

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
GESTÃO DE EMERGÊNCIAS E DESASTRES NATURAIS E HUMANOS

HUGO OLIVEIRA DE ANDRADE MARTINS

**O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS NA GESTÃO DE EMERGÊNCIAS**

Rio de Janeiro

2024

## RESUMO

As usinas nucleares garantem diversos benefícios para a indústria em diferentes países e dotaram o Brasil de novas capacidades, atualmente necessárias para importantes projetos do setor, tanto no âmbito civil como militar setores. No entanto, é uma área com grande complexidade e com grande riscos de acidentes ou ameaças, sendo preciso desenvolver ações estratégicas para proteção de incidentes que possam ocorrer no futuro. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo principal investigar como as funções, tarefas e procedimentos da tropa de Fuzileiros Navais podem ser melhor empregadas em gestão de emergências das Usinas Nucleares no Brasil. Com isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, qualitativa e descritiva em livros, artigos científicos, monografias, leis, documentos, sites e notícias relacionados ao tema da pesquisa. Como resultado, verificou-se que as usinas são áreas de importância para a Defesa Nacional e precisam de medidas de gestão e coordenação e o envolvimento de vários atores. Assim, para gerir as emergências que possam ocorrer em usinas nucleares, é responsabilidade da Marinha do Brasil responder por possíveis acidentes que possam ocorrer nesta área. Nesse sentido, o Corpo de Fuzileiros Navais em conjunto com a Marinha proporcionam uma gestão eficiente para emergências nucleares e, com isso, realizam exercícios de resposta a emergências e segurança física nuclear com simulações em relação a um possível acidente que possa ocorrer nas usinas. Estratégias como mais capacitações, apoio de outros órgãos governamentais, investimento em tecnologias mais avançadas podem ajudar a aperfeiçoar mais as respostas às ameaças ou acidentes nucleares. No entanto, sabe-se que podem existir desafios em relação às melhorias do Corpo de Fuzileiros Navais, como questões financeiras, políticas, entre outras. Todavia, para vencer esses desafios é preciso entender que as ameaças ou acidentes podem causar muitos estragos e monitorá-los é a melhor solução para evitá-los.

**Palavras-chave:** Acidentes nucleares. Corpo de Fuzileiros Navais. Marinha do Brasil. Estratégias. Brasil.

## ABSTRACT

*Nuclear plants guarantee several benefits for the industry in different countries and have provided Brazil with new capabilities, currently necessary for important projects in the sector, both in the civil and military sectors. However, it is an area of great complexity and high risk of accidents or threats, and it is necessary to develop strategic actions to protect against incidents that may occur in the future. In this sense, this work's main objective is to investigate how the functions, tasks and procedures of the Marine Corps can be better used in emergency management at Nuclear Power Plants in Brazil. With this, a bibliographical, qualitative and descriptive review was carried out on books, scientific articles, monographs, laws, documents, websites and news related to the research topic. As a result, it was found that plants are areas of importance for National Defense and require management and coordination measures and the involvement of various actors. Therefore, to manage emergencies that may occur in nuclear plants, it is the responsibility of the Brazilian Navy to respond to possible accidents that may occur in this area. In this sense, the Marine Corps together with the Navy provide efficient management for nuclear emergencies and, therefore, carry out emergency response and nuclear physical safety exercises with simulations in relation to a possible accident that could occur at the plants. Strategies such as more training, support from other government bodies, investment in more advanced technologies can help to further improve responses to nuclear threats or accidents. However, it is known that there may be challenges in relation to improvements to the Marine Corps, such as financial and political issues, among others. However, to overcome these challenges it is necessary to understand that threats or accidents can cause a lot of damage and monitoring them is the best solution to avoid them.*

**Keywords:** Nuclear accidents. Marine Corps. Brazil's navy. Strategies. Brazil.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Usinas Angra I, II e III.....	12
<b>Figura 2</b> - Seção transversal da planta de Fukushima Daiichi, mostrando o nível de inundação .....	16

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BtlDefNBQR	Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica
BtlDefNBQR-ARAMAR	Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica de ARAMAR
BtlDefNBQR-Itaguaí	Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica – Itaguaí
CDefNBQR-MB	Centro de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica da Marinha do Brasil
CEA	Centro Experimental ARAMAR
CFN	Corpo de Fuzileiros Navais
CGCFN	Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais
CNAAA	Centro Nuclear Almirante Álvaro Alberto
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAE	Desativação de Artefatos Explosivos
DefNBQR	Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica
END	Estratégia Nacional de Defesa
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
EqRspNBQR	Equipe de Resposta NBQR
GptOpFuzNav	Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais
GSI/PR	Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República
MB	Marinha do Brasil
MD	Ministério da Defesa
OM	Organização Militar
PAEMB	Plano de Articulação e Equipamentos da Marinha
SGC-FN	Sistema de Gestão do Conhecimento
SINDEC	Sistema Nacional de Defesa Civil
SisDefNBQR-MB	Sistema de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica

