

**MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM  
TECNOLOGIA NUCLEAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DAS REGULAMENTAÇÕES DO 10 CFR PARTE 830  
PARA O COMPLEXO DE MANUTENÇÃO ESPECIALIZADA**



**PRIMEIRO-TENENTE FELIPI DA SILVA LOPES**

Rio de Janeiro  
2023

PRIMEIRO-TENENTE FELIPI DA SILVA LOPES

AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DAS REGULAMENTAÇÕES DO 10 CFR PARTE 830  
PARA O COMPLEXO DE MANUTENÇÃO ESPECIALIZADA

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear.

Orientador:

Prof Douglas Brandão Baroni, M.Sc.


PRIMEIRO-TENENTE FELIPI DA SILVA LOPES

AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DAS REGULAMENTAÇÕES DO 10 CFR PARTE  
830 PARA O COMPLEXO DE MANUTENÇÃO ESPECIALIZADA


Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito  
parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear.

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

Prof. Douglas Brandão Baroni, M.Sc – DDNM 

CT Leonardo Oldani Felix, M.Sc – CIAA \_\_\_\_\_

CT (EN) Danilo Pinheiro Faria, M.Sc – DDNM 

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente ao EA Douglas Brandão Baroni, meu orientador neste trabalho de conclusão de curso, por sua notável disponibilidade e atenção desde o primeiro contato para discutirmos as diretrizes do trabalho até a entrega da versão final. Destaco também a sua vasta bagagem de conhecimento, claramente compartilhada durante suas aulas sobre Licenciamento Nuclear, que se mostraram fundamentais para a elaboração deste trabalho.

Externo minha gratidão também aos meus queridos amigos da turma Almirante Gastão Motta, cujo apoio e atenção, principalmente dos 1T Medeiros, 1T Soares, 1T Gustavo Novaes e 1T Branco, foram verdadeiramente essenciais para a conclusão bem-sucedida do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Tecnologia Nuclear.

Por fim, não poderia me furtar de mencionar de maneira especial à minha mãe, Cristiane Alves da Silva, pelos anos de incentivo e abnegação, sempre proporcionando as melhores condições para o meu estudo e crescimento acadêmico.

## Resumo

O Complexo de Manutenção Especializada (CME) é uma instalação nuclear fundamental que proporcionará suporte em terra para a operação e manutenção do primeiro Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCPN). A importância do CME reside na sua capacidade de garantir a eficácia operacional e de segurança do SCPN, além de cumprir as exigências de manutenção e assegurar a integridade do submarino e dos trabalhadores envolvidos. Dada a natureza nuclear das operações e funções do CME, é necessário submeter a instalação a um processo de licenciamento nuclear em conformidade com as regulamentações do órgão fiscalizador responsável. No entanto, atualmente, não existe uma normativa específica que aborde a análise de segurança e o licenciamento de instalações de suporte em terra para submarinos com propulsão nuclear. Nesse contexto, surge a necessidade de explorar a aplicabilidade do 10 CFR Parte 830 - Gestão da segurança nuclear, como uma orientação inicial para o licenciamento do CME. Este estudo visa investigar se o 10 CFR Parte 830 é de fato adequado para ser usado como guia preliminar no licenciamento do CME, analisando sua congruência com os princípios estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para este tipo de operação. Escolheu-se o 10 CFR Parte 830, pois ele estabelece requisitos para a gestão de segurança nuclear em instalações do Departamento de Energia dos Estados Unidos e atividades associadas. Esses requisitos abrangem diversos aspectos, como controle de riscos, operações seguras, treinamento, gerenciamento de resíduos radioativos e garantia de qualidade. O objetivo primordial deste trabalho é, então, assegurar a segurança dos trabalhadores, do público e do meio ambiente durante as operações no CME. A avaliação incluiu uma análise cuidadosa de como essa regulamentação pode ser adaptada para atender às características únicas do CME e do SCPN, levando em consideração não apenas as peculiaridades da tecnologia nuclear envolvida, mas também a legislação nacional brasileira.

**Palavras-chave:** CME; SCPN; 10 CFR Parte 830.

## **Abstract**

The Specialized Maintenance Complex (CME) is a fundamental nuclear facility that will provide onshore support for the operation and maintenance of the first Brazilian nuclear-powered submarine (SCPN). The significance of the CME lies in its ability to ensure the operational effectiveness and safety of the SCPN, in addition to meeting maintenance requirements and ensuring the integrity of both the submarine and the involved workers. Given the nuclear nature of the operations and functions of the CME, it is necessary to subject the facility to a nuclear licensing process in compliance with the regulations of the responsible regulatory authority. Currently, however, there is no specific regulation addressing the safety analysis and licensing of onshore support facilities for nuclear-powered submarines. In this context, the need arises to explore the applicability of 10 CFR Part 830 – Nuclear Safety Management as an initial guideline for the licensing of the CME. This study aims to investigate whether 10 CFR Part 830 is indeed suitable to serve as a preliminary guide in licensing the CME, analyzing its congruence with the principles established by the National Nuclear Energy Commission (CNEN) for this type of operation. 10 CFR Part 830 was chosen because it sets forth requirements for nuclear safety management in U.S. Department of Energy (U.S.DOE) facilities and associated activities. These requirements encompass various aspects, such as risk control, safe operations, training, radioactive waste management, and quality assurance. The primary objective of this work is, therefore, to ensure the safety of workers, the public, and the environment during operations at the CME. The evaluation included a careful analysis of how this regulation can be adapted to meet the unique characteristics of the CME and the SCPN, considering not only the peculiarities of the nuclear technology involved but also Brazilian national legislation.

**Keywords:** CME; SCPN; 10 CFR Part 830.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Complementariedade do PROSUB e do PNM para desenvolvimento do SCPN....	12
Figura 2 – Localização do EBN e do CME .....	26
Figura 3 – Projeto conceitual CME .....	26

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - CFR Título 10.....	17
Quadro 2 - CFR Título 10 Parte 830 .....	18



## LISTAS DE SIGLAS

ACN	Área de Combustíveis Novos
CFR	<i>Code of Federal Regulations</i> (Código de Regulamentos Federais dos Estados Unidos)
CME	Complexo de Manutenção Especializada
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COGESN	Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear
DGDNTM	Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha
DSA	Análise de Segurança Documentada
EBN	Estaleiro e Base Naval
NNPP	<i>Naval Nuclear Propulsion Program</i> (Programa Naval de Propulsão Nuclear)
NRC	<i>Nuclear Regulatory Commission</i> (Comissão Reguladora Nuclear dos Estados Unidos)
PAIR	Prédio de Armazenamento Inicial de Rejeitos
PEC	Prédio de Estocagem de Combustíveis
PECI	Piscina de Estocagem de Combustíveis Irrradiados
PNM	Programa Nuclear da Marinha
PGQ	Plano de Garantia da Qualidade
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
SCPN	Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear
UEPI	Unidade de Estocagem de Peças Irradiadas
UMC	Unidade Móvel de Confinamento
U.S.DOE	<i>United States Department of Energy</i> (Departamento de Energia dos Estados Unidos)
UTR	Unidade de Tratamento de Rejeitos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Apresentação do Problema.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Justificativa e Relevância.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>14</b>
1.3.1 Objetivos Específicos .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 10 CRF PARTE 830.....</b>	<b>16</b>
2.1.1 10 CFR 830 Subparte A.....	18
2.1.2 10 CFR 830 Subparte B.....	22
<b>2.2 Complexo de Manutenção Especializada - CME.....</b>	<b>25</b>
2.2.1 Cais.....	27
2.2.2 Diques.....	27
2.2.3 Prédio principal e instalações adjacentes.....	28
2.2.4 Unidade Móvel de Confinamento (UMC).....	29
2.2.5 Prédio de Armazenamento Inicial de Rejeitos (PAIR).....	30
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Considerações Finais .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 Sugestões para Futuros Trabalhos.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Conforme a publicação da DGDNTM [1], as investigações realizadas pelo Programa Nuclear da Marinha (PNM) tiveram início na década de 50, com a liderança inovadora do Almirante Álvaro Alberto na busca pela maestria na tecnologia de enriquecimento do urânio, essencial para o progresso da energia nuclear no país, estabelecendo a CNEN em 1956.

