, 2023).

Tais diferenças em situação estratégica impõem comportamentos diferentes na comunidade dos NNWS. Rublee (2010) escreveu que o Brasil era um enérgico defensor do desarmamento, insistindo em seu imediato progresso com várias iniciativas, inclusive integrando, desde sua fundação, em 1998, a “New Agenda Coalition” (NAC), grupo de países empenhados em promover o desarmamento nuclear, tendo também assinado o TPAN em 2017 (Souza Guimarães, 2021, p.52). Enquanto isso, o Japão tinha um estilo cooperativo de baixo perfil, enfatizando seu progresso incremental, tendo declinado do convite para participar da NAC e se recusado a assinar o TPAN, a fim de não desagradar os EUA (Thakur, 2017).

Quanto à presença de militares em programas nucleares civis, ao pé da letra, este indicador enquadra o Brasil, porque sua Marinha “é fundamental na área nuclear”, tendo desenvolvido “as tecnologias de conversão e enriquecimento de urânio e, desde o fim dos anos 1970, vem trabalhando no desenvolvimento de um submarino de propulsão nuclear” (Kassenova, 2014, p. xii). No entanto, o único propósito dessas tecnologias para a Marinha do Brasil (MB) sempre foi o domínio do ciclo do combustível para viabilizar o desenvolvimento do SCPN; o que, apesar de militar, é uma “atividade nuclear não proscria”, considerada uso pacífico, como já exposto. Essa motivação da MB foi aproveitada para elevar o nível tecnológico do país, visando especificamente a finalidades civis como a produção de combustível para as usinas nucleares, numa inversão do indicador em questão, classificado por Filho (2011) como “oportunisto tecnológico” do governo.

Tal fato é do conhecimento da AIEA que, em conjunto com a ABACC, ao implementar salvaguardas em todas as instalações nucleares do país, inclui as da MB (Junior, 2018, sl.31-33). Desta forma, no caso do

Brasil, a presença de militares em programas nucleares civis não é um indicador de hedging.

Verifica-se, assim, que o estrito policiamento da latência/hedging nuclear é mais uma manifestação da prioridade, no RN PAN, ao pilar “não proliferação” vis-à-vis o pilar “desarmamento”. Quanto a isso, constata-se que o Brasil está longe de causar ameaças no nível global como o Japão. Tanto a adoção do SCPN como a produção do combustível não implicarão em qualquer aumento do risco de proliferação, uma vez acertado, com a AIEA, o arranjo dos Procedimentos Especiais ora negociado. Seu posicionamento político, como combativo promotor do desarmamento, é defensivo, típico de um NNWS sem maiores proteções, que também o situa em posição oposta à do Japão, protegido pela dissuasão estendida dos EUA.

O PROTOCOLO ADICIONAL DE 1997 (PA)

O Brasil é signatário de todos os tratados do Regime de Não Proliferação de Armas Nucleares, mas tem se recusado a aceitar outras salvaguardas além das que já cumpre e dos procedimentos a serem negociados com a AIEA, específicos à adoção do SCPN. Recusa-se especialmente a aderir ao Protocolo Adicional (PA) (Brasil, 2023), atitude oposta à da Austrália, um dos primeiros Estados a fazê-lo (IAEA, 2024) e membro do acordo AUKUS.

Esse protocolo consiste num acordo a ser firmado pelos Estados-partes do TNP com a AIEA, acrescentando medidas que reforçam as salvaguardas do CSA, sendo, portanto, adicional a esse documento. Como tais medidas ultrapassam seu escopo, elas exigem autorização legal complementar e voluntária, pois nada obriga um Estado a concedê-la. Sua instituição, em 1997, deveu-se à incapacidade de as salvaguardas originais detectarem as violações do Iraque e da Coreia do Norte (Kassenova, 2014 p. 63), o que o tornou objeto de intensa campanha para adesão pelos formadores de opinião, como Carlson (2021).

As medidas, cujo modelo é o documento INFCIRC/540 (Corrected) (IAEA, 1998), alteram radicalmente a filosofia original, que pretendia detectar o desvio de materiais nucleares em instalações declaradas, consistindo em verificar a correção das informações prestadas pelo Estado sobre elas. Com o acréscimo do PA, as salvaguardas pretendem, também, assegurar a ausência de materiais e atividades não declaradas, e sua conclusão não é mais obtida individualmente por instalação, mas para o

Estado como um todo. (Marzo, 2016).

Assim, as inspeções têm caráter qualitativo, ou seja, com avaliações essencialmente não quantificáveis e, portanto, passíveis de julgamento subjetivo; sendo realizadas em locais com materiais nucleares e em qualquer outro sítio, para resolver questões e inconsistências, exigindo-se que o Estado garanta o acesso de inspetores internacionais a qualquer local do país se houver alguma questão decorrente de uma denúncia bem fundamentada, que poderá provir de terceiras partes, inclusive de serviços de Inteligência (Marzo, 2016). A ordem de acesso terá antecedência de 24 horas, mas poderá ser de menos de duas, dependendo das circunstâncias (IAEA, 1998, art. 4).

As informações exigidas são muito mais profundas, ainda que o sigilo continue preservado e o acesso gerenciado continue possível. Exemplificando com o segredo tecnológico que já originou problemas anteriormente, as ultracentrífugas: a manufatura de suas partes componentes teria que ser detalhadamente descrita, mas o sigilo da descrição seria preservado; e sua visualização pelos inspetores poderia ser impedida, dependendo da negociação de um acesso gerenciado que não prejudicasse a missão da AIEA (IAEA, 1998, art. 15, 2(iv), 7).

O Estado se torna o responsável final por informações que podem não ser de sua alçada, como pesquisas científicas e processos industriais em empresas privadas não diretamente envolvidas no programa nuclear, ou que não trabalham com material nuclear, mas detêm alguma tecnologia de possível interesse. Atualmente, nada obriga tais firmas a permitir o acesso de inspetores estrangeiros para fazer verificações em suas atividades. Assim, no caso do Brasil e da Argentina, a adesão ao PA exigiria uma alteração prévia na legislação, como já ocorreu em outros países que o colocaram em vigor.

A implementação dessa nova legislação implicaria a necessidade de a autoridade nuclear “coletar, analisar e centralizar informações sobre materiais, equipamentos e processos de diversos setores estatais e privados” (Marzo, 2016), que deverão ser compiladas e gerenciadas em âmbito nacional, o que, considerando as dimensões do Brasil e da Argentina, não seria uma tarefa trivial.

Para Santos Guimarães (2022), uma eventual adoção do PA exigiria negociações incluindo acordos subsidiários que impedissem interpretações que ferissem a “soberania e propriedade industrial nacional”. Uma referência útil seria o Protocolo Adicional ao Acordo de Salvaguardas

Parciais dos EUA com a AIEA, assinado em 2009 (INFCIRC/288/Add.1).

Os NWS pressionam intensamente pela adesão universal ao PA, propondo que ele se torne o “padrão chave” para avaliar o comprometimento dos Estados-parte com o TNP (Additional [...], 2015). Já a AIEA a recomenda como “significativa medida de construção da confiança”, advertindo, porém, que se trata de uma decisão soberana dos Estados, mas após adotada, sua implementação passa a ser uma obrigação legal. (Preparatory [...], 2019, itens 28-30). Nesse quadro, temia-se que a posição brasileira pudesse comprometer o progresso do PROSUB, circunstância que originou o projeto acadêmico “O Programa do Submarino Convencional de Propulsão Nuclear (SCPN) ante as salvaguardas adicionais da AIEA” (CAPES, 2019), ainda em andamento, com o propósito de estudar alternativas de posicionamento e contribuir para as negociações com a agência internacional.