TMI

USNRC

*Three Mile Island*

Comissão Reguladora Nuclear dos Estados Unidos

## SUMÁRIO

<b>2.</b>	<b>USINAS NUCLEARES</b> .....	10
2.1	HISTÓRICO DAS USINAS NUCLEARES BRASIL .....	11
2.2	OS ACIDENTES EM USINAS NUCLEARES .....	13
<b>2.2.1</b>	<b>O acidente de Three Mile Island</b> .....	13
<b>2.2.2</b>	<b>O acidente em Chernobyl</b> .....	14
<b>2.2.3</b>	<b>O acidente radiológico de Goiânia</b> .....	15
<b>2.2.4</b>	<b>O acidente em Fukushima</b> .....	16
<b>3.</b>	<b>O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS E A GESTÃO DE EMERGÊNCIAS</b> .....	19
3.1	FUNÇÕES, TAREFAS E PROCEDIMENTOS DA TROPA DE FUZILEIROS NAVAIS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>4.</b>	<b>ATUAÇÃO DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS EM EXERCÍCIOS DE EMERGÊNCIA NUCLEAR</b> .....	21
<b>5.</b>	<b>MELHORES ESTRATÉGIAS A SEREM EMPREGADAS NA GESTÃO DE EMERGÊNCIAS NUCLEARES</b> .....	23
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	24
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

A Estratégia Nacional de Defesa (END) afirma que uma das áreas tecnológicas mais importantes para a Defesa Nacional é a nuclear. A indústria nuclear possui características próprias, sendo altamente ação capilar e transversal, envolvendo tanto os setores civil quanto militar, com atividades se espalhando por diversos setores do país, abrangendo conceitos como desenvolvimento, segurança e defesa (BRASIL, 2020a).

O crescimento estratégico e o reconhecimento internacional da indústria energética nuclear brasileira, além de garantir diversos benefícios para a indústria em diferentes países, dotarão o país de novas capacidades atualmente necessárias para importantes projetos do setor, tanto no âmbito civil como militar setores (KASSENOVA; FLORENTINO; SPEKTOR 2014).

Assim, devido à complexidade, a demanda por uma liderança centralizada, precisando de rígida coordenação e integração de vários atores e área de conhecimento, a END atribuiu a defesa do setor nuclear a Marinha do Brasil (MB), a fim de desenvolver ações estratégicas para proteção de ameaças ou acidentes que possam ocorrer no futuro (BRASIL, 2020a).

Com isso, em 2009, o Ministério da Defesa (MD) publicou uma norma que descreve a conduta que se espera dos militares a Diretriz nº 14, de 2009, determinando a necessidade de integração e coordenação dos setores estratégicos de defesa, o MB foi encarregado de coordenar e integrar programas e atividades associadas ao setor de defesa nuclear. Nesta qualidade, a MB implementou o seu Sistema de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (SisDefNBQR-MB), que ajudou o país a ter os recursos e pessoal necessários para implementar as rigorosas regras de segurança determinadas na END (BRASIL, 2011).

Como resultado, o SistDefNBQR-MB tenta atender emergências de natureza nuclear, biológica, química e radiológica (NBQR), que sejam de natureza naval ou de ordem pública, em cooperação com o órgão nacional do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC). O Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) foi incumbido de acompanhar o funcionamento do SisDefNBQR-MB, supervisionar o recrutamento de militares e prepará-los para questões técnicas,

obtendo e mantendo os recursos utilizados no processo NBQR (BRASIL, 2011).

Nesse sentido, partindo dessas informações, este trabalho tem como objetivo principal investigar como as funções, tarefas e procedimentos da tropa de Fuzileiros Navais podem ser melhor empregadas em gestão de emergências das Usinas Nucleares no Brasil. Além disso, surgiu como pergunta norteadora da pesquisa: Como o Corpo de Fuzileiros Navais seria melhor empregado em gestão de emergências das Usinas Nucleares no Brasil?

Os objetivos intermediários são:

- a) Abordar sobre as usinas nucleares e o seu histórico no Brasil, além de descrever os principais acidentes ocorridos relacionados a essa indústria;
- b) Identificar as atribuições e responsabilidades da tropa de Fuzileiros Navais na resposta a emergências nucleares;
- c) Verificar as melhores estratégias a serem empregadas na gestão de emergências nucleares.