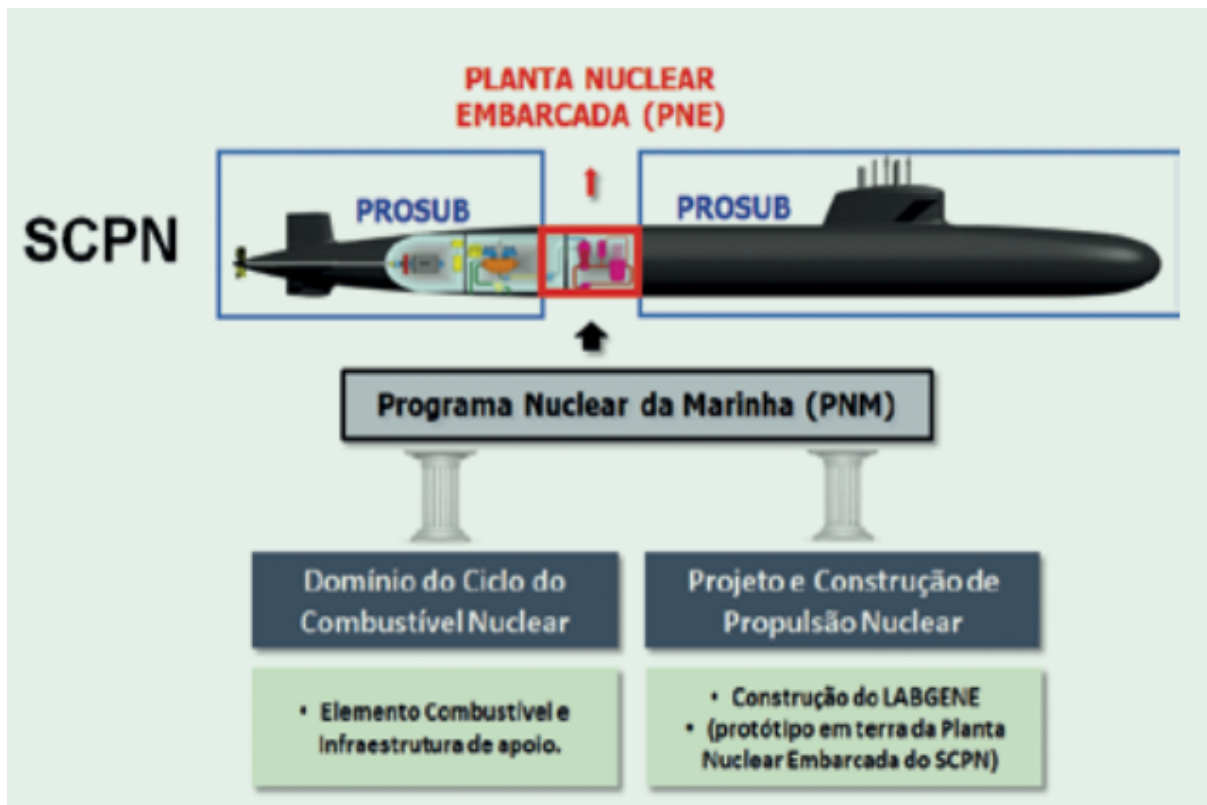
Decorrente deste processo, oriundo da visão de longo prazo do Almirante Álvaro Alberto, no final da década de 1970, a Marinha Brasil tomou a decisão de construir seu primeiro submarino de propulsão nuclear [1]. Nesse momento, havia uma compreensível consciência das dificuldades tecnológicas e administrativas para a realização deste ambicioso projeto, especialmente considerando que, naquela época, o Brasil ainda não possuía a expertise necessária para a construção de submarinos diesel-elétricos [1].

Conseqüentemente, o PNM foi estabelecido oficialmente em 1979, com o objetivo inicial de dominar o ciclo do combustível nuclear, bem como de desenvolver e implementar um reator de potência. A percepção das resistências por parte dos países que monopolizavam essa tecnologia, limitando o acesso de outros países a esse conhecimento estratégico, levou a Marinha a buscar colaborações com institutos de pesquisa, universidades, engenheiros e técnicos altamente qualificados no país [1].

No entanto, por volta da década de 90, o programa passou por uma fase de desaceleração devido a restrições orçamentárias rigorosas [1]. Isso resultou em um período prolongado de desenvolvimento limitado, no qual a prioridade era assegurar a integridade das instalações e a manutenção do conhecimento tecnológico conquistado até então, incluindo avanços notáveis, como as ultracentrífugas [1]. Somente em 2008, graças ao acordo entre os Governos do Brasil e da França, o programa foi efetivamente revitalizado. Durante essa retomada, foram mantidas as estratégias traçadas desde o início: a produção do elemento combustível e a construção do reator de propulsão naval juntamente com seu circuito primário, utilizando tecnologia nacional [1].

O Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) teve como foco principal o projeto e a fabricação, em território nacional, do SCPN (Figura 1). Além do submarino, o PROSUB também engloba o desenvolvimento de um Complexo Naval situado na cidade de Itaguaí, Rio de Janeiro. Este complexo abarca um CME destinado ao suporte e à manutenção do SCPN [1].

Figura 1 – Complementariedade do PROSUB e do PNM para desenvolvimento do SCPN.



Fonte: Referência [1].

É mister destacar que o PROSUB e o PNM são iniciativas complementares, que trabalham em conjunto para fortalecer setores estratégicos da indústria nacional e fomentar o desenvolvimento econômico do país.

## 1.1 Apresentação do Problema

O cerne do problema abordado neste estudo reside na complexa questão da implementação de medidas de segurança no processo de licenciamento do CME [2]. A particularidade que acrescenta complexidade a essa situação é a ausência de uma legislação abrangente no contexto brasileiro que regule especificamente esse tipo de instalação, utilizada para suporte em terra a submarinos com propulsão nuclear [2]. Isso significa que não existem regulamentações pormenorizadas e diretrizes específicas que se apliquem diretamente à implementação de segurança no contexto do CME [2].

Assim, na ausência de uma normativa específica para este processo, sugere-se que este seja modelado com base na abordagem adotada para as instalações administradas pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, seguindo os parâmetros delineados pelo 10 CFR

Parte 830 – Gestão de Segurança Nuclear, em complemento às diretrizes normativas estabelecidas pela CNEN.

Como resultado, os requisitos fundamentais contidos no 10 CFR Parte 830, se destacam como uma referência crítica e se apresentam como a base que orientará o desenvolvimento das Bases de Segurança para o licenciamento do CME, em consonância com as normas da CNEN. A adaptação e a aplicação desses requisitos a essa realidade específica se tornam uma etapa crucial do processo, visando garantir a segurança integral das operações do CME semelhante às abordagens utilizadas nas instalações gerenciadas pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (U.S.DOE).

Nesse sentido, o desafio enfrentado é estabelecer uma estrutura de segurança abrangente, eficaz e alinhada às normas internacionais, mesmo diante da ausência de uma legislação nacional dedicada a essa área. O trabalho, portanto, investiga e explora como a aplicação dos requisitos do 10 CFR Parte 830 podem servir como alicerce para desenvolver uma estrutura de segurança sólida para o CME, complementando as lacunas regulatórias presentes no contexto nacional.

## **1.2 Justificativa e Relevância**

Lidar e realizar manutenções no SCPN envolvem desafios complexos e multifacetados, dadas as particularidades dessa tecnologia avançada e sua aplicação militar, com seu aspecto estratégico e de defesa nacional. A segurança nuclear é uma preocupação fundamental, devido aos riscos inerentes à operação de sistemas nucleares. O manuseio, o transporte, o armazenamento e a manutenção de materiais radioativos e do combustível nuclear requerem precauções rigorosas para evitar acidentes, vazamentos radioativos e outros incidentes que possam impactar o meio ambiente e a população em geral. A equipe envolvida na manutenção do SCPN requer treinamento extenso e qualificação rigorosa para operar e manter sistemas nucleares complexos, além de necessitarem contar com uma infraestrutura específica para manutenção. O local onde as manutenções são realizadas deve ser uma área restrita e controlada, com acesso rigorosamente regulado, deve ser equipado com instalações especializadas para lidar com a natureza única dos materiais e equipamentos nucleares.

Além disso, é necessário contar com equipamentos específicos e ferramentas projetadas para trabalhar com sistemas nucleares. Isso inclui dispositivos de manipulação remota e instrumentação de medição de radiação. A gestão dos resíduos radioativos gerados durante as manutenções é crítica. O local deve ter sistemas adequados de gerenciamento e

armazenamento temporário de resíduos, em conformidade com regulamentações de segurança. Lidar com esses problemas requer um enfoque multidisciplinar, envolvendo especialistas em energia nuclear, engenharia, segurança, política internacional e gestão. A cooperação entre agências governamentais, instituições de pesquisa e indústria é fundamental para enfrentar os desafios de estabelecer requisitos e parâmetros relacionados ao desenvolvimento tecnológico, como também de toda uma legislação e normas que determinem como devem ser projetadas, construídas e operadas tais instalações de maneira eficaz e responsável.