Quanto à confiança, Brasil e Argentina passaram mais de uma década reaproximando-se para construí-la, tanto mutuamente quanto junto à comunidade internacional, até chegar, em 1991, à ABACC (Plum; Resende, 2017). Esta foi reconhecida, pela resolução 76/52-2021 da AGNU, como “um mecanismo bilateral inovador e efetivo de construção da confiança, com efeitos positivos para a paz e a segurança nos níveis sub-regional e regional, e como uma referência da melhor prática em salvaguardas nucleares e verificação de não proliferação.” (United Nations, 2021).

Além disso, cabe lembrar que os Estados aderem ao PA porque “querem segurança de que os programas nucleares de seus vizinhos sejam transparentes e não organizados clandestinamente para desenvolver armas nucleares” (Carlson apud Hibbs, 2012). Destarte, o Acordo Quadripartite já proporciona mais confiança que os demais acordos de salvaguardas abrangentes, porque, além de as salvaguardas da ABACC suplementarem as da AIEA, seu sistema de inspeções, com o modelo “vizinho vigiando vizinho”, assegura que as atividades nucleares dos dois países sejam conduzidas apenas para fins pacíficos, como se comprometeram desde o acordo bilateral de 1991 (Plum; Resende, 2017; IAEA, 1991).

Note-se que, em virtude da confiança proporcionada pela ABACC, o Grupo de Fornecedores Nucleares (“Nuclear Suppliers Group” – NSG), manteve o Brasil e a Argentina como membros, apesar de ambos se recusarem a firmar o PA (Plum, Resende, 2017; Hibbs, 2012).

A propósito, a Argentina já presidiu o grupo duas vezes (2014-2015

e 2015-2016), e o Brasil, que o presidira em 2006-2007, foi novamente eleito para o biênio 2023-2024, o que, segundo sua titular, é uma honra para o país comandar pela segunda vez o crucial regime de controle de exportações, que desempenha um papel vital no regime de não proliferação.

O NSG, ao qual o país pertence desde 1996, é um regime informal de controle de exportações, que promove a coordenação de políticas nacionais entre 48 governos participantes, na transferência de bens e tecnologias nucleares, a fim de assegurar seu uso para fins exclusivamente pacíficos (NSG, 2024).

Apesar de a Estratégia Nacional de Defesa (END) de 2020 não explicitar a recusa ao PA como as de 2008 e 2012 (Souza Guimarães, 2021, p.141), isso é feito nos foros internacionais, em que o Brasil sustenta que ele aumenta a já grande assimetria de obrigações entre o desarmamento e a não proliferação, enfraquecendo o TNP e afetando os NNWS, que já carregam o maior fardo do RNPAN (Brasil, 2023).

A posição do Estado brasileiro é, entretanto, minoritária; dos 190 Estados partes do TNP⁸, o PA está em vigor em 141 e aguardando ratificação em mais 13, cabendo descontar os 5 NWS e a Índia, que não é Estado parte mas consta da tabela, o que reduz o número para 135 NNWS. Deve-se considerar também que aí se incluem 65 signatários do “*Small Quantities Protocol*”, que reduz ou suspende a aplicação de salvaguardas e é destinado a Estados com mínima ou nenhuma atividade nuclear, normalmente países em desenvolvimento (IAEA, 2024). Dos demais, porém, 49 realizam atividades nucleares, possuindo reatores de potência ou de pesquisa, operacionais ou em construção, como Brasil, Argentina, Egito, Arábia Saudita e Síria, que não aderiram ao PA⁹ (IAEA, 2023: IAEA, 2024a; Hibbs, 2012).

Quanto à ideia de adotar o PA como “padrão chave” dos Estados-partes, na conferência preparatória para a próxima conferência de revisão do TNP, realizada em julho-agosto de 2023, o representante brasileiro declarou a posição do país nos seguintes termos:

...é desconcertante ouvir a iteração de apelos para que o Protocolo Adicional seja considerado

8 O TNP possui 190 Estados parte, não contando a Coreia do Norte, que se retirou do TNP, mas ainda aparece na relação da ONU, nem o Sudão do Sul, recentemente independente, que, até o momento não aderiu ao tratado.

9 A Venezuela, que também não aderiu ao PA, não possui reatores nucleares

Vágner Camilo Alves

o “o novo padrão de verificação” para as obrigações estabelecidas pelo artigo III do Tratado. Conferências anteriores de revisão do TNP, assim como resoluções em conferências gerais anuais da AIEA têm consistentemente reconhecido o PA como uma medida voluntária, e que sua adoção é uma decisão soberana de qualquer Estado.

Tais propostas implicam a reinterpretação da letra do artigo III do Tratado, quase uma emenda. Isto não é apenas injustificado em termos legais e políticos, mas também abriria uma avenida para interpretações similares em outras disposições do TNP, como as do artigo VI, à luz de outros instrumentos internacionais. (Brasil, 2023)

A posição do Brasil é ancorada na visão de equidade entre os pilares do TNP, enquanto as pressões para a adesão ao PA, atendendo aos interesses dos NWS, refletem a prioridade à não proliferação. Suas medidas, de implementação complexa, invertem a filosofia original das salvaguardas, com o propósito de construir a confiança no Estado como não proliferador, o que o Brasil vem fazendo de outras formas, com êxito.

Assim, em vez de ceder *a priori*, procurando evitar problemas ou obter vantagens, o país manteve sua posição histórica até as negociações ora em curso, quando ela poderá ser questionada, colocando à prova todo o estoque de confiança construído.

AS NEGOCIAÇÕES COM A AIEA

Atualmente, apenas os membros do CSNU e a Índia têm construído e operado submarinos de propulsão nuclear. Por serem NWS (“*de jure*” e “*de facto*”), eles não têm que cumprir salvaguardas abrangentes que incluiriam essas unidades, mas um NNWS como o Brasil, sim.

No modelo de Salvaguardas Abrangentes (CSA) a ser seguido pelos NNWS que não Brasil e Argentina, (INFCIRC/153 (corrigida)), o combustível nuclear é isentado de salvaguardas quando empregado nesses meios, devendo o Estado estabelecer, em arranjo com a AIEA, seu período e circunstâncias (IAEA, 1972, parágrafo 14).

Já no CSA daqueles dois Estados (INFCIRC/435)¹⁰, o material não é isentado de salvaguardas, mas objeto de “procedimentos especiais” a serem acertados num arranjo entre o país e a AIEA (IAEA, 1994, art.13), o que é uma norma “algo mais prescritiva em termos do que pode ser coberto no arranjo” (Rockwood, 2017, p.7), ou que torna o problema menos severo que se cumprisse a INFCIRC/153 (Corrigida) e pode originar um modelo aplicável a outros Estados, inclusive NWS (Philippe, 2014, p.43).

De qualquer forma, analistas associam submarinos de propulsão nuclear a riscos de proliferação, considerando que as disposições acima constituem uma “brecha” (“loophole”) do TNP (Costa, 2017; Carlson, 2021), que poderia propiciar desvios de material físsil; e até a parceria AUKUS foi criticada por esse motivo (Acton, 2021).

Acrescente-se que a prática a ser instituída pelo Brasil abriria precedente para outros NNWS, pois vários já manifestaram interesse em tais plataformas: Canadá, Irã, Venezuela, Argentina, Coreia do Sul, Japão, Paquistão e Austrália (Souza Guimarães, 2021, p.149). Nesse quadro, autoridades brasileiras consideravam oportuno lançar sua proposta “antes que outro o faça e tenhamos que trabalhar em cima de um modelo proposto” (Olsen, 2021), mas a criação da AUKUS antecipou a questão, e ambos os programas iniciaram seus pleitos em 2021 (IAEA, 2023; IAEA, 2023a).