Para cumprir os objetivos do estudo foi realizada uma revisão bibliográfica, qualitativa e descritiva em livros, artigos científicos, monografias, leis, documentos, sites e notícias relacionados à Marinha do Brasil, ao Corpo de Fuzileiros Navais, a usinas nucleares e outros ligados ao tema da pesquisa.

A importância deste estudo é justificada pela relevância do papel desempenhado pelo Corpo de Fuzileiros Navais na gestão de emergências, especialmente em relação às usinas nucleares, que são um risco potencial para a população e o meio ambiente. Entender o papel do CFN nesse cenário é essencial para analisar a prudência da Marinha do Brasil diante de acidentes nucleares.

Por fim, este trabalho pretende mostrar a atuação do CFN na gestão de emergências no cenário das usinas nucleares, a fim de fornecer subsídios e conhecimento em relação assunto e tomada de decisão do estado em relação a possíveis ataques ou acidentes nessa área.

## 2. USINAS NUCLEARES

A energia elétrica produzida pelas usinas termonucleares é derivada da aplicação do átomo de urânio. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o núcleo do átomo passa por um processo de divisão que resulta na geração de energia, gerando calor que depois é transferido para a água nos reatores das usinas. As usinas termonucleares produzem vapor que movem geradores que produzem energia elétrica (ANEEL, 2011).

Como resultado, em um sistema de reator de água pressurizada, uma usina nuclear é composta principalmente de: combustível, barras de controle, vaso de pressão, pressurizador, gerador de vapor, gerador elétrico, condensador, vaso de contenção, bombas e criação do reator (HINRICHS *et al.*, 2010).

Diante disso, um reator nuclear é um dispositivo que abriga uma cadeia de reação nuclear que ocorre na fissão nuclear, enquanto uma usina nuclear é uma instalação industrial que produz eletricidade a partir da energia gerada pelo reator, podendo possuir um ou mais reatores (HINRICHS; KLEINBACH; REIS 2010; CALIJURI; CUNHA, 2013).

Durante o processo de aquisição do combustível, o urânio é submetido a uma complexa série de processos que resulta na concretização da usina termonuclear. O processo pode ser dividido em três grandes etapas: 1- mineração e beneficiamento, que envolve a extração dos minerais do meio natural e a unidade de beneficiamento para purificação e concentração produzindo uma forma de sal amarelo ( $U_3O_8$ ); 2- conversão, onde o sal amarelo é purificado e convertido para o estado gasoso (gás  $UF_6$ ); e 3- enriquecimento, caracterizado por um aumento na concentração de átomos de urânio 235 (normalmente de 0,7% para 4%) (ANEEL, 2011).

O núcleo atômico de urânio envolvido na criação nuclear é composto de minério de urânio. As reservas desse minério estão localizadas em 14 países diferentes, dos quais se destacam Austrália, Cazaquistão e Canadá, que juntos respondem por metade do volume total. O Brasil ocupa o 7º lugar na lista com 6% do volume total do mundo, mas apenas 25% do seu território é dedicado à busca de minério (ANEEL, 2011).

## 2.1 HISTÓRICO DAS USINAS NUCLEARES BRASIL

A primeira utilização da energia nuclear no Brasil ocorreu já em 1950, quando radioisótopos foram utilizados para fins médicos. Durante a década de 1960, sua popularidade aumentou nas indústrias brasileiras que envolviam controle de qualidade, produção e detecção de falhas em usinas nucleares (CARVALHO, 2012).