### **1.3 Objetivos**

Avaliar a adequação e a abrangência do 10 CFR Parte 830 (Título 10, Parte 830) determinando se essa regulamentação é capaz de atender às especificidades do projeto e licenciamento do CME. O propósito é determinar se essa regulamentação é capaz de abranger de maneira eficaz todas as particularidades e requisitos específicos associados ao CME.

Em análise, o estudo busca fornecer informações valiosas para determinar se o 10 CFR Parte 830 é uma referência suficiente para garantir a segurança e a conformidade regulatória no CME. Isso envolve avaliar a abrangência e adaptabilidade dessas regulamentações, considerando as particularidades do SCPN, da tecnologia nuclear e da legislação nacional.

#### **1.3.1 Objetivos Específicos**

O estudo buscará responder às seguintes perguntas:

- O 10 CFR Parte 830 possui regulamentações que permitam abordar as particularidades da manutenção e operação do CME, considerando as necessidades dos sistemas nucleares do SCPN?
- As regulamentações existentes cobrem adequadamente aspectos como proteção radiológica, gestão de resíduos, segurança física da equipe e medidas de contingência?
- As regulamentações presentes no 10 CFR Parte 830 permitem levar em conta os desafios específicos associados à manutenção, operação e proteção dos sistemas nucleares do CME, incluindo acesso restrito, controle de resíduos nucleares, manipulação remota de materiais radioativos e procedimentos de emergência?
- Além da avaliação da abrangência, o estudo também deve verificar a compatibilidade entre o 10 CFR Parte 830 e as regulamentações e normas da CNEN, considerando a legislação local e suas particularidades.

- Há vantagens em utilizar a 10CFR830?

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção de referencial teórico explora, portanto, as diferentes facetas desses dois elementos igualmente significativos e complementares entre si. Por meio da revisão da literatura, documentos técnicos, relatórios governamentais e fontes oficiais, busca-se lançar luz sobre as complexidades, os desafios e as implicações inerentes tanto ao CME quanto ao 10 CFR Parte 830.

O CME é uma instalação da Marinha do Brasil que fornecerá suporte em terra para o SCPN em atividades relacionadas à atracação e desatracação do submarino, reparo de seus sistemas nucleares, disponibilização de instalações necessárias para o docagem, carregamento e descarregamento do núcleo do reator, gerenciamento dos resíduos radioativos e processo de descomissionamento. Além disso, é pretendido destacar as inovações tecnológicas e as abordagens de gestão que permitem ao CME desempenhar um papel fundamental no cenário de defesa nacional, principalmente no que concerne ao respaldo em solo para o SCPN.

Em relação ao 10 CFR Parte 830, a análise se concentrará na compreensão das disposições regulatórias que moldam a gestão da segurança nuclear nos Estados Unidos. Serão exploradas as motivações históricas que levaram à criação desse regulamento, bem como seu impacto na operação segura de instalações nucleares, identificação de riscos, treinamento de pessoal e comunicação de eventos significativos.

Ao entrelaçar esses dois tópicos, a busca é por conexões e paralelos que possam emergir da compreensão aprofundada tanto do CME quanto do 10 CFR Parte 830. Através dessa análise cruzada, pretende-se enriquecer a compreensão do gerenciamento eficaz de sistemas críticos, seja especificamente no contexto de manutenção do SCPN ou nas demais operações nucleares a serem desempenhadas no CME, como decorrência de seu apoio ao SCPN, demonstrando a importância de abordagens rigorosas e bem fundamentadas em ambas as esferas.

### **2.1 10 CRF PARTE 830**

O CFR é um conjunto de regulamentos emitidos pelo governo federal dos Estados Unidos. Ele é organizado em 50 títulos que abordam uma área específica do direito federal. Cada título é subdividido em partes, que tratam de assuntos mais específicos e é usado para implementar e interpretar as leis promulgadas pelo Congresso dos EUA [3].

O Título 10 trata especificamente da área de "Energia" cobrindo uma variedade de regulamentos relacionados a esse setor, que abrangem desde a regulação de instalações



nucleares até a produção de energia elétrica, pesquisa nuclear, segurança radiológica, licenciamento de reatores nucleares, entre outros tópicos relacionados à energia [4].

O 10 CFR é dividido em várias partes, cada uma aborda tópicos específicos relacionados à energia [5], o Quadro 1, conforme é mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - CFR Título 10.

<b>Título 10 - Energia</b>		
<b>Capítulo</b>	<b>Título</b>	<b>Parte/Seção</b>
Capítulo I	Comissão Reguladora Nuclear	1 – 199
Capítulo II	Departamento de Energia	200 – 699
Subcapítulo A	Óleo	200 – 221
Subcapítulo B	Mudanças Climáticas	300
Subcapítulo C	Reservado	-
Subcapítulo D	Conservação de Energia	400 – 499
Subcapítulo E	Combustíveis alternativos	500 – 516
Subcapítulo G	Gás Natural (Administração Econômica Regulatória)	580 – 590
Subcapítulo H	Regulamentações de Assistência	600 – 611
Subcapítulo I	Regulamentação de Vendas	622 – 699
Capítulo III	Departamento de Energia	700 – 999
Capítulo X	Departamento de Energia (Disposições Gerais)	1.000 – 1.099
Capítulo XIII	Conselho de Análise Técnica de Resíduos Nucleares	1.300 – 1.399
Capítulo XVII	Conselho de Segurança de Instalações Nucleares de Defesa	1.700 – 1.799
Capítulo XVIII	Comissão Intercontinental Nordeste de Resíduos Radioativos de Baixo Nível	1.800 – 1.899

Fonte: Adaptado da Referência [5].

O 10 CFR Parte 830 faz parte do Capítulo III referente ao Departamento de Energia e se ocupa de normatizar a "Gestão da segurança nuclear". Mais precisamente, esse regulamento estabelece os requisitos para a gestão da segurança de instalações nucleares do U.S.DOE [6]. Ele define as obrigações e responsabilidades relacionadas à operação segura e à proteção radiológica das instalações nucleares, como reatores nucleares, laboratórios de pesquisa e outros locais que lidam com materiais nucleares [6].

Os regulamentos estabelecidos no 10 CFR Parte 830 abrangem uma variedade de áreas, incluindo procedimentos operacionais, controle de riscos, treinamento de pessoal, identificação e avaliação de perigos, comunicação de eventos significativos e muitos outros aspectos relacionados à segurança e proteção radiológica, dividido como mostra o Quadro 2 [5].

Quadro 2 - CFR Título 10 Parte 830.

<b>Parte 830 – Gestão da Segurança Nuclear</b>		
<b>Parágrafo</b>	<b>Título</b>	<b>Parte/Seção</b>
§ 830.1	Escopo	830.1 – 830.207
§ 830.2	Exclusões	
§ 830.3	Definições	
§ 830.4	Requisitos Gerais	
§ 830.5	Fiscalização	
§ 830.6	Manutenção de Registros	
§ 830.7	Abordagem Graduada	
Subparte A	Requisitos de Garantia da Qualidade	830.120 – 830.122
Subparte B	Requisitos de Base de Segurança	830.200 – 830.207

Fonte: Adaptado da Referência [5].

Nesta revisão, serão abordadas as duas subpartes da parte 830, nomeadamente Subparte A e Subparte B.

### 2.1.1 10 CFR 830 Subparte A

De acordo com dados retirados no e-CFR [7], essa subparte estabelece requisitos de garantia da qualidade para contratantes que realizam atividades, incluindo fornecimento de itens ou serviços que possam afetar, a segurança nuclear das instalações nucleares do U.S.DOE. Para isso, cria um Plano de Garantia da Qualidade (PGQ), e define que o contratante responsável por uma instalação nuclear do U.S.DOE deve primeiramente submeter um PGQ para aprovação do U.S.DOE. Com a resposta do U.S.DOE, modificar o PGQ conforme

indicado. E, anualmente, submeter quaisquer alterações realizadas no PGQ já aprovado pelo U.S.DOE para nova aprovação, justificando, no envio, o motivo das alterações e como elas continuam a satisfazer os requisitos de garantia da qualidade. Por fim, devem conduzir o trabalho de acordo com o PGQ aprovado [7].

O PGQ deve descrever de que forma os critérios de garantia da qualidade delineados são cumpridos. Deve haver uma integração clara entre os critérios de garantia da qualidade e o Sistema de Gerenciamento de Segurança, ou então o PGQ deve explicitar como esses critérios são aplicados ao Sistema de Gerenciamento de Segurança. Ao desenvolver e implementar o plano, devem ser utilizados padrões de consenso voluntário sempre que possível e em consonância com as exigências contratuais e regulatórias [7]. Além disso, é necessário identificar os padrões específicos empregados. O PGQ também deve detalhar como o contratante responsável pela instalação nuclear garante que os subcontratados e fornecedores estejam em conformidade com os critérios estabelecidos na seção §830.122 da 10 CFR 830 Subparte A.