O Brasil

Em 10/12/2021, o Brasil comunicou oficialmente à Agência que iria iniciar as negociações para o estabelecimento de “Procedimentos Especiais para o uso de material nuclear sob salvaguardas em propulsão nuclear e na operação de submarinos e protótipos”, acrescentando os seguintes pontos fundamentais (IAEA, 2023, itens 2, 3, 4, 5): a) o uso do material nuclear para propulsão de submarinos e protótipos não estará em conflito com qualquer compromisso anterior com a AIEA referente a salvaguardas; b) durante o período de aplicação dos procedimentos especiais, o material nuclear não será usado para a produção de armas nucleares ou outros

10 A INFCIRC/435 é, efetivamente, o CSA firmado pelo Brasil e a Argentina com a AIEA, já a INFCIRC/153 é um modelo de estrutura e conteúdo a ser seguido na elaboração dos CSA dos outros NNWS, que recebem outra denominação. O CSA do Japão, por exemplo, é a INFCIRC/255 (IAEA, 2023).

dispositivos nucleares explosivos; c) a Marinha do Brasil desenvolvera tecnologias autóctones para o ciclo do combustível nuclear; d) a Marinha estava projetando um submarino de propulsão nuclear convencionalmente armado; e) a planta nuclear da unidade estava sendo desenvolvida domesticamente; f) o combustível nuclear para seu reator será produzido em instalações brasileiras; g) todas essas etapas estão sendo realizadas sob salvaguardas da AIEA e da ABACC; e h) de acordo com o programa, uma licença parcial para a construção da unidade havia sido concedida pelo órgão competente, a Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade¹¹.

Em 25/5/2022, o país entregou sua proposta de procedimentos especiais, iniciando as discussões preliminares no dia seguinte, quando deu a conhecer aspectos gerais da operação do submarino; as instalações a serem envolvidas no programa; e o que considera “informação e tecnologia classificada e sensível”, indicando as instalações envolvidas no desenvolvimento da propulsão, incluindo os reatores do protótipo e do submarino, bem como seu entendimento de como as salvaguardas poderão ser aplicadas em termos de procedimentos especiais. (IAEA, 2023, itens 5, 6, 8)

Em outubro de 2022, técnicos da AIEA visitaram as instalações, ocasião em que foram prestadas informações sobre elas e outras, adicionais, sobre a proposta. Numa terceira reunião, em novembro de 2022, a Agência apresentou sua proposta conceitual de salvaguardas, customizada (IAEA, 2023, itens 9, 10).

Em maio de 2023, a AIEA cobrou do Brasil, via ABACC, as informações preliminares dos projetos e suas atualizações referentes às instalações planejadas, como previsto no acordo de Salvaguardas Abrangentes, tendo sido atendida em duas semanas.

Após isso, as consultas prosseguem, mas é provável que o processo dure cerca de 5 anos, segundo a AIEA (Folha [...], 2024).

A AUKUS

11 A Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade foi criada em 5/2/2018, subordinada à Diretoria Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha para ser o órgão regulador e fiscalizador das atividades da MB ligadas à segurança e ao licenciamento nucleares de meios navais e instalações terrestres, também supervisionando atividades na área de qualidade. Em 26/12/2022, passou à subordinação direta do Comandante da Marinha, com a designação alterada para Secretaria de Segurança Nuclear e Qualidade (Marinha, 2018; Brasil, 2022).

A AIEA foi informada oficialmente da AUKUS quando de sua criação, em 15/9/2021 e, em novembro, lembrou aos componentes suas obrigações: para os EUA e Reino Unido, as decorrentes de seus Acordos de Oferta Voluntária (VOA) e PA, relevantes para a implementação de salvaguardas no Programa. Para a Austrália, quanto ao CSA, consistia em fornecer informações antecipadas do projeto de novas instalações e, quanto ao PA, fornecer os planos, para os próximos dez anos, relativos ao desenvolvimento do ciclo do combustível.

Em maio de 2022, a Austrália, longe de ser um país em latência nuclear como o Brasil, informou “que não pretendia empreender enriquecimento de material nuclear ou reprocessamento de combustível nuclear em apoio a seu programa de propulsão nuclear naval.” (IAEA, 2023a), item 7).

Em março de 2023, quando terminaram os 18 meses de estudos, os três Estados anunciaram que pretendiam implementar o programa por fases, prevendo apoio à Austrália para desenvolver a infraestrutura; capacidades técnicas e industriais; e capital humano necessários para produzir, manter, operar e administrar uma força de submarinos convencionais de propulsão nuclear (IAEA, 2023a), item 10).

A classe a ser desenvolvida – SSN AUKUS – será baseada num projeto britânico, com tecnologia de ponta norte-americana. Terá sua construção iniciada na presente década, no Reino Unido e na Austrália, e será operado pelas marinhas desses dois Estados (U.S. [...], 2023).

A primeira fase, começando em 2023, constará da inserção de militares e civis australianos nas bases industriais dos EUA e do Reino Unido e da visita de submarinos norte-americanos e britânicos à Austrália, para treinamento de seus submarinistas. A partir do início de 2027, submarinos das duas potências manterão uma maior presença no país, proporcionando oportunidades para treinamento adicional.

A segunda fase, começando no início dos anos 2030, constará da venda à Austrália, dependendo de aprovação do Congresso, de três a cinco submarinos norte-americanos classe Virginia, que substituirão as unidades diesel-elétricas australianas em fim de vida útil, sendo fornecidas abastecidas de combustível nuclear. Esta fase poderá tirar o pioneirismo do Brasil, como NNWS, na operação de um SCPN, pois a entrega do submarino brasileiro está prevista para 2033 (Folha, 2024).

Cabe esclarecer que o abastecimento de um submarino classe Virginia só ocorre ao fim da construção, durando toda a vida útil de 30

anos da unidade, eximindo, assim, a Austrália de manusear combustível nuclear que, para meios navais dos EUA e do Reino Unido, é fabricado com HEU no “weapons grade” (93%) (Carlson, 2021, p.1).

A terceira fase consistirá na entrega dos SSN AUKUS, o primeiro, do Reino Unido, em fins dos anos 2030 e o seguinte da Austrália, no início dos anos 2040 (U.S. [...], 2023). Nestes, o combustível será fornecido como unidade de potência completa e soldada a ser instalada na unidade, sendo provida pelos britânicos ou, mais provavelmente, pelos EUA (Mayhew, 2023).

Em 10/3/2023, como disposto no CSA, a Austrália informou oficialmente à AIEA que iria iniciar as negociações para o desenvolvimento do arranjo previsto; submeteu as informações preliminares do projeto das novas instalações do programa; comunicou estar pronta para as verificações; e convidou a Agência para uma visita à base naval, onde será feita a manutenção dos SCPN no país (IAEA, 2023a, ítem 11, 14).

Como resposta, em 14/3/2023, a AIEA emitiu uma declaração informando, entre outros pontos que, de acordo com seus VOA, o Reino Unido e os EUA precisariam reportar as transferências de material nuclear para NNWSs e, de acordo com seus PA, precisariam reportar a exportação dos equipamentos pertinentes, acrescentando que “assegurará um processo transparente que será guiado unicamente por seus estatutos, e mais o CSA e o PA entre a Austrália e a Agência” (IAEA, 2023a, itens 12, 13).

Em maio de 2023, a AIEA realizou, na Austrália, a verificação do projeto na base onde os SCPN serão construídos. Manteve discussões técnicas sobre o arranjo previsto, e a Austrália forneceu pormenores dos planos para os próximos dez anos (IAEA, 2023a, itens 12, 13).