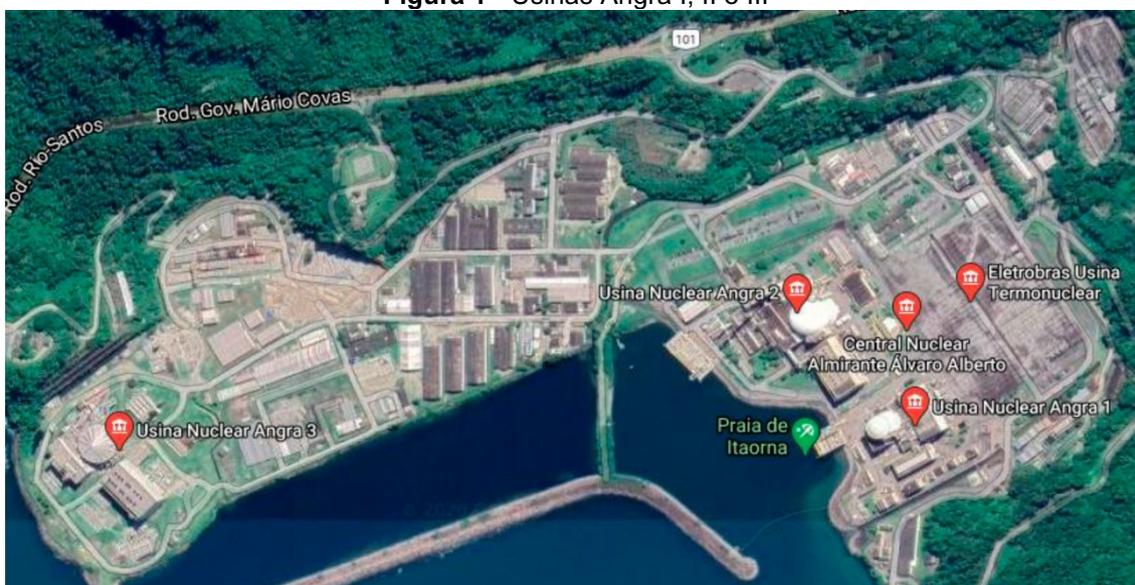
A construção da usina termonuclear Angra I foi considerada o maior compromisso com energia nuclear no Brasil. A origem do nome está associada ao local de sua criação, o município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro. O complexo nuclear brasileiro, concluído em 1985, recebeu o nome de Centro Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) e foi considerado um projeto benéfico para o desenvolvimento do país e da região (ELETRONUCLEAR, 2024).

De acordo com dados da Eletrobras Eletronuclear, empresa de economia mista responsável pela operação e construção de usinas termonucleares no Brasil, Angra I, tem capacidade de geração de energia de 640 MW, suficiente para abastecer uma cidade com um milhão de habitantes (ELETRONUCLEAR, 2024). Vale ressaltar que, em Angra I Antes da primeira fase de construção, foram feitos investimentos na aquisição de reatores, ultracentrífugas e outros componentes da usina nuclear, que apresentou avanços iniciais consideráveis na pesquisa, treinamento e domínio da tecnologia nuclear no Brasil (FERNANDES, 2021).

A construção da usina de Angra II teve início na década de 1980, após a operação de Angra I. Porém, na mesma década, foi sancionada a legislação ambiental e a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o que criou obstáculos à execução de a obra, com as licenças ambientais de operação e construção do empreendimento liberados somente em 2001 (ELETRONUCLEAR, 2024; SILVA, 2009). A Eletrobras Eletronuclear informou que a operação de Angra II teve como efeito a redução do volume de água nos reservatórios das hidrelétricas brasileiras, beneficiando a população da região sudeste do Brasil. Recentemente Angra II tem capacidade de produzir o dobro da potência de Angra I (ELETRONUCLEAR, 2024).

Por conta da regulamentação e de todos os processos burocráticos necessários para a obtenção das licenças ambientais e para a elaboração do relatório de impacto ambiental, a usina nuclear Angra III ainda está em fase de construção. Estima-se que, com a operação atual, a energia nuclear produzirá a mesma quantidade de energia que o consumo do estado do Rio de Janeiro, que é de aproximadamente 50% (ELETRONUCLEAR, 2024; SILVA, 2009). A figura 1 mostra uma imagem aérea das usinas em operação que são denominadas Angra I e II, e os planos futuros incluem Angra III no CNAEA em Angra dos Reis (FERNANDES, 2021).

**Figura 1 - Usinas Angra I, II e III**



**Fonte:** Fernandes, 2021.

A indústria brasileira de geração de energia nuclear é controversa, pois é um lado é formado por pessoas que defendem os benefícios, como a não liberação de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa e mudanças climáticas, existe também o argumento de que o potencial energético renovável do Brasil é comparável ao de outros países, e poderia ser pioneiro no desenvolvimento de um sistema elétrico que seja ao mesmo tempo econômico e ambiental. Assim, a verdade é que o Brasil já foi mencionado e possui duas usinas nucleares em operação, além de uma terceira planejada para o futuro, o que é significativo pelo seu conhecimento da química nuclear e de suas aplicações (FERNANDES, 2021).

## 2.2 OS ACIDENTES EM USINAS NUCLEARES

As preocupações com o uso da tecnologia nuclear para produção de energia elétrica estão ligadas principalmente ao potencial de acidentes graves em usinas nucleares, quando estes ocorrem, o potencial de danos às pessoas e ao meio ambiente é elevado, em decorrência da exposição a altas doses de radiação. Os principais acidentes envolvendo as usinas nucleares foram quatro: *Three Mile Island* nos Estados Unidos, em 1979; Chernobyl na Ucrânia, em 1986; Goiânia (Brasil), em 1987; e Fukushima no Japão, em 2011 (QUADROS, 2014). As próximas seções apresentam a descrição dos principais acidentes envolvendo usinas nucleares.