No § 830.122, são definidos os critérios da garantia da qualidade. Nele são estabelecidos 10 critérios os quais o PGQ deve abordar em relação à gestão, desempenho e avaliação, descritos como:

**Critério 1 — Gestão/Programa:**

Para o primeiro ponto, é crucial estabelecer uma estrutura organizacional que seja clara em suas responsabilidades funcionais, que defina os níveis de autoridade e que facilite as interfaces entre os indivíduos que supervisionam, executam e avaliam o trabalho realizado. No que diz respeito ao segundo ponto, é fundamental criar processos de gerenciamento robustos. Isso engloba a elaboração de planos, a programação de atividades e a alocação eficiente dos recursos necessários para a execução das tarefas designadas [5].

**Critério 2 — Gestão/Qualificação e Treinamento de Pessoal:**

Inicialmente, é fundamental providenciar o treinamento e a qualificação necessários para que o pessoal seja capaz de desempenhar as tarefas designadas de maneira competente e eficiente. Além disso, é essencial fornecer treinamento contínuo ao pessoal visando manter e aprimorar sua proficiência no trabalho ao longo do tempo. Esse processo de aprendizado constante garante que a equipe esteja atualizada com as melhores práticas e apta a lidar com os desafios em evolução no ambiente de trabalho [5].

**Critério 3 — Gestão/Melhoria da Qualidade:**

É fundamental estabelecer e efetivar procedimentos destinados a detecção e prevenção de questões relacionadas à qualidade. Isso engloba não apenas a identificação de problemas, mas também a implementação de medidas preventivas que visam evitar que tais problemas ocorram. Também é necessário identificar, controlar e corrigir qualquer item, serviço ou processo que não esteja em conformidade com os requisitos estabelecidos. A correção atua como um mecanismo de salvaguarda para garantir que os padrões de qualidade sejam atendidos de maneira consistente. Além disso, deve-se investigar e entender as causas subjacentes dos problemas que surgem. Isso não apenas permite a correção imediata, mas também possibilita que sejam desenvolvidas soluções para prevenir recorrências futuras. Por fim, realizar revisões detalhadas das características dos itens, da implementação dos processos e de outras informações pertinentes à qualidade. Essa avaliação minuciosa tem o intuito de identificar quaisquer elementos que necessitem de aprimoramento, resultando em um ciclo constante de melhoria contínua [5].

**Critério 4 — Gestão/Documentos e Registros:**

Inicialmente, é essencial realizar as etapas de preparação, revisão, aprovação, emissão, utilização e revisão de documentos. Estes documentos servem para prescrever processos, especificar requisitos ou estabelecer diretrizes de design. Tal procedimento contribui para a consistência e a eficácia das operações. Além disso, é necessário especificar, elaborar, revisar, aprovar e manter registros pertinentes. Isso não apenas documenta o processo, mas também assegura a rastreabilidade e a conformidade. No que tange à execução do trabalho, deve-se realizá-lo de acordo com os padrões técnicos, os controles administrativos e outros mecanismos de risco adotados. Isso visa atender aos requisitos regulatórios ou contratuais, utilizando instruções, procedimentos ou outros métodos aprovados. Um ponto crítico é a identificação e controle adequado de itens. Garantir que os itens sejam empregados de maneira apropriada é essencial para manter a integridade do processo. Além disso, deve-se manter os itens de forma a prevenir danos, perdas ou deterioração. Isso contribui para a sustentação da qualidade e a continuidade das operações. Por fim, é imperativo calibrar e manter os equipamentos usados para monitoramento de processos ou coleta de dados. Isso assegura a precisão das informações coletadas e a confiabilidade dos resultados obtidos [5].

**Critério 6 — Desempenho/Projeto:**

Começando pelo primeiro ponto, deve-se projetar itens e processos com base em princípios sólidos de engenharia/ciência e padrões apropriados. Em seguida, ao realizar o trabalho de design ou introduzir mudanças de design, é necessário incorporar requisitos relevantes e bases de projeto. Além disso, é fundamental identificar e controlar as interfaces de design para garantir a integração eficaz de diferentes componentes. Outra etapa consiste em verificar ou validar a adequação dos produtos de design usando indivíduos ou grupos que não participaram diretamente da execução do trabalho. Por fim, é essencial verificar ou validar o trabalho antes de aprovar e implementar o design, assegurando sua conformidade com os padrões estabelecidos [5].

**Critério 7 — Desempenho/Compras:**

Começando pelo primeiro ponto, é crucial adquirir itens e serviços que estejam em conformidade com os requisitos estabelecidos e que apresentem o desempenho conforme as especificações definidas. Além disso, é necessário realizar a avaliação e seleção de fornecedores prospectivos com base em critérios predefinidos. Essa seleção cuidadosa assegura que os fornecedores escolhidos atendam aos padrões necessários. Adicionalmente, é essencial estabelecer e efetivar processos que garantam que os fornecedores aprovados continuem a fornecer itens e serviços que sejam aceitáveis. Esses procedimentos garantem a consistência e a qualidade ao longo do tempo, mantendo o padrão estabelecido [5].

**Critério 8 — Desempenho/Inspeção e Testes de Aceitação:**

Primeiramente, é essencial conduzir a inspeção e os testes dos itens, serviços e processos conforme as especificações estipuladas. Isso deve ser realizado empregando critérios predefinidos de aceitação e desempenho. Essa etapa garante a qualidade e a conformidade dos produtos e serviços. Ademais, é importante calibrar e manter os equipamentos utilizados para as inspeções e os testes. Essa ação assegura que os instrumentos de medição e avaliação estejam precisos e confiáveis, mantendo a integridade dos resultados obtidos [5].

**Critério 9 — Avaliação/Avaliação da Gestão:**

Esse critério estabelece que é necessário garantir que os gestores avaliem seus processos de gestão e identifiquem e corrijam problemas que dificultem a organização em alcançar seus objetivos [5].

**Critério 10 — Avaliação/Avaliação Independente:**

Inicialmente, é necessário planejar e conduzir avaliações independentes para medir a qualidade dos itens e serviços, avaliar a adequação do desempenho do trabalho e promover a melhoria contínua. Essas avaliações oferecem uma perspectiva imparcial e objetiva, contribuindo para aprimorar a qualidade e eficiência. Além disso, precisa-se atribuir autoridade suficiente e garantir a independência em relação à gestão de linha para o grupo responsável pelas avaliações independentes. Isso assegura a integridade e a objetividade das avaliações, evitando influências indevidas. Por fim, deve-se garantir que as pessoas encarregadas das avaliações independentes possuam a qualificação técnica e a experiência necessárias nas áreas a serem avaliadas. Essa competência assegura que as avaliações sejam conduzidas de maneira precisa e eficaz, resultando em insights relevantes para a melhoria contínua.

O PGQ e os critérios estabelecidos na Subparte A do 10 CFR Parte 830 são aplicáveis a uma ampla gama de atividades e instalações nucleares, incluindo o processamento de material nuclear, a produção de componentes nucleares, a operação de reatores nucleares e a gestão de resíduos radioativos. O objetivo principal do PGQ é assegurar que todas essas operações sejam realizadas de maneira segura, eficiente e confiável, minimizando os riscos associados a materiais radioativos e radiações [7].

**2.1.2 10 CFR 830 Subparte B**

Igualmente à subseção anterior, e acordo com dados retirados no e-CFR [8], essa subparte estabelece os requisitos da base de segurança para instalações nucleares do U.S.DOE que influenciam diretamente o PGQ, delineado na Subparte A, classificadas nas Categorias de Risco 1, 2 e 3 que são respectivamente: risco com potencial para consequências significativas fora do local, risco com potencial para consequências significativas no local e risco com potencial apenas para consequências significativas localizadas. Nela, é determinado que um contratante deve executar o trabalho de acordo com essa base de segurança aprovada pelo U.S.DOE, com os controles de risco que garantem proteção adequada dos trabalhadores, do público e do meio ambiente.

O contratante responsável por uma instalação nuclear do U.S.DOE deve estabelecer e manter a base de segurança para a instalação. Assim, o contratante responsável pela instalação deve:

- (1) Definir o escopo do trabalho a ser executado;
- (2) Identificar e analisar os riscos associados ao trabalho;
- (3) Categorizar a instalação de acordo com a DOE-STD-1027-92 ("Categorização de Riscos e Técnicas de Análise de Acidentes para conformidade com a Ordem 5480.23 do U.S.DOE, Relatórios de Análise de Segurança Nuclear", Nota de Alteração 1, setembro de 1997);
- (4) Preparar uma análise de segurança documentada para a instalação; e
- (5) Estabelecer os controles de risco nos quais o contratante confiará para garantir a proteção adequada dos trabalhadores, do público e do meio ambiente.