A interação continua. Como previsto nos CSA e PA da Austrália, a AIEA irá desenvolver salvaguardas que levarão em conta o material nuclear e as atividades do programa de propulsão nuclear, protegendo informações classificadas, como exigido por aqueles documentos, mas capacitando a Agência a alcançar os objetivos de salvaguardas fixados para o país (IAEA, 2023a, ítem 16).

DESDOBRAMENTOS E CONSIDERAÇÕES

O pleito da AUKUS teve grande repercussão, centrado na proliferação nuclear e tendo como principal ator o alvo inescapável da

dissuasão pretendida pela parceria trilateral, a China e, como arena, os foros da AIEA. Nesse sentido, esse país fez grande campanha de oposição, colocando o assunto em numerosas agendas e pautas de conferências, empregando principalmente os dois argumentos a seguir expostos, que beneficiam o Brasil pelo contraste, como especificamente mencionado – “A transferência de material nuclear e os aspectos relacionados com o TNP desta cooperação constituem as diferenças fundamentais entre a cooperação AUKUS e o programa do submarino nuclear do outro país.” (Song, 2023):

a) A AUKUS implica a primeira transferência de reatores de propulsão e de HEU no *weapons grade* de um NWS para um NNWS, no contexto de uma aliança militar, ultrapassando o limiar da proliferação nuclear, e estabelecendo um precedente com desafios significativos para o sistema de salvaguardas e o RNPAN.

b) Os países componentes do acordo não têm direito nem autoridade para tomar decisões em nome dos outros sobre salvaguardas na cooperação para submarinos nucleares, uma matéria que envolve a autoridade, a integridade e a efetividade do TNP e deve ser decidida por todos os Estados membros interessados.

Além da menção comparativa feita pela China, o pleito brasileiro teve pequena repercussão, destacando-se a declaração do embaixador da Austrália elogiando o engajamento do Brasil, da ABACC e da AIEA para o desenvolvimento dos procedimentos especiais (Biggs, 2023).

Sobressaem, nos aspectos acima, a motivação geopolítica da China, cujo protesto dificilmente prosperará por colidir com os interesses dos EUA. Serve, entretanto, para destacar os méritos relativos do empreendimento brasileiro, que parece irrepreensível à luz do TNP.

Apesar de incluir duas experientes potências nucleares, o pleito da AUKUS é bem mais complexo que o brasileiro para a AIEA, pois envolve comunicações entre estruturas de três Estados, procurando compatibilizar normas dos dois níveis, NWS e NNWS: os EUA e o RU, cumprindo seus VOA e PA, enquanto a Austrália cumpre seus CSA e PA, envolvendo as áreas governamental, militar e civil.

CONCLUSÃO

Ao fim de mais de 40 anos de esforço, a trajetória do Brasil no setor nuclear o leva à fase crucial de seu programa de construção de um

SCPN – a compatibilização com o Regime de não Proliferação de Armas Nucleares, envolvendo duas condições importantes: sua latência nuclear e a não adesão ao PA, as quais, pelo que se estimava, poderiam causar dificuldades.

A primeira é condição necessária para a atual situação, pois a conquista do ciclo do combustível nuclear, origem da algo estigmatizada classificação de *Nuclear Threshold State* (NTS), foi o que possibilitou o desenvolvimento autóctone do programa do submarino convencionalmente armado de propulsão nuclear, exigindo do país esforços junto à comunidade internacional para desvincular essa condição da percepção de busca por armas nucleares, o “*hedging*”.

Na análise dessa condição, verificou-se que dois Estados, Brasil e Japão, encontram-se em situações díspares, tanto no espectro da latência nuclear quanto na atuação nos foros do TNP. Tais disparidades mostram como a ideia do “*hedging*” é inválida para o caso brasileiro. É importante salientar a incapacidade do Brasil no que concerne à posse e desenvolvimento de vetores de armas nucleares. A indisponibilidade de mísseis balísticos e de cruzeiro de longo alcance espelha o atraso do programa espacial brasileiro e a deficiente capacidade dissuasória nacional, situação bem distante da vivida pelo Japão. Assim, espera-se que esta condição, vista de forma objetiva, não obste as negociações com a AIEA.

Por outro lado, a construção autóctone de um SCPN pelo Brasil demonstra que a latência nuclear se presta a obter um ativo militar importante que não é proscrito e quebra outra manifestação da hierarquia realista do TNP, a posse exclusiva de meios de propulsão nuclear pelos NWS, com implicações estratégicas a serem ainda estudadas.

Quanto à segunda condição, as pressões internacionais para adesão ao PA aumentaram com a proximidade da construção do SCPN devido ao possível risco de proliferação que tais plataformas podem causar. Uma possível adesão exigiria providências complexas, mas dado que o problema é construir confiança como não proliferador, deve-se considerar que o histórico do Brasil nesse tema não é pequeno e tem sido eficaz.

Nesse compasso, as negociações com a AIEA, iniciadas em dezembro de 2021, estão se desenvolvendo até o momento (maio de 2024) em estrito cumprimento ao Acordo de Salvaguardas Abrangentes, sem qualquer problema devido ao fato de o Brasil ser um *Nuclear Threshold State*

(NTS) ou não ter aderido ao PA. Quanto a este último aspecto, porém, como o processo de compatibilização do Programa com o Regime de Não Proliferação deve durar cerca de 5 anos, é possível que, em algum momento, as condições específicas do País entrem na pauta, em face da gravidade da questão e das pressões dos NWS e da AIEA.

As negociações da parceria AUKUS, também iniciadas em 2021, estão em andamento, e são mais complexas por envolverem três Estados nos dois níveis do TNP. Ambos os processos são divulgados nos foros da AIEA, onde a China faz forte oposição à parceria, destacando os pontos negativos do programa – cooperação militar com transferência de HEU no “*weapons grade*” – em contraste com o brasileiro, mas sua fase intermediária poderá tirar o pioneirismo do Brasil, como NNWS, na operação de SCPN.

É importante, a despeito de todas as tecnicidades envolvidas nessa complexa questão de desenvolvimento autóctone de um bem de alto valor tecnológico como um SCPN, não se esquecer a hierarquia de poder existente no sistema internacional. O caráter oligárquico da ordem internacional encara com natural suspeita e surpresa o desenvolvimento e posse de um bem dessa natureza por um país como o Brasil, visto como pacífico e, no máximo, potência regional em uma das mais desarmadas regiões do planeta. Nenhum ator poderoso subscreve o projeto brasileiro. A Austrália, sócia júnior das potências anglo-saxônicas que encabeçam o sistema internacional, tem nelas seu principal apoio e, na potência desafiante, a China, sua adversária. Está satisfeita com sua condição subalterna na questão, como indicado pelo fato de já ter informado que a posse e operação de seus SCPNs ocorrerá sem a produção de combustível nuclear no país.

A diplomacia brasileira, em sua negociação com a AIEA acerca do uso de combustível nuclear em seu SCPN, não deve perder de vista o quadro geral em que se insere a questão do regime de não-proliferação nuclear na ordem internacional vigente.

NUCLEAR LATENCY, THE ADDITIONAL PROTOCOL AND THE CONVENTIONALLY ARMED BRAZILIAN NUCLEAR POWERED SUBMARINE

ABSTRACT:

Brazil is the only Non-Nuclear Weapons State developing a conventionally armed nuclear-propelled submarine and it's negotiating with the International Atomic Energy Agency to make the activities of this program compatibles with the Nuclear Weapons Nonproliferating Regime; while the AUKUS partnership (Australia, United Kingdom and United States of America) also negotiates the provision of similar platforms to Australia. Unlike Australia, Brazil has two important conditions – its nuclear latency and the non-adhesion to that Agency's Additional Protocol – and analyze them, focusing the negotiations, is this article's objective. The first condition is analyzed by comparison with Japan and the second, based in the confidence built by Brazil, mainly due to the performance of the Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials. It is concluded that, although such conditions did not influence the negotiations, as these should last for five years, they must come up at some point as an argument for adhesion to the Additional Protocol by pressure of the Nuclear Weapons States and the International Agency; while Australia is satisfied as AUKUS junior partner.