### 2.2.1 O acidente de Three Mile Island

A usina nuclear *Three Mile Island* (TMI), construída perto de Harrisburg, Pensilvânia, EUA, consiste em duas usinas nucleares equipadas com reatores de água pressurizada (PWRs). A unidade TMI-2 tem potência de 906 MWe e operava com 97% de potência no momento do acidente (QUADROS, 2014).

O acidente de *Three Mile Island* ocorreu em março de 1979, vários meses depois do início da operação comercial da unidade TMI-2, e foi causado devido a problemas de equipamento e erros de operação do reator. A bomba d'água que fornecia água ao gerador de vapor e ao circuito secundário falhou, causando o disparo da turbina geradora e o desligamento automático do reator (ANDRADE, 2006).

Logo, a pressão no circuito principal (a parte central do dispositivo) começa a aumentar. Para controlar a pressão, a válvula de descarga localizada na parte superior do regulador foi aberta. Quando a pressão caiu para um nível suficiente, a válvula não e continuou aberta. No entanto, os instrumentos na sala de controle indicaram aos operadores da planta que a válvula estava fechada, de modo que eles não perceberam que a água de resfriamento estava fluindo para fora da válvula. À medida que o refrigerante flui do sistema principal através das válvulas, outros instrumentos disponíveis ao operador do reator começam a fornecer informações enganosas (USNRC, 2004).

As mensagens de erro fizeram com que os operadores desligassem as bombas de água que alimentam o sistema, fazendo com que a temperatura central do reator subisse. As hastes do elemento combustível derreteram, liberando hidrogênio e adicionando calor. Um tubo do circuito principal se rompeu, fazendo com que milhões de litros de água radioativa vazassem para o prédio do reator. Além disso, gases radioativos foram liberados na atmosfera através de válvulas de segurança (ANDRADE, 2006).

O acidente TMI-2 é o acidente mais grave na história das operações comerciais de usinas nucleares nos Estados Unidos. Embora a Comissão Reguladora Nuclear dos EUA (USNRC) tenha declarado na época que a liberação de material radioativo não teve impacto detectável na saúde dos trabalhadores ou do público, o acidente provocou mudanças importantes no planejamento de resposta a emergências, no treinamento dos operadores do reator, na proteção contra radiação e muitas outras áreas de operações de usinas nucleares nos Estados Unidos e em todo o mundo (QUADROS, 2014).

### **2.2.2 O acidente em Chernobyl**

Em 1986, uma combinação de fatores levou ao pior acidente nuclear da história, ocorrido em uma central nuclear na cidade de Chernobyl, na Ucrânia, que fazia parte da extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. O acidente resultou na libertação de mais de 70 toneladas de material radioativo na atmosfera, criando uma nuvem tóxica que se espalhou por grande parte da Europa (PATRIOTA, 2022).

O incêndio no Reator 4 da Central Nuclear de Chernobyl durou 10 dias e resultou numa libertação sem precedentes de material radioativo, contaminando mais de 200 mil km<sup>2</sup> do território europeu que faz fronteira com a Bielorrússia, a Federação Russa e a Ucrânia (IAEA, 2008). Essa contaminação foi causada por uma nuvem radioativa de 100 milhões de curies, com níveis de radiação seis milhões de vezes maiores que os vazados no acidente de *Three Mile Island*. Existem relatos conflitantes sobre a causa do acidente, atribuídos a: violações das normas de manutenção da planta para realização de testes, falhas de projeto do reator RBMK, que não previam a possibilidade de violação

das normas de segurança; hastes de controle frágeis; falta de treinamento e inspeções do operador (ANDRADE, 2006).

As consequências do acidente ainda podem ser vistas atualmente nas ruínas da cidade abandonada de *Pripyat*, a cerca de três quilômetros do reator do acidente. Nikolai Omelyanets, vice-diretor da Comissão Nacional de Proteção Radiológica na Ucrânia, disse que entre os 2 milhões de vítimas causadas pelo acidente, pelo menos 500 mil pessoas morreram. Segundo ele, 34.499 pessoas envolvidas nas obras de Chernobyl morreram nos anos seguintes ao acidente, e o número dessas pessoas que morreram de câncer seria três vezes maior que do restante da população (PATRIOTA, 2022).