Depois de criadas as bases devem ser mantidas e para isso, o contratante responsável pela instalação deve:

- (1) Atualizar a base de segurança para mantê-la atualizada e refletir as mudanças na instalação, no trabalho e nos riscos conforme analisados na análise de segurança documentada;
- (2) Fornecer anualmente ao U.S.DOE a análise de segurança documentada atual ou uma carta declarando que não houve mudanças na análise de segurança documentada desde o envio anterior; e
- (3) Incorporar na base de segurança quaisquer mudanças, condições ou controles de risco direcionados pelo U.S.DOE.

As bases de segurança referidas são os documentos que definem e descrevem os elementos essenciais para garantir a segurança das instalações nucleares do U.S.DOE e proteger os trabalhadores, o público e o meio ambiente. Essas bases de segurança incluem informações sobre os riscos associados às instalações, os controles de risco necessários e os procedimentos para a execução segura das atividades [9]. Elas estabelecem requisitos para a preparação e manutenção das bases de segurança, bem como para a análise de segurança documentada. Essas bases de segurança são fundamentais para garantir que as instalações nucleares do U.S.DOE operem de acordo com padrões rigorosos de segurança [10].

Para seguir essas bases, existem as premissas de Análise de Segurança Documentada (DSA), a qual abrange aspectos como o projeto das estruturas de segurança, sistemas e componentes, identificação e avaliação de riscos naturais e provocados pelo homem, avaliação de condições normais e anormais de operação, análise de acidentes, definição de

controles de risco, programas de gerenciamento de segurança, proteção radiológica, proteção contra incêndios, gerenciamento de resíduos, treinamento de pessoal, entre outros [11].

Ela exige que os contratantes responsáveis por instalações nucleares do U.S.DOE estabeleçam, mantenham e atualizem a DSA, submetam relatórios anuais de status para o U.S.DOE e garantam que a instalação opere dentro dos parâmetros estabelecidos pela DAS, onde devem [11]:

(1) Descrever a instalação (incluindo o projeto de estruturas, sistemas e componentes de segurança) e o trabalho a ser executado;

(2) Fornecer uma identificação sistemática dos riscos naturais e provocados pelo homem associados à instalação;

(3) Avaliar condições normais, anormais e de acidentes, incluindo a consideração de eventos externos naturais e provocados pelo homem, a identificação de fontes de energia ou processos que possam contribuir para a geração ou liberação descontrolada de materiais radioativos e outros materiais perigosos, e a consideração da necessidade de análise de acidentes que possam ultrapassar as bases de projeto da instalação;

(4) Derivar os controles de risco necessários para garantir a proteção adequada dos trabalhadores, do público e do meio ambiente, demonstrar a adequação desses controles para eliminar, limitar ou mitigar os riscos identificados, e definir o processo para manter os controles de risco atualizados o tempo todo e controlar o uso deles;

(5) Definir as características dos programas de gerenciamento de segurança necessários para garantir a operação segura da instalação, incluindo (quando aplicável) garantia da qualidade, procedimentos, manutenção, treinamento de pessoal, condução de operações, preparação para emergências, proteção contra incêndios, gestão de resíduos e proteção radiológica; e

(6) No que diz respeito a uma instalação nuclear não reatora com material fissível em quantidade e forma suficientes para representar um potencial de criticidade, definir um programa de segurança de criticidade que garanta que as operações com material fissível permaneçam subcríticas sob todas as condições normais e anormais críveis; identifique normas aplicáveis de segurança de criticidade nuclear; e descreva como o programa atende às normas aplicáveis de segurança de criticidade nuclear.

Nesta subparte também são estabelecidos os Requisitos Técnicos de Segurança que um contratante deve cumprir:

(1) Desenvolver requisitos técnicos de segurança que se originem da análise de segurança documentada;



(2) Obter aprovação do U.S.DOE dos requisitos técnicos de segurança e de qualquer alteração nos requisitos técnicos de segurança antes de sua utilização;

(3) Notificar o U.S.DOE sobre qualquer violação de um requisito técnico de segurança.

Um contratante pode tomar medidas de emergência que se afastem de um requisito técnico de segurança aprovado quando não forem imediatamente evidentes ações consistentes com o requisito técnico de segurança e quando essas ações forem necessárias para proteger os trabalhadores, o público ou o meio ambiente de danos iminentes e significativos. Tais ações devem ser aprovadas por um operador certificado para um reator ou por uma pessoa com autoridade, conforme designado nos requisitos técnicos de segurança para instalações nucleares não reatoras. O contratante deve relatar as ações de emergência ao U.S.DOE assim que possível.

Um contratante de uma atividade de restauração ambiental deve seguir as disposições do 29 CFR 1910.120 ou 29 CFR 1926.65 para desenvolver os controles de risco apropriados [11].

## **2.2 Complexo de Manutenção Especializada - CME**

De acordo com informações do documento do Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN) [12] sobre a estratégia de segurança do projeto do CME, esse complexo é uma instalação estratégica da Marinha do Brasil, projetada para fornecer apoio em solo ao SCPN, abrangendo uma gama de atividades essenciais. Estas incluem a facilitação das operações de atracação do submarino, manutenção, docagem, carregamento e descarregamento do núcleo do reator, troca do elemento combustível, a gestão dos resíduos radioativos e descomissionamento.

O CME será erguido na Área Sul do Estaleiro e Base Naval (EBN), situado na Ilha da Madeira, na Baía de Sepetiba, no município de Itaguaí, RJ, com distância aproximada de 67km da cidade do Rio de Janeiro e 5km da Rodovia BR-101, a principal via de acesso ao município de Itaguaí [12].

O EBN possui um papel importante, por ser responsável pela construção do SCPN e por prover suporte operacional e de manutenção ao longo de todo o seu ciclo de vida. Ele se divide em duas áreas, Área Norte e Área Sul interligadas por um túnel. A Área Norte serve apenas como entrada da base e localização das instalações administrativas; essas áreas não possuem uma ligação direta com o CME. A Área Sul abriga a Base de Submarinos da Ilha da

Madeira, encarregada dos aspectos operacionais dos submarinos, além dos estaleiros de construção e manutenção de submarinos, onde se instalará o CME [12] (Figura 2).

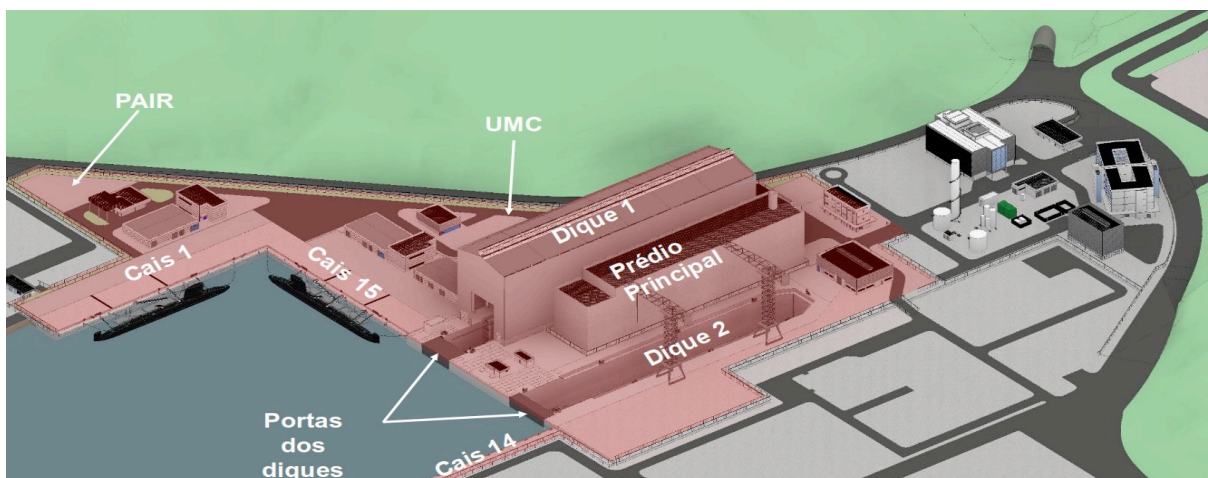
Figura 2 – Localização do EBN e do CME.



Fonte: Adaptado da Referência [12].

A concepção do arranjo conceitual do CME foi projetada de forma a permitir a reunião estratégica das principais estruturas, sistemas e componentes, resultando em uma unidade coesa e operacional [12]. Entre as instalações principais do CME estão: os cais 1, 14 e 15; os diques 1 e 2; o prédio principal e a Unidade Móvel de Confinamento (UMC), como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Projeto conceitual CME.