Keywords: Brazil; Submarine, Nuclear-Propelled,

Nuclear Latency, Additional Protocol.

REFERENCES

ACTON, James M. Why the AUKUS Submarine deal is bad for non proliferation – and what to do about it. Carnegie endowment for international peace, 21 set. 2021. Disponível em: <https://carnegieendowment.org/2021/9/21/why-aukus-submarine-deal-is-bad-for-nonproliferation-and-what-to-do-about-it-pub-85399>. Acesso em: 11 fev. 2024.

ADDITIONAL Protocol. Inventory of international nonproliferation organizations and regimes. James Martin Center for nonproliferation studies, 23 set. 2015. Disponível em: https://www.nti.org/wp-content/uploads/2021/9/iaea_Additional_protocol_16.pdf. Acesso em 11 fev. 2024.

ALVIM, Carlos F. O Brasil e o protocolo adicional ao acordo de salvaguardas. *Economia & Energia*, [s. l.], ano 8, n. 43, mar./abr. 2004. Disponível em: http://ecen.com/eee43/eee43p/protocolo_adc.htm. Acesso em: 10 fev. 2024.

ASAHINA, Hiroshi. Japan Greenslight \$8.6 bn to Host U.S. troops. *Nikkei Asia*, 26 mar. 2022. Disponível em: <https://asia.nikkei.com/Politics/International-relations/Japan-greenlights-8.6bn-to-host-U.S.-troops>, Acesso em 18 dez. 2023.

BIGGS, Ian. Statemente by Ambassador Ian Biggs, Governor and Resident Rerrepresentative of Australia to the IAEA. IAEA Board of Governors. Agenda 6(f) Nuclear Propulsion: Brasil. 07 jun. 2023. Disponível em: https://austria.embassy.gov.au/vien/IAEAJuneBoard_6f.html. Acesso em: 28 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Portaria Nº 330/MB/MD, de 26 dez. 2022. Altera a denominação e a subordinação da Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Brazil's Election to the Presidency of the Nuclear Suppliers Group. 18 jul. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/mre/en/contact-us/press-area/press-releases/brazils-election-to-the-presidency-of-the-nuclear-suppliers-group>. Acesso em 29 jan. 2024.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Intervenção do Brasil (em Inglês) no debate sobre o Pilar II – Não Proliferação – na I Sessão do Comitê Preparatório da XI Conferência de Exame do TNP, Viena 31 jul. a 12 ago. Missão Permanente do Brasil junto à AIEA e à PrepCom-CTBTO. 7 ago. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/delbrasaiea/noticias/intervencao-do-brasil-em-ingles-no-debate-sob-o-pilar-ii-nao-proliferao-na-i-sessao-do-comite-preparatorio-da-xi-conferencia-de-exame-do-tnp-viena-31-7-a-12-8>. Acesso em: 27 jan. 2024.

CAPES. Projeto PROCAD-DEF20191325566P. O Programa do submarino convencionalmente armado de propulsão nuclear (SCPN) ante as Salvaguardas adicionais da AIEA. 30 ago. 2019.

CARLSON, John. “Peaceful’ Nuclear Programs and the Problem of Nuclear Latency. NTI, 19 nov. 2015. Disponível em: <https://www.nti.org/analysis/articles/peaceful-nuclear-programs-and-problem-nuclear-latency/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

CARLSON, John. IAEA Safeguards, the Naval “Loophole” and the AUKUS Proposal. Vienna Center for Disarmament and Non-Proliferation (VCDNP). 8 out. 2021. Disponível em: <https://vcdnp.org/wp-content/uploads/2021/10/Safeguards-and-naval-fuel-JC-211008.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.

CARLSON, John. Is the NPT Still Relevant? – How to Progress the NPT’s Disarmament Provisions?. *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*. Londres, v. 2, n, 1, maio 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25751654.2019.1611187#:~:text=have%20been%20established.-,Conclusions,for%20nuclear%20disarmament%20to%20proceed.>> Acesso em: 28 out. 2022.

COSTA, Eugenio Pacelli Lazzarotti Diniz. Brazil’s Nuclear Submarine: a broader approach to the safeguards issue. *Revista Brasileira de Política Internacional*, São Paulo, v. 60, p. 1-20, 2017. Disponível em: <https://www>.

scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-73292017000200202 >
Acesso em: 05 dez. 2023.

ELETRONUCLEAR. Gerenciamento de resíduos. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Paginas/Gerenciamento-de-residuos.aspx>. Acesso em: 23 fev. 2024.

FILHO, João R. M. O Projeto do Submarino Nuclear Brasileiro. Contexto Internacional, Rio de Janeiro.v. 33, n. 2. jul./dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cint/a/DnWMLkPj5h9nC7QphZ8PzZH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 dez. 2023.

2000 REVIEW Conference of the Parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons: final document. v. 1, New York, 2000. Disponível em: <https://www.reachingcriticalwill.org/images/documents/Disarmament-fora/npt/GENERAL-DOCS/2000FD.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

FOLHA: ONU condiciona submarino nuclear do Brasil a inspeções. Poder Naval, 17 jan. 2024. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2024/01/17/folha-onu-condiciona-aval-a-submarino-nuclear-do-brasil-a-inspecoes-rigidas/>. Acesso em: 11 fev. 2024.

GLOBAL Fissile Material Report 2022. International Panel on Fissile Material. Disponível em: <https://fissilematerials.org/library/gfmr22.pdf> . Acesso em: 30 nov. 2023.

GUIMARÃES, Gustavo A. P. 30 Anos da ABACC e do Acordo Quadripartite: considerações sobre o Protocolo Adicional ao TNP. In: ENABED, 11., Anais Eletrônicos 2021. ISBN 978-65-996727-0-0. Disponível em: <https://www.enabed2021.abedef.org/site/anais?impressao&printOnLoad#G>. Acesso em: 21 nov. 2023.

INTERNATIONAL AGENCY OF ATOMIC ENERGY (IAEA). Board of Governors.GOV/INF2023/10. Naval Nuclear Propulsion: Australia. Report by the Director General. 31 maio 2023. (2023a).

INTERNATIONAL AGENCY OF ATOMIC ENERGY (IAEA) Board of

Governors.GOV/INF2023/11. Naval Nuclear Propulsion: Brazil. Report by the Director General. 31 maio 2023.

INTERNATIONAL AGENCY OF ATOMIC ENERGY (IAEA). Safeguards Agreements. Disponível em: <https://www.iaea.org/topics/safeguards-agreements>. Acesso em: 23 jan. 2024.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. ENRIQUECIMENTO. Disponível em: <https://www.inb.gov.br/pt-br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear/Enriquecimento>. Acesso em 28 fev. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). INFCIRC/153 (Corrected). The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons - . June/1972. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1972/infcirc153.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). INFCIRC/395. 26 november 1991. Agreement between the Republic of Argentina and the Federative Republic of Brazil for the exclusively peaceful use of nuclear energy. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc395.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. INFCIRC/435. March 1994. Agreement of 13 december 1991 between the Republic of Argentina, the Federative Republic of Brazil, the Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials and the International Atomic Energy Agency for the Application of Saveguards. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc435.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2023.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. INFCIRC/540 (Corrected) Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards. December 1998. Disponível em: <https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc540c.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

JOINT Leaders Statement on AUKUS. The White House. 15/09/2021.

Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/15/joint-leaders-statement-on-aukus/>. Acesso em 22 fev. 2024.

JUNIOR, Bento C. L. L. A. Programa Nuclear da Marinha & Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). In: Congresso Acadêmico sobre Defesa Nacional, 15., 2018. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/palestra_cadn_xi/xv_cadn/oa_programaa_nucleara_daa_marinhaa_ea_oa_prosub.pdf. Acesso em: 28 fev. 2024.

KASSENOVA, Togzhan. O Caleidoscópio Nuclear do Brasil: Uma identidade em evolução. Carnegie Endowment for International Peace. 2014. Disponível em: https://carnegieendowment.org/files/brazil_nuclear_kaleidoscope_portuguese.pdf. Acesso em: 22 dez. 2023.

MAITRE, Emmanuelle. The NPT Review Conference: Analyzing the Outcome. Foundation for Strategic Research (FRS). Note de la FRS 19/2015. 7 out. 2015. Disponível em: <https://www.frstrategie.org/sites/default/files/documents/publications/notes/2015/201519.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2024.

MARINHA cria Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade. Eletronuclear. 9 fev. 2018. Disponível: <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Paginas/Marinha-cria-Agencia-Naval-de-Seguranca-Nuclear-e-Qualidade.aspx>. Acesso em: 18 jan. 2024.

BRASIL. Marinha. Diretor Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha visita a Agência Internacional de Energia Atômica. Brasília, DF: Marinha do Brasil, 26 maio 2022. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/noticias/diretor-geral-de-desenvolvimento-nuclear-e-tecnologico-da-marinha-visita-agencia>. Acesso em: 02 jan. 2024.

MARZO, Marcos. Protocolo Adicional: Lógica e impacto. Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), 2016. Disponível em: https://www.abacc.org.br/wp-content/uploads/2016/10/Protocolo-Adicional_Marzo_PT.pdf. Acesso em: 28 fev. 2024.

MAYHEW, Noah C. What's next for the AUKUS submarine deal? Bulletin for the Atomic Scientists. 25 abr. 2023. Disponível em: <https://thebulletin.org/2023/04/whats-next-for-the-aukus-submarine-deal/>. Acesso em: 25 maio 2024.

MEHDI, Syed Z. Tension between Iran, UN atomic agency puts spotlight on nuclear treaty. Anadolu Agency. 30 jun. 2022. Disponível em: <https://www.aa.com.tr/en/middle-east/tension-between-iran-un-atomic-agency-puts-spotlight-on-nuclear-treaty/2626669>. Acesso em: 28 fev. 2024.

JAPAN. Ministry of Defense. Defense of Japan 2023. Disponível em: https://www.mod.go.jp/en/publ/w_paper/wp2023/DOJ2023_Digest_EN.pdf. Acesso em: 15 dez. 2023.

URANIUM Enrichment: module 2. 2023. Disponível em: <https://tutorials.nti.org/nuclear-101/uranium-enrichment/>. Acesso em: 07 dez. 2023.

MORRISON, Daphne. Brazil's Nuclear Ambitions, Past and Present. NTI. set. 2006. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:U7sIhQerZ9MJ:https://www.nti.org/analysis/articles/brazils-nuclear-ambitions/&hl=pt-BR&gl=br&strip=1&vwsr=0>. Acesso em: 02 fev. 2024.

MOURA, José Augusto de A.; CAMILO, Vágner. Desarmamento Nuclear e o Processo P5: história e análise crítica. Revista Brasileira de Estudos Estratégicos, Niterói, v. 15, n. 29, 2023. Disponível em: <http://www.rest.uff.br/index.php/rest/article/view/290>. Acesso em: 22 fev. 2024.

NOGUEIRA, Salvador. 20 anos após a tragédia de Alcântara, Brasil segue longe de ter lançador próprio. Folha de São Paulo, 11 nov. 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2023/11/20-anos-apos-tragedia-de-alcantara-brasil-segue-longo-de-ter-lancador-proprio.shtml>. Acesso em: 04 fev. 2024.

NUCLEAR THREAT INITIATIVE. Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons. 11 out. 2022. Disponível em: <https://www.nti.org/education-center/treaties-and-regimes/treaty-on-the-prohibition-of-nuclear-weapons/>. Acesso em: 10 fev. 2024.

OLIVEIRA, Henrique A. Japan: A Nuclear State? *Revista Brasileira de Política Internacional*, Brasília, DF, v. 62, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpi/a/vpDRkfgM5bwwpSRMGkMp5zf/?lang=en>. Acesso em: 24 dez. 2023.

OLSEN, Marcos S. PROSUB – Diretor-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha. *Personalidade em Foco*. 21 maio 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=x8-uO-hbs8A>. Acesso em 28 fev. 2024.

PERSBO, Andreas. Latent Nuclear Power, Hedging and Irreversibility. In. PILAT, Joseph F. *Nuclear Latency and hedging: Concepts, History and Issues*. Wilson Center, set. 2019. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/#search/Dpektor/FMfcgzGwHftxNcVRPMzJgQDKVHjgvcxG>. Acesso em: 31 dez. 2023.

PHILIPPE, Sébastien. Safeguarding the Military Naval Nuclear Fuel Cycle. *Journal of Nuclear Materials Management*, Nova Jersey, v. 42, n. 3, p.40-52, 2014. Disponível em: https://static1.squarespace.com/static/57cefbfa725e2557fea48287/t/58279071e6f2e13993b21a13/1478987892811/SPhilippe_2014_JNMM.pdf. Acesso em: 05 dez. 2023.

PILAT, Joseph F. *Nuclear Latency and Hedging: Concepts, History and Issues*. Washington: Wilson Center, set. 2019. Disponível em: https://www.academia.edu/40860683/Without_Reversal_Brazil_as_a_Latent_Nuclear_State?auto=download&email_work_card=download-paper. Acesso em: 04 dez. 2023.

PLUM, Mariana O. N.; RESENDE, Carlos A. R. The ABACC experience: continuity and credibility in the nuclear programs of Brazil and Argentina, *The Nonproliferation Review*, Califórnia, v. 23 n. 5, p. 575-593, 9 ago. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10736700.2017.1339402>. Acesso em: 03 fev. 2024.

POPP, Roland. Introduction: Small and middle powers in the emergence of a discriminatory regime. In: POPP, Roland; HOROVITZ, Liviu; WENGER, Andreas. *Negotiating the Non-Proliferation Treaty: origins of the nuclear*

order. Londres: Routledge, 2017. p 1-6.

PREPARATORY Comitee for the 2020 Review Conference of the Parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. Recomendations to the 2020 Review Conference. 9 maio 2019. Disponível em: <https://reachingcriticalwill.org/images/documents/Disarmament-fora/npt/prepcom19/documents/CRP4Rev1.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

REACHING Critical Will. History of NPT 1975-1995. Women's International League for Peace and Freedom (WILPF). Disponível em: <https://www.reachingcriticalwill.org/disarmament-fora/npt/history-of-the-npt-1975-1995#:~:text=The%20Nuclear%20Non%2DProliferation%20Treaty,for%20more%20than%2030%20years>. Acesso em: 29 jan. 2024.

ROCKWOOD, Laura. Naval Nuclear Propulsion and IAEA Safeguards. Issue Brief. Federation of American Scientists (FAS), ago. 2017. Disponível em: <https://fas.org/wp-content/uploads/media/Naval-Nuclear-Propulsion-and-IAEA-Safeguards.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.