### **2.2.3 O acidente radiológico de Goiânia**

Em 1985, um centro particular de radioterapia em Goiânia no Brasil, transferiu suas operações para um novo local, abandonando uma unidade de radioterapia com uma cápsula de Césio-137, sem comunicar as autoridades responsáveis. Depois disso, parte das instalações antigas foram derrubadas. No dia 13 de setembro de 1987, dois indivíduos violaram o equipamento, retirando a fonte radioativa de césio e a levaram para residência, tentando desmontá-la. Partes da fonte foram vendidas como lixo e compartilhadas entre conhecidos e familiares, que se encantaram com o brilho do material. Isso levou à fiscalização de muitas casas e espaços públicos nos cinco dias seguintes (SANTOS; SILVA; CARDOSO, 2020).

Horas após o contato com o material, surgiram os primeiros sinais de infecção, como náuseas, vômitos e diarreia. As vítimas buscaram atendimento médico, porém receberam, em um primeiro momento, diagnósticos de doenças contagiosas. Depois de duas semanas, um cientista da região derrotada pela radiação e informou à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que pediu assistência à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) (IAEA; 1988; CURADO, 1996).

As autoridades construíram uma área de triagem no estádio olímpico, supervisionando 112.800 indivíduos e encontrando 249 com níveis anormais de contaminação, vinte pessoas necessitaram de cuidados hospitalares, sendo que uma delas precisou passar por uma amputação no antebraço, e quatro não

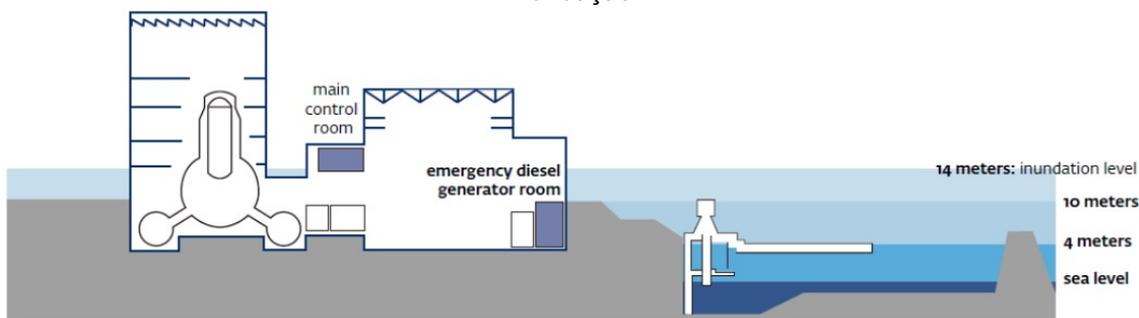
sobreviveram. Os médicos negaram-se a fazer autópsias devido ao perigo de contágio (CURADO, 1996).

A falta de divulgação de informações oficiais pelas autoridades atua em boatos, medo e desconfiança por parte da população (IAEA; 1988; HELOU; COSTA NETO, 2014). Apenas nas semanas seguintes um programa de comunicação pública foi elaborado, porém a cidade econômica foi marcada pelos preconceitos da sociedade externa (CURADO, 1996). Os efeitos psicológicos e físicos do acidente ainda estão presentes até hoje IAEA; 1988; (HELOU; COSTA NETO, 2014; PALESTINO; DIAS, 2014).

#### 2.2.4 O acidente em Fukushima

Em 11 de março de 2011, um poderoso terremoto de cerca de 8,9 na escala Richter ocorreu no Japão, provocando um *tsunami* que devastou a área de Fukushima, a 240 km da capital Tóquio, deixando cerca de 20 mil pessoas mortas ou desaparecidas. O *tsunami* atingiu a área da Central Nuclear de Fukushima *Daiichi*, que consiste em seis usinas nucleares com reatores de água fervente (BWRs) mantidos pela *Tokyo Electric Power Company*. Embora o centro estivesse protegido por uma barreira projetada para conter *tsunamis* de até 5,7 metros de altura, o centro foi atingido por uma onda de aproximadamente 14 metros de altura, aproximadamente 15 minutos após o terremoto (IAEA, 2011), conforme mostra a figura 2 (QUADROS, 2014).

**Figura 2** - Seção transversal da planta de Fukushima Daiichi, mostrando o nível de inundação



Fonte: NAIIC, 2012, p.14.

Quando ocorreu o terremoto, as unidades 1, 2 e 3 da usina nuclear estavam operando normalmente e as unidades 4, 5 e 6 estavam sendo

submetidas a inspeções regulares. Como resultado, foram iniciados encerramentos de emergência para as unidades 1, 2 e 3 imediatamente após o início da atividade sísmica. O terremoto danificou as instalações de transmissão, resultando na perda total de energia externa. O *tsunami* desencadeado pelo terremoto inundou os geradores de emergência a diesel, as bombas de resfriamento de água do mar e os sistemas de fiação elétrica, causando danos a toda a energia, exceto o gerador de emergência a diesel usado para resfriamento da unidade 6. Os desastres causados por inundações e terremotos também dificultaram a chegada de ajuda que deveria vir de outras áreas (NAIIC, 2012).