Fonte: Referência [12].

### 2.2.1 Cais

No CME, estão disponíveis três cais distintos - Cais 1, Cais 14 e Cais 15 - destinados a fornecer suporte logístico em terra para o SCPN. Os Cais 1, 14 e 15 desempenham um papel central na atracação. O Cais 14 será destinado para atracar os rebocadores utilizados para apoiar a atracação e a desatracação dos submarinos presentes no CME, embarcações auxiliares e atuar como acesso às portas dos diques, conhecidas como portas-batel. Os cais 1 e 15 serão de atracação exclusiva do SCPN, possuindo as utilidades necessárias para atender suas demandas nos períodos entre missões [12].

A composição dos cais 1 e 15 engloba as estruturas civis que desempenharão as funções de acomodação dos dispositivos, como pontões, flutuantes e defensas, que serão usados para atracar o SCPN; disponibilização de passarelas para facilitar o embarque e desembarque de pessoal e carga; integração de dispositivos de apoio para o fornecimento de utilidades, como água potável, eletricidade, redes de dados e telecomunicações; incorporação de dispositivos móveis de içamento para o manuseio de cargas, incluindo suprimentos e peças de reposição; implementação de cercas e dispositivos de proteção física e controle de acesso para garantir a segurança do pessoal e dos materiais durante as operações de embarque e desembarque [12].

Observa-se que o SCPN, quando atracado no cais, possui a capacidade de se manter autossuficiente. No entanto, o cais do CME desempenhará um papel fundamental, como destacado no parágrafo anterior, ao proporcionar o suporte básico necessário. Essa função do cais é especialmente relevante para reduzir o tempo de operação dos sistemas nucleares do submarino [13].

É importante destacar que nenhum dos três cais serão utilizados para o armazenamento de material nuclear ou radioativo, nem abrigarão sistemas, estruturas e componentes de classe de segurança nuclear para garantir a integridade das funções de segurança do SCPN. A estrutura civil dos cais será projetada para suportar as forças associadas à atracação e às atividades de carga e descarga, desempenhando um papel importante no apoio logístico às embarcações navais atracadas. Os dispositivos de atracação assegurarão a separação adequada entre os cais e os submarinos, minimizando riscos de danos decorrentes do contato direto e garantindo uma distância segura entre eles [12].

### 2.2.2 Diques

Outra estrutura disponível no CME serão os diques secos, nomeados Diques 1 e 2, que têm como finalidade proporcionar suporte essencial à manutenção dos sistemas navais,

reparo do reator nuclear do SCPN, além de permitir a operação de troca de combustível nuclear. Os diques serão constituídos pelas seguintes estruturas e sistemas: uma estrutura civil que será utilizada para acomodar os submarinos; um sistema de controle e docagem, que é responsável por sustentar os SCPN nos diques e por gerenciar o nível de água, bem como sua drenagem, através da casa de bombas dos diques; portas dos diques, chamadas de porta-batel, que são removidas para permitir a entrada e saída das embarcações; um sistema de manobra de navios, encarregado de movimentar e posicionar o SCPN durante o processo de docagem e desdocagem; sistemas de apoio ao navio, que fornecem as utilidades necessárias para o SCPN e as atividades de manutenção; dispositivos móveis de içamento de cargas; cercas e dispositivos de proteção física e controle de acesso, visando garantir a segurança do pessoal, materiais e veículos envolvidos [12].

As utilidades essenciais fornecidas para o submarino quando docados são provenientes de distintas Centrais de Utilidades e Subestações Elétricas. Entre os principais apoios fornecidas para os SCPN destacam-se o fornecimento de água (potável, salgada e desmineralizada), eletricidade, redes de dados e telecomunicações, entre outras. Para os serviços relacionados a manutenção do meio, as principais utilidades fornecidas são água (de resfriamento para remoção de calor dos sistemas e água gelada para o ar-condicionado), eletricidade e gases industriais [12].

A dissipação do calor residual proveniente principalmente do núcleo do reator do SCPN quando docado será realizada por meio do funcionamento coordenado dos sistemas de bordo dos próprios submarinos, e os sistemas de apoio prestados pelos diques. Convém destacar que os Diques 1 e 2 não serão utilizados para o armazenamento de materiais nucleares ou radioativos [12].

A estrutura civil dos dois diques está projetada para suportar as cargas resultantes dos processos de docagem, incluindo o suporte dos SCPN nos diques, as operações de manutenção dos sistemas navais e nucleares, e as atividades relacionadas à troca de combustível nuclear [12].

### 2.2.3 Prédio principal e instalações adjacentes

As funções cruciais do Prédio Principal no CME abrangem a gestão do combustível nuclear, tanto o novo quanto o irradiado, do SCPN, assim como o gerenciamento dos rejeitos radioativos originados tanto do SCPN quanto do próprio CME. Estrategicamente situado entre os Diques 1 e 2.

No interior do Prédio Principal do CME serão acomodadas as principais instalações associadas à manutenção dos sistemas nucleares dos SCPN, à troca de combustível nuclear, ao armazenamento de combustível (novo e irradiado), bem como ao tratamento e estocagem de rejeitos. Entre essas instalações de destaque, estão o Prédio de Estocagem de Combustível (PEC), a Unidade de Estocagem de Peças Irradiadas (UEPI) e a Unidade de Tratamento de Rejeitos (UTR) [12].

O PEC é subdividido em duas áreas primárias, Piscina de Estocagem de Combustíveis Irrradiados (PECI) e pela Área de Combustíveis Novos (ACN). A função central da PECI é armazenar os elementos combustíveis irradiados, assegurando a dissipação do calor residual, proporcionando proteção radiológica e evitando a possibilidade de reações críticas nos elementos armazenados. Por outro lado, a ACN é designada para a guarda do combustível novo, com um foco central em impedir situações de criticidade [12].

A UEPI concentra-se na descontaminação, armazenamento e manutenção dos componentes irradiados provenientes do reator do SCPN.

A UTR, responsável pelo processamento e acondicionamento dos rejeitos derivados das atividades operacionais do SCPN e do CME, compreende vários sistemas principais. O Sistema de Processamento de Rejeitos Gasosos recebe, processa e armazena gases radioativos, para subsequente decaimento. O Sistema de Processamento de Rejeitos Líquidos lida com os rejeitos líquidos segregados originados no Prédio Principal do CME e nas operações associadas ao SCPN. Por fim, o Sistema de Processamento de Rejeitos Sólidos desempenha o papel de receber, processar, embalar e temporariamente armazenar os rejeitos sólidos, incluindo resinas e lamas radioativas.

#### 2.2.4 Unidade Móvel de Confinamento (UMC)

A UMC servirá para fornecer acesso à seção do reator do SCPN, possibilitando a manutenção dos sistemas nucleares e a operação de troca de combustível nuclear. A UMC está planejada para ficar localizada fora dos diques quando não estiver em operação, porém com capacidade de oferecer assistência aos submarinos quando atracados nos Diques 1 e 2 [12].

É importante frisar que a UMC não terá a função de armazenar materiais nucleares ou radioativos. No entanto, quando em uso, desempenhará um papel crucial ao apoiar o transporte desses materiais. A UMC servirá como ponto de ligação entre o compartimento do reator dos SCPN e o Prédio Principal do CME, criando um ambiente controlado para a

realização de transporte ou transferência de elementos combustíveis, equipamentos, peças sobressalentes e pessoal [12].

A UMC foi concebida com o objetivo de cumprir diversos propósitos essenciais como armazenamento temporário de ferramentas robustas, componentes de grande porte e dispositivos de troca de combustível; facilitação da manipulação e transferência de componentes, ferramentas móveis e efluentes; garantia da entrada e saída de materiais e indivíduos, sem comprometer o confinamento; e todos os aspectos de proteção radiológica tanto para o ambiente circundante quanto para os profissionais que operam na área sob controle [12].

Por meio dessas funcionalidades, a UMC desempenhará um papel crítico no suporte às operações nucleares, oferecendo condições seguras e controladas para as tarefas relacionadas à manutenção do SCPN e à troca de combustível nuclear [12].

#### 2.2.5 Prédio de Armazenamento Inicial de Rejeitos (PAIR)

O PAIR é uma instalação projetada com o propósito específico de realizar o armazenamento inicial dos rejeitos radioativos do SCPN e também aqueles resultantes das diversas atividades realizadas no CME. O principal desígnio dessa instalação consiste em proporcionar a capacidade de estocagem e supervisão de rejeitos que se caracterizam por apresentar níveis relativamente baixos e médios de atividade radioativa. Esta instalação está planejada para ocupar uma área situada no limite norte do CME, encontrando-se adjacente à área dos cais [12].