RUBLEE, Maria R. The Nuclear Threshold States: challenges and Opportunities posed by Brazil and Japan. The Nonproliferation Review, Califórnia, n. 17, v. 1, mar. 2010. Disponível em: https://www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/npr/npr_17-1_rost_rublee.pdf. Acesso em: 29 nov. 2023.

RUST, Dean. How We've Come to View the NPT: Three Pillars. in Nuclear Rules, Not Just Rights: The NPT Reexamined. Sokolski , Henry. NonProliferation Policy Education Center. fev. 2017. Disponível em: <https://npolicy.org/nuclear-rules-not-just-rights-the-npt-reexamined/>. Acesso em: 08 jan. 2024.

SOKOLSKI, Henry. Introduction. in Nuclear Rules, Not Just Rights: The NPT Reexamined. Sokolski , Henry. NonProliferation Policy Education Center. fev. 2017. Disponível em: <https://npolicy.org/nuclear-rules-not-just-rights-the-npt-reexamined/>. Acesso em: 08 jan. 2024.

SONG, Li. Statemente by H.E. Ambassador Li Song at the IAEA Board of Governors meeting under agenda item 6(e): Naval Nuclear Propulsion:

Austrália, 6 jun. 2023. Disponível em: http://vienna.china-mission.gov.cn/eng/hyyfy/202306/t20230610_11094607.htm. Acesso em: 31 jan. 2024.

GUIMARÃES, Victoria V. SOUZA. O Programa do Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro e o Regime Internacional de Não Proliferação de Armas Nucleares: em busca de Compatibilização de dois projetos divergentes. Niterói: UFF, 2021. 233p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Estudos Estratégicos da Defesa e da Segurança, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2021.

SUZUKI, Tatsujiro. Rokkasho redux: Japan's never-ending reprocessing saga. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 26 dez. 2023. Disponível em: <https://thebulletin.org/2023/12/rokkasho-redux-japans-never-ending-reprocessing-saga/>. Acesso em: 02 fev. 2024.

THAKUR, Ramesh. Japan and the Nuclear Weapons Prohibition Treaty: The Wrong Side of History, Geography, Legality, Morality, and Humanity. *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, Londres, v. 1, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25751654.2018.1407579>. Acesso em: 02 jan. 2024.

U.S. FORCES Japan. Guidance from the Commander, U.S. Forces Japan. Disponível em: <https://www.usfj.mil/About-USFJ/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

UNITED STATES. Joint Leaders Statement on AUKUS. The White House. Joint Leaders Statement on AUKUS. Washington, DC, 13 mar. 2023. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/03/13/joint-leaders-statement-on-aucus-2/>. Acesso em: 30 jan. 2024.

UNITED NATIONS. GA12392. Seventy-Sixth Session. 44th & 45th meetings. 06 dez. 2021. Disponível em: <https://press.un.org/en/2021/ga12392.doc.htm>. Acesso em: 28 jan. 2024.

UNITED NATIONS. Office for Disarmament Affairs. Treaty on the Nonproliferation of Nuclear Weapons. Disponível em: <https://treaties.unoda.org/t/npt>. Acesso em: 27 fev. 2024.

VIJAYAKUMAR, Anupama. To Infinity and Beyond: Japan's Rise as a Space Power. *The Diplomat*. 25 jan. 2020. Disponível em: <https://thediplomat.com/2020/01/to-infinity-and-beyond-japans-rise-as-a-space-power/> > Acesso em: 24 dez. 2023.

WORLD Nuclear Association. Japan's Nuclear Fuel Cycle. jan. 2021. Disponível em: <https://world-nuclear.org/focus/fukushima-daiichi-accident/japan-nuclear-fuel-cycle.aspx>. Acesso em 15/12/2023.

WORLD Nuclear Association. Mixed Oxide (MOX) Fuel. October 2017. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/mixed-oxide-fuel-mox.aspx>. Acesso em: 03 dez. 2023.

WORLD Nuclear Association. Uranium Enrichment. out. 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx>. Acesso em: 30 nov. 2023.

YOSHIDA, Kisho. Acquiring counterstrike capabilities is no simple matter for Japan. *THE Japan Times*. 14 dez. 2023. Disponível em: <https://www.japantimes.co.jp/commentary/2023/12/14/japan/japan-counterstrike-capabili>. Acesso em: 15 dez. 2023.

YOSHIHARA, Toshi; HOLMES, James. Thinking about the Unthinkable. *Naval War College Review*. Newport, v. 62, n. 3, 2009. Disponível em: <https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1690&context=nwc-review>. Acesso em: 2 fev. 2024.

COMUNICAÇÃO

A CONTRIBUIÇÃO DA NUCLEP PARA O PROSUB E DESENVOLVIMENTO BRASILEIRO

ENTREVISTA COM O PRESIDENTE DA NUCLEP –
Carlos Henrique Silva Seixas¹

Entrevistador: Marcos Valle Machado da Silva²

A Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (NUCLEP), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, é um dos pilares do setor nuclear do Brasil, desde 1975. Essa entrevista, com o Diretor da NUCLEP, tem como foco os fatores que tornam a NUCLEP uma referência em tecnologia e inovação na indústria nacional. Além disso, coloca em evidência sua importância para o Programa Nuclear Brasileiro e para o principal projeto estratégico de Defesa do Estado brasileiro: o Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCPN).

Revista da EGN: Almirante, é uma satisfação contar com a sua participação nessa Edição Especial da Revista da Escola de Guerra Naval. As suas respostas às questões formuladas, certamente, vão contribuir para divulgar a importância da NUCLEP como infraestrutura crítica³ do Estado brasileiro, bem como a sua contribuição para o desenvolvimento do país,

1 Contra-Almirante (RM1). Diretor da NUCLEP desde 2017.
email: presidencia@nuclep.gov.br.

2 Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos (PPGEM) da Escola de Guerra Naval (EGN), Rio de Janeiro - RJ, Brasil. Email: valle@marinha.mil.br / mbvalle2002@yahoo.com.br
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0367-8899>.

3 Infraestruturas críticas são aquelas que desempenham papel essencial tanto para a segurança e soberania nacionais, como para a integração e o desenvolvimento econômico sustentável do País (ver BRASIL, 2020).

em especial nas atividades do setor nuclear brasileiro e no programa do SCPN.

Iniciando essa entrevista, o senhor poderia discorrer sobre o histórico, vocação e os objetivos estratégicos que a NUCLEP busca alcançar no curto e longo prazo?

C. Alt Seixas: A NUCLEP foi criada pelo Decreto 76.805, de 16 de dezembro de 1975, como uma empresa estratégica para atender ao Programa Nuclear Brasileiro (PNB). Inicialmente, o PNB tinha como meta a construção de oito 8 usinas Nucleares. Por uma série de fatores o programa foi reduzido e a NUCLEP acabou construindo parcela significativa de Angra 2, parte da reposição de equipamentos de Angra 1, e grande parte dos equipamentos da futura Angra 3.

Estrategicamente situada em Itaguaí, Rio de Janeiro, perto das Usinas Nucleares de Angra, sua localização favorece o acesso marítimo, fundamental para a movimentação de grandes componentes nucleares. Como detentora exclusiva da Certificação do Código ASME III (*American Society of Mechanical Engineers*) no Brasil, a NUCLEP assume um papel relevante na sustentação e crescimento do programa nuclear brasileiro, especializando-se na fabricação e desenvolvimento de peças de reposição, além de novos equipamentos para as Usinas de Angra. Esta certificação atesta a habilidade e a integridade da NUCLEP na produção de componentes de alta precisão e confiabilidade em todos os nossos setores de atuação.