O acidente de Fukushima, classificado como Nível 7 (acidente grave) na Escala Internacional de Eventos Nucleares, deverá, tal como os acidentes anteriores, servir de impulso à aprendizagem e à inovação em todas as áreas da concepção, construção e operação de centrais nucleares. Apesar dos impactos econômicos e sociais inerentes a tais acidentes. Esta visão pode ser ilustrada pela missão preliminar realizada por peritos da AIEA no Japão, de 24 de Maio a 1 de Junho de 2011, cujo objetivo era realizar uma avaliação inicial, identificar lições preliminares aprendidas com o acidente de Fukushima, e outros países partilham esta informação ao Japão e a comunidade nuclear global, melhorando assim a segurança nuclear (AIEA, 2011).

As principais conclusões preliminares e lições aprendidas por estes especialistas foram que: (a) os riscos de *tsunami* são subestimados; (b) os projetistas e operadores nucleares devem analisar completamente o risco de qualquer evento natural e fornecer proteção com base em novas informações, experiências e conhecimentos (c) os requisitos de defesa em profundidade, separação física e redundância devem ser aplicáveis a eventos externos, tais como inundações extremas; (d) os sistemas regulatórios nucleares devem responder adequadamente a eventos e inundações externos; (e) na concepção, combinações de eventos externos extremos de longo prazo; os eventos devem ser totalmente previstos nas operações, recursos e medidas de resposta a emergências; (f) As instalações de emergência, especialmente aquelas na fase inicial, devem ser projetadas para lidar com acidentes graves (QUADROS, 2014).

A avaliação pós-acidente colabora para todo o ciclo de planejamento e atividades destinadas a melhorar as medidas de segurança nas instalações nucleares, incluindo a preparação e resposta a emergências. Nesse contexto, os acidentes em usinas nucleares têm a capacidade de proporcionar, em certa medida, a reformulação da perspectiva das pessoas sobre os riscos na adoção da tecnologia nuclear. Este novo entendimento pós-acidente facilitará uma nova ronda de esforços e desenvolvimentos de melhoria e terá um impacto nos processos de aprendizagem, inovação e comunicação no âmbito dos sistemas de preparação e resposta a emergências nucleares (QUADROS, 2014).

### 3. O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS E A GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

O Corpo de Fuzileiros Navais tem uma função crucial na coordenação de situações de emergência, principalmente em relação às usinas nucleares no território nacional. Segundo os documentos da Marinha, o CFN tem um Sistema de Gestão do Conhecimento (SGC-FN) para suprir as necessidades de informação sobre as operações dos Fuzileiros Navais, incluindo a resposta a emergências NBQR. Além disso, o Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais (CGCFN) faz parte do SisDefNBQR-MB que inclui organizações ligadas à espionagem e à reação a situações de emergência desse tipo (MEDEIROS, 2014).

O SisDefNBQR-MB é composto pelas estruturas organizacionais do MB que executam esforços práticos, logísticos, tecnológicos e científicos em relação à ameaça NBQR, sendo dividido em cinco níveis de atuação em caso de emergências NBQR. O primeiro nível dedica-se principalmente a responder às necessidades integradas à formação, ciência e tecnologia, inteligência, logística e operações que se destinam à prevenção de doenças. Como tal, abrange a formação fundamental e avançada dos militares acerca do sistema NBQR e o apoio técnico ao sistema NBQR (BRASIL, 2020b).

O segundo nível é dedicado a abordar as questões práticas associadas à detecção, identificação e descontaminação, através da criação de uma Equipe de Resposta NBQR (EqRspNBQR) em cada distrito naval. Este coletivo dispõe de equipamentos de proteção individual (EPI) (níveis A, B e C), dispositivos de detecção química, biológica e radiológica, assim como equipamentos de descontaminação, todos destinados à utilização em primeira instância da nuvem com o agente e discutir informações referentes à ocorrência de incidentes (BRASIL, 2020b; XERÉM; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2018).

O terceiro nível tem como objetivo cumprir os requisitos operacionais da resposta, implementando as seguintes ações: manter Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (BtlDefNBQR), na jurisdição do 1.º Distrito Naval (Com1ºDN), bem como a nível nacional. Além disso, em apoio ao plano de emergência complementar do Com1ºDN (PEC/1ºDN), que responde à solicitação do SIPRON em situação de emergência na Central Nuclear

Almirante Álvaro Alberto (CNAAA). Esta Unidade dispõe de componentes especializadas de defesa NBQR no apoio aos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav) e na realização de tarefas de reconhecimento, desinfestação de pessoal, material e de áreas passíveis de possíveis ataques ou acidentes, sendo todas inicialmente detectadas pelo DN EqRspNBQR (BRASIL, 2020b).