### **3 METODOLOGIA**

A fim de alcançar os objetivos deste estudo, será realizada uma análise das regulamentações presentes no 10 CFR Parte 830, com o intuito de avaliar sua adequação e abrangência no contexto do CME. Todas as normas contidas no regulamento serão lidas e submetidas a uma análise para determinar em que medida elas permitem abordar as particularidades associadas à manutenção e operação do CME, considerando os sistemas nucleares do SCPN.

Ao longo desse processo de análise, serão identificadas as seções pertinentes do 10 CFR Parte 830 que tratam de temas como segurança radiológica, gestão de resíduos, proteção da equipe e medidas de mitigação. A partir dessa identificação, será conduzida uma comparação entre essas regulamentações e as particularidades específicas do CME.

Além disso, será conduzida uma verificação da compatibilidade entre as regulamentações do 10 CFR Parte 830 e as normas e regulamentações da CNEN brasileira, levando em consideração as particularidades da legislação local e suas implicações específicas.

Todas as etapas de análise serão documentadas detalhadamente, e as conclusões serão baseadas na comparação entre essas regulamentações internacionais e as necessidades do CME, considerando os sistemas nucleares do SCPN.

## 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao analisar as funções do CME no atendimento ao SCPN e as disposições do 10 CFR 830, encontrou-se, em concordância com o proposto neste trabalho, a Ordem Executiva 12344, que estabelece o Programa de Propulsão Nuclear Naval dos Estados Unidos [14].

Neste documento é estabelecido o Programa de Propulsão Nuclear Naval, sendo definido como um programa integrado executado por duas unidades organizacionais, uma constituída no U.S.DOE e outra no Departamento da Marinha.

As funções do Programa Naval de Propulsão Nuclear (NNPP), que está diretamente ligado ao U.S.DOE, incluem exercer supervisão direta sobre os laboratórios de energia atômica, a instalação central expedida e as plantas de protótipos de reatores utilizados em embarcações navais. Realizar pesquisas, desenvolvimento, projetos, aquisições e construções de usinas de propulsão nuclear naval, assim como garantir a inspeção, instalação, certificação, testes, revisões e práticas operacionais. Isso inclui também o gerenciamento de componentes das usinas e instalações de manutenção especializada. Priorizar a segurança dos reatores e centrais de propulsão nuclear naval, mantendo controle sobre a radiação e radioatividade associadas a essas atividades. Isso envolve estabelecer normas e regulamentos para proteger o meio ambiente, a segurança e a saúde de trabalhadores, operadores e do público em geral. Além de providenciar treinamento especializado, incluindo aquele conduzido nos reatores protótipos navais do Departamento de Energia. E, auxiliar na seleção, treinamento, qualificação e designação de pessoal, tanto para cargos subordinados ao diretor quanto para aqueles que supervisionam, operam ou mantêm usinas de propulsão nuclear. Por fim, deve gerenciar a administração do NNPP, incluindo a supervisão do suporte ao programa em áreas como segurança, salvaguardas nucleares, transporte, comunicação pública, aquisições, logística e gestão financeira [14].

Segundo este mesmo documento, o NNPP é um programa subordinado ao U.S.DOE, que é responsável por supervisionar e gerenciar as atividades nucleares na Marinha dos Estados Unidos. O U.S.DOE opera de acordo com um conjunto de regulamentações e diretrizes que incluem o 10 CFR Parte 830, que é o Código de Regulamentos Federais dos Estados Unidos, Título 10, Parte 830 [14].

O 10 CFR Parte 830 estabelece requisitos para a gestão de segurança nuclear em instalações do U.S.DOE e atividades associadas. Esses requisitos abrangem diversos aspectos, como controle de riscos, operações seguras, treinamento, gerenciamento de resíduos radioativos



e garantia de qualidade. Devido ao fato de o NNPP estar subordinado ao U.S.DOE, ele também está sujeito aos regulamentos estabelecidos no 10 CFR Parte 830 [14].

Portanto, o NNPP, como parte do U.S.DOE, deve aderir e seguir as disposições do 10 CFR Parte 830 em suas instalações e operações. Isso é fundamental para garantir a segurança, conformidade regulatória e integridade das atividades nucleares conduzidas pelo programa, incluindo a operação de reatores nucleares em submarinos da Marinha dos Estados Unidos. O cumprimento rigoroso do 10 CFR Parte 830 contribui para a segurança dos trabalhadores, a proteção do público e a prevenção de incidentes nucleares [14].

A orientação normativa do U.S.DOE, quando comparada com aquela de uma planta comercial de geração de energia, como a Comissão Reguladora Nuclear dos Estados Unidos (U.S.NRC) prevê níveis de risco correspondentes, não expondo a saúde do público e de trabalhadores a consequências não admissíveis. Tal circunstância evidencia-se a medida em que a base normativa do U.S.DOE utiliza normatização aplicável, nos EUA, à área civil, podendo a U.S.NRC atuar como um regulador externo do U.S.DOE [15] e [16]. Assim, desde que seja implementada devidamente e consistentemente, a base normativa do U.S.DOE é similar à da U.S.NRC e adequada para garantir a segurança do público e do meio ambiente, sendo mais aderente às características do projeto do CME.

Há também a diretriz DOE-O-420.1C – “Facility Safety” [17] que estabelece equivalência dos requisitos de segurança das instalações do U.S.DOE para o NNPP, que, traduzida para o português, é:

“Equivalência. Em conformidade com as responsabilidades e autoridades atribuídas pelo Decreto Executivo (E.O.) 12344, Programa de Propulsão Naval Nuclear, codificado nos Códigos dos Estados Unidos (U.S.C.) Seções 2406 e 2511, e para garantir consistência por meio do Programa de Propulsão Naval Nuclear conjunto da Marinha/DOE, o Administrador Adjunto para Reatores Navais (Diretor) implementará e supervisionará os requisitos e práticas relacionados a esta Diretiva para atividades sob a jurisdição do Diretor, conforme considerado apropriado.”[17]

Considera-se também que, tanto o NNPP quanto o CME têm um foco significativo em relação ao desenvolvimento, operação e manutenção de submarinos de propulsão nuclear, mas eles pertencem a contextos diferentes e estão associados a diferentes marinhas. A relação entre os dois pode ser considerada em relação à:

### **1) Propulsão Nuclear:**

NNPP: É um programa dos Estados Unidos que é responsável pelo desenvolvimento e operação de reatores nucleares para propulsão de navios, incluindo submarinos.

CME: É uma instalação da Marinha do Brasil que apoia o PROSUB, que visa a construção e operação de submarinos nucleares.

## **2) Desenvolvimento e Operação:**

NNPP: Tem a responsabilidade de projetar, desenvolver, construir, operar e manter os reatores nucleares que impulsionam os submarinos nucleares da Marinha dos Estados Unidos.

CME: Possui um papel semelhante, fornecendo suporte em solo para o PROSUB, incluindo a construção, manutenção, carregamento de reatores e operação de submarinos nucleares da Marinha do Brasil.

## **3) Suporte Técnico:**

NNPP: Supervisiona laboratórios e instalações envolvidos no desenvolvimento e suporte técnico de reatores nucleares navais nos Estados Unidos.

CME: Oferece instalações e suporte técnico para o PROSUB, incluindo manutenção, docagem, carregamento de reatores e outras atividades relacionadas.

## **4) Treinamento e Segurança:**

NNPP: Está envolvido no treinamento de pessoal para operar reatores navais nucleares com segurança e eficácia.

CME: Desempenha também um papel no treinamento de pessoal para operar submarinos nucleares com segurança, garantindo a conformidade com padrões rigorosos de segurança nuclear.

## **5) Gestão de Resíduos:**

NNPP: é responsável por gerenciar resíduos radioativos resultantes da operação dos reatores nucleares.

CME: Lida com a gestão de resíduos radioativos gerados pela operação dos submarinos nucleares, garantindo que sejam tratados de forma segura e em conformidade com regulamentações.

## **6) Objetivos Nacionais:**

NNPP: Apoia à Marinha dos Estados Unidos em seu objetivo de manter uma frota de submarinos nucleares altamente avançados.

CME: Auxilia à Marinha do Brasil no desenvolvimento de tecnologia e capacidade de operar submarinos nucleares, fortalecendo sua posição no cenário naval global.