Na década de 80, a NUCLEP iniciou uma parceria com a Marinha do Brasil (MB), para construção dos cascos resistentes dos Submarinos da nossa Esquadra. Nas instalações da NUCLEP foram construídos os cascos dos Submarinos classe *Tupi* e, agora, mais recentemente, os Submarinos Classe *Riachuelo*. Além disso, a NUCLEP está construindo, no Centro Experimental ARAMAR (CEA), o chamado Bloco 40, que é a parte do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (LABGENE). O Bloco 40 é a instalação física do LABGENE em que está sendo construído o protótipo da planta propulsora do SCPN. Esse histórico de sucesso reforça a parceria da NUCLEP com os projetos de Defesa brasileiros.

Eu gostaria de destacar que, nos últimos anos, a NUCLEP tem procurado diversificar seu campo de atuação, com o propósito de aumentar sua sustentabilidade financeira, ampliando a atuação em quatro segmentos: Nuclear, Defesa, Energia e Óleo e Gás. No momento, estamos com contratos

em todos esses segmentos.

Revista da EGN: No contexto desses contratos, quais são os principais produtos fabricados pela NUCLEP?

C. Alt Seixas: No segmento nuclear eu destaco os seguintes produtos:

- Condensadores e Acumuladores para Angra 2 que são equipamentos fundamentais para o funcionamento seguro e eficiente da usina, contribuindo para o resfriamento e a gestão da pressão do sistema.
- Geradores de Vapor para Angra 1, componentes cruciais para a transferência de calor e produção de vapor, essenciais no processo de geração de energia nuclear.
- Pressurizador para Angra 3, peça chave no controle da pressão dentro do circuito primário do reator, garantindo a segurança e a estabilidade operacional.
- Trocadores de Calor para Angra 3, em 2023, a NUCLEP engajou na fabricação de nove unidades, indispensáveis para a manutenção da temperatura e eficiência energética.

Destaco, também, a cooperação com as Indústrias Nucleares do Brasil, as manutenções nos Autoclaves da Fábrica de Combustíveis Nucleares e a produção de cilindros para transporte de Hexafluoreto de Urânio reforçam a importância da NUCLEP no ciclo de combustível nuclear do PNB.

Além disso, a NUCLEP estendeu sua perícia além das fronteiras nacionais, fabricando o Vaso de Pressão do Reator para a usina Atucha 2, na Argentina, e fornecendo Contadores de Radiação de Corpo Inteiro para Cuba e para a Comissão Nacional de Energia Nuclear. Esses marcos sublinham a expansão internacional da empresa no fornecimento de equipamentos nucleares críticos.

No âmbito da defesa e das tecnologias de ponta, a NUCLEP ocupa uma posição de destaque com a montagem, do já mencionado, protótipo de reator nuclear no Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica. Esta iniciativa é um marco, pois pavimentou o caminho para o desenvolvimento de inovações em reatores nucleares, destacando-se a introdução dos Pequenos Reatores Modulares, que representam o futuro da energia nuclear. Além disso, a participação da NUCLEP na fabricação de componentes cruciais para o SCPN reforça de maneira significativa sua contribuição estratégica para a defesa e segurança nacional do Brasil, sublinhando sua importância como pilar de suporte tecnológico e militar.

No segmento de Energia, a NUCLEP possui no momento, um contrato com a Neoenergia para fabricação de torres de transmissão. Este segmento é promissor, porque nos próximos anos poderá ocorrer uma demanda elevada de linhas de transmissão, o que acarretará a necessidade de produção de mais torres.

No setor de Óleo e Gás, já construímos módulos de Plataformas para a Petrobrás. As plataformas P 51 e P 56 tiveram seus módulos construídos na NUCLEP. Estamos na expectativa de voltarmos a atuar nesse importante segmento. No momento, estamos construindo diversas “estacas-torpedo” para a Petrobras, um novo segmento de atuação da NUCLEP.

Em síntese, a NUCLEP não é apenas fundamental para a autonomia e o progresso do Brasil na energia nuclear, mas também uma força significativa nos setores de Defesa, Energia e Óleo e Gás promovendo segurança energética, defesa e inovação tecnológica. Sua contribuição é basilar para o desenvolvimento sustentável e seguro da energia limpa no Brasil, em consonância com os princípios de meio-ambiente, responsabilidade social e governança⁵ (ESG), o que, por sua vez, nos posiciona de forma atualizada com o mercado global.

Revista da EGN: Almirante, o senhor poderia comentar um pouco mais sobre como a NUCLEP tem contribuído para o desenvolvimento e fabricação de componentes essenciais para o Programa Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB)? Quais tecnologias e inovações a NUCLEP tem aplicado na fabricação de equipamentos pesados para os submarinos do PROSUB?

C. Alt Seixas: A NUCLEP desempenha um papel crucial no Programa de Desenvolvimento de Submarinos, especialmente na construção de cascos resistentes e outros componentes essenciais. Utilizamos tecnologias avançadas, como processos de fabricação de alta precisão e técnicas de engenharia nuclear, que garantem a qualidade e segurança dos submarinos.

4 “Estaca de forma predominantemente cilíndrica, alongada, com a extremidade inferior em forma de cone e que é cravada usando a energia obtida por sua queda livre a partir de uma altura predeterminada do leito marinho. Esse tipo de estaca é largamente utilizado como âncora para linhas de ancoragem e dutos flexíveis submarinos. Neste último caso, empregase para evitar que as solicitações dinâmicas do trecho riser sejam transmitidas para um grande trecho de duto que se encontra no leito marinho (trecho flowline)” (ver DICIONÁRIO DO PETRÓLEO).

5 Do Acrônimo em inglês para “Environmental, Social and Governance” (Nota dos Organizadores).

A colaboração com parceiros estratégicos, tal como a realizada entre a Marinha do Brasil e os engenheiros da NUCLEP, serve de exemplo claro do nosso compromisso com o sucesso do PROSUB.

Revista da EGN: Com relação às atividades desenvolvidas pela NUCLEP em prol do PROSUB, notadamente no que tange ao SCPN, o senhor poderia comentar sobre as interações com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA)?

C. Alt Seixas: Predominantemente, as interações com a Agência Internacional de Energia Atômica se dão através da Marinha do Brasil. No entanto, reforçamos nosso compromisso com a segurança e a transparência ao participarmos anualmente do encontro da AIEA. Adicionalmente, a NUCLEP está sempre aberta para acolher visitas dos membros da AIEA, permitindo-lhes conhecer nosso processo de fabricação e reforçando nosso compromisso com a transparência e com os padrões internacionais de qualidade.

Revista da EGN: Almirante, obrigado por ter disponibilizado seu tempo compartilhando sua expertise e visão conosco. Seu posicionamento sobre a situação, produtos, serviços e perspectivas da NUCLEP, e o seu comprometimento com a inovação, são inspiradores. Ficou evidente a relevância da NUCLEP não apenas como uma parte fundamental no setor nuclear, mas também como um exemplo de excelência e compromisso com a soberania nacional.

Estamos certos de que a entrevista forneceu conteúdo relevante e singular para esta Edição Especial da Revista da EGN, proporcionando uma melhor compreensão da Indústria e da prática da temática nuclear, bem como o trabalho e impacto da NUCLEP no PROSUB, particularmente no desenvolvimento do SCPN.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 10.569, de 9 de dezembro de 2020. Aprova a Estratégia Nacional de Segurança de Infraestrutura Críticas. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 10 dez. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/civil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10569.html. Acesso em: 27 fev. 2024.

ESTACA-TORPEDO / TORPEDO PILE. In: Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: IPB, 2018. Disponível em: <https://dicionariopetroleoegas.com.br/dictionary/estaca-torpedo/>. ACESSO EM: 27 FEV. 2024.