Embora pertençam a diferentes países e tenham contextos específicos, tanto o NNPP quanto o CME desempenham funções semelhantes para a operação segura e eficaz de submarinos com propulsão nuclear, contribuindo para a capacidade naval e estratégica de suas respectivas marinhas. Como o NNPP deve seguir as premissas do 10 CFR Parte 830, e embora no Brasil possa não haver um regulamento exatamente equivalente ao 10 CFR Parte 830, o CME pode aproveitar os princípios de gestão de segurança e as melhores práticas delineadas no regulamento como uma orientação valiosa para suas operações. A falta de um regulamento específico no Brasil não significa que os padrões de segurança nuclear não sejam aplicáveis ou necessários, a segurança nuclear é uma preocupação global e intensa, e as práticas de gestão e operação seguras podem ser adaptadas e implementadas independentemente das regulamentações específicas de um país. Portanto, o CME pode se beneficiar ao incorporar os princípios e diretrizes de segurança do 10 CFR Parte 830 como um padrão referencial para garantir operações seguras, eficazes e ambientalmente responsáveis em suas instalações relacionadas a submarinos de propulsão nuclear, assim como garantido pelo NNPP.

Ao passo que o CME passe a utilizar as diretrizes dessa normativa ele será contemplado com parâmetros estritamente não prescritivos ou seja, a 10CFR830 considera o risco específico da instalação, permitindo assim que ocorra uma abordagem gradual proporcional ao nível de risco sem impor requisitos conservadores e exagerados para o CME, reduzindo assim a burocracia e custos.

## 5 CONCLUSÃO

A relação entre o NNPP e o CME reflete a importância da propulsão nuclear naval para as respectivas marinhas dos Estados Unidos e do Brasil e o quão necessário é o suporte normativo em relação à esse contexto. O NNPP, subordinado ao U.S.DOE, dos EUA, é responsável pelo desenvolvimento e operação de reatores nucleares em submarinos, seguindo as diretrizes do 10 CFR Parte 830. Por sua vez, o CME, como parte do Programa de Desenvolvimento de Submarinos com Propulsão Nuclear do Brasil, busca atender a altos padrões de segurança e operação eficiente.

Enquanto o 10 CFR Parte 830 serve como uma referência normativa nos Estados Unidos, o CME pode beneficiar-se dos princípios e melhores práticas estabelecidos nesse regulamento, adaptando-os à realidade regulatória brasileira. A segurança nuclear transcende fronteiras e regulamentações específicas, e o compromisso com a gestão segura, manutenção eficaz e eliminação responsável de resíduos radioativos é uma prioridade para ambos os programas.

Ao adotar princípios comprovados de segurança e operação, o CME pode solidificar sua posição como uma instalação de referência no desenvolvimento e operação de submarinos nucleares. O diálogo entre programas como o NNPP e o PROSUB contribui para um intercâmbio de conhecimentos e melhores práticas, visando a excelência operacional e a segurança na operação de sistemas de propulsão nuclear naval. Em última análise, ambas as iniciativas buscam garantir a proteção dos trabalhadores, do público e do meio ambiente, mantendo os mais altos padrões de integridade e segurança nas atividades nucleares em ambas as marinhas.

### 5.1 Considerações Finais

Com uma visão voltada para o horizonte, o PROSUB demanda dedicação contínua, esforços incansáveis e investimentos substanciais para atingir os próximos marcos contratuais aguardados. Entre esses, estão o aguardado lançamento do "Tonelero" (S-42) em 2023 e do "Angostura" (S-43) em 2024. Impulsionada pelo cerne motivador do programa "a Amazônia Azul" a Marinha envereda profundamente no campo da tecnologia, buscando realizar a ambição maior: a construção do "Álvaro Alberto" (SCPN), que será o pioneiro submarino convencionalmente armado com propulsão nuclear, tendo seu lançamento planejado para ocorrer em 2037 em paralelo à construção do CME.

## 5.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

Seguem, então, algumas sugestões para possíveis trabalhos futuros, levando em consideração o estudo apresentado:

Explorar as diferentes formas de cooperação internacional que podem ser estabelecidas entre programas como o NNPP e o PROSUB. Investigar os benefícios mútuos, os desafios e as melhores práticas para a colaboração em tecnologias nucleares navais a fim de estabelecer uma normativa nacional sobre a questão. Explorar os mecanismos de governança e regulamentação que garantem a segurança e conformidade dos programas de propulsão nuclear naval, analisando como diferentes nações abordam essas questões. Analisar como o PROSUB influencia a formulação das políticas de defesa nacional do Brasil. Avaliar como a capacidade de submarinos nucleares afeta a postura estratégica do país em relação a cenários regionais.

Investigar os desafios e oportunidades na formação acadêmica e capacitação de especialistas em ciências nucleares e engenharia, necessários para atender às demandas do PROSUB e programas similares. Explorar avanços em materiais que possam ser aplicados na construção de submarinos nucleares, considerando sua resistência a radiações, propriedades mecânicas e durabilidade em ambientes marítimos extremos.

Analisar como a diplomacia desempenha um papel crucial na cooperação entre nações em programas de propulsão nuclear naval. Examinar os tratados, acordos bilaterais e multilaterais que regem essas parcerias.

## REFERÊNCIAS

- [1] Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM). Almirante Álvaro Alberto e o desenvolvimento da energia nuclear na Marinha. **Revista do Clube Naval**, v. 2, n. 402, 2022.
- [2] Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM). Entrevista Almirante de Esquadra PETRONIO Augusto Siqueira de Aguiar. **Revista do Clube Naval**, v. 2, n. 402, 2022.
- [3] JONES, C. G. *The US Nuclear Regulatory Commission radiation protection policy and opportunities for the future*. **Journal of Radiological Protection**, vol. 39, n. 4, 2019.
- [4] PATRICK, F.; MUNOZ, J.; RESTREPO, L.; TINGEY, J.; LOUIE, D. **Nuclear Facility Safety at The United States Department of Energy (No. Sand2020-1686c)**. Sandia National Lab. (SNL-NM), Albuquerque, NM (United States), 2020.
- [5] 10 CFR. “Title 10 of the CFR” U.S. Code of Federal Regulations. Disponível em: <<https://www.ecfr.gov/current/title-10>>. Acesso em: 18 ago.2023.
- [6] JARVIS, J.; LAGDON, R.; CAHILL, T.; VANDERPOEL, L. **BUILDING A BETTER NUCLEAR LICENSING PROCESS**. *Transactions, Smirt-25*, Charlotte, NC, USA, August 4-9, 2019 Division X.
- [7] SEN, S. K. **APPLYING QUALITY ASSURANCE IN SOFTWARE ACQUISITION AND DEVELOPMENT**. *Transactions, Smirt-24*, BEXCO, Busan, Korea - August 20-25, 2017 Division D6-S11.
- [8] 10 CFR 830. “Part 830 - Nuclear Safety Management” U.S. Code of Federal Regulations. Disponível em: <<https://www.ecfr.gov/current/title-10/chapter-III/part-830>>. Acesso em: 21 ago.2023.
- [9] HAN, Z.; POPE, R. B.; LIU, Y. Y.; SHULER; J. M. *Quality Assurance for Radioactive Material Packaging*. In: **19th International Symposium on th Packaging and Transportation of Radioactive Materials**. PATRAM 2019 August 4–9, 2019, New Orleans, LA, USA.
- [10] GERSTNER, D. M.; PARRY, J. R.; BROUSSARD, D. J.; MOON, B. L.; LAPORTA, A. W.; FORSHEE, C. P.; HARRISON, L. J.; CONLEY, M. L. *Safety Strategy and Update of the TREAT Facility Safety Basis*, **Nuclear Technology**, vol. 205, n. 10, pp. 1266-1289, 2019.
- [11] KETUSKY, E.; ENGLAND, J.; WATKINS, R.; SHULER, J. **Differing Approaches to the Same Destination: SRS vs. Hanford Transportation Safety Document and Onsite Transportation Program – 17142**. In: *WM2017 Conference, March 5–9, 2017, Phoenix, Arizona, USA*.

- [12] BRASIL. Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear. **Documento EBN-CTM-5000G90-RAG-1001 de 12 de maio de 2023 – ESTRATÉGIA DE SEGURANÇA DO PROJETO.**
- [13] SOBREIRO, A. J. *Desenvolvimento de um plano preliminar de descomissionamento de um navio com uma planta de potência nuclear embarcada.* 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2021.
- [14] *THE WHITE HOUSE. Executive Order 12344--Naval Nuclear Propulsion Program.* 1982, última revisão em 15 de agosto de 2016. Disponível em: <<https://www.archives.gov/federal-register/codification/executive-order/12344.html>>. Acesso em: 29 ago. 2023.
- [15] *UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION – USNRC. NUREG-1708 – External Regulation of Department of Energy Facilities – A Pilot Program,* 1999.
- [16] *UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. GAO/T-RCED-98-205 – Clear Strategy on External Regulation Needed for Worker and Nuclear Facility Safety.* Washnigton, D.C.
- [17] *UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. DOE-O-420.1C-Chg3 (LtdChg) – Facility Safety.* Washnigton, D.C., 2019.