O quarto nível tem o objetivo de atender apenas as instalações sensíveis da MB, através do Batalhão de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica de ARAMAR (BtlDefNBQR-ARAMAR) e Itaguaí, Organização Militar (OM) que já está presente no Plano de Articulação e Equipamentos da Marinha (PAEMB), este possui capacidade autônoma para cumprir todos os requisitos operacionais do SisDefNBQR-MB (prevenção, detecção e resposta) no Centro Experimental ARAMAR (CEA) e ,respectivamente, na Base de Submarinos de Itaguaí. Em casos incomuns, como este, a OM poderá facilitar o suporte a eventos nos Complexos Navais aos quais está vinculado, sujeito à aprovação do Coordenador Geral do SisDeNBQR-MB e à manutenção das capacidades mínimas necessárias para responder ao NBQR emergências nestas instalações sensíveis. Para conseguir isso, é essencial considerar a manutenção de um abastecimento completo de suprimentos e a manutenção da educação permanente dos militares associados a essas OM (BRASIL, 2020b).

O quinto e último nível, representado pelo Centro de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica da Marinha do Brasil (CDefNBQR-MB), tem como propósito coordenar e integrar as atividades de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (DefNBQR), no âmbito da MB, estabelecendo um canal técnico e supervisionando funcionalmente as OM de DefNBQR da MB e os demais Comandos, OM e Órgãos integrantes do SisDefNBQR-MB, como também por meio de autorização, com organismos internacionais dos diferentes segmentos de DefNBQR. Além disso, é preciso também ficar em condições de coordenar e integrar essas mesmas atividades no âmbito do Ministério da Defesa (BRASIL, 2020b; XERÉM; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2018).

#### **4. ATUAÇÃO DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS EM EXERCÍCIOS DE EMERGÊNCIA NUCLEAR**

É evidente que a MB também juntamente com o CFN contribui com ações para gestão de emergência em usinas nucleares no Brasil. Sendo assim, a MB e o CFN realizam exercícios de emergência nuclear, como ocorreu em 2023 em Angra dos Reis, mostrando sua habilidade na preparação e reação a potenciais incidentes em usinas nucleares.

O Exercício Geral Integrado de Resposta a Emergências e Segurança Física Nuclear realizado em Angra dos Reis (RJ) já está em sua 29ª edição, com mais de mil militares das Forças Armadas (Marinha do Brasil, Exército Brasileiro e Força Aérea). O objetivo do Exercício Itaona é avaliar os procedimentos de evacuação em caso de acidente na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) e testar o desempenho e as capacidades dos órgãos e agentes responsáveis pelas operações de resposta (CERQUEIRA, 2023).

O exercício foi coordenado pelo Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI/PR), órgão central do sistema de proteção do programa nuclear brasileiro. O ministro-geral do GSI/PR, Marcos Antônio Amaro dos Santos, fiscalizou o treinamento. Também estiveram presentes o vice-almirante Renato Rangel Ferreira, comandante do Corpo de Fuzileiros Navais da esquadra, e o contra-almirante Neyder Camilo de Barros, representante da Direção Geral de Pessoal Naval (FAN, 2023).

O treinamento tem como objetivo analisar a estrutura de resposta a situações de emergência nas atividades da usina e identificar aspectos que possam melhorar e confirmar os procedimentos especificados no plano de emergência da CNAAA, destinados à proteção da população, do meio ambiente, da usina nuclear e os interesses dos seus colaboradores (PREFEITURA DE ANGRA DOS REIS, 2023).

A atividade realizada envolveu a ativação de diferentes níveis de centros de comando e controle para garantir uma resposta coordenada e adequada. Nesta edição foi desempenhando o papel de fiscalização e monitoramento, cumprindo nossas responsabilidades junto ao estado brasileiro e à Agência Internacional de Energia Atômica, a fim de proporcionar a melhor segurança

possível ao sistema de proteção do programa nuclear brasileiro (CERQUEIRA, 2023).

A programação foi constituída por várias ações como: acionamento de sistemas de alerta e alarme por meio de sirenes de emergência, evacuação aeromédica de vítima de acidente de rádio para o Hospital Naval Marcílio Dias, na capital fluminense; distribuição de kits de evacuação de iodeto de potássio CNAAA e planejamento de emergência para alguns moradores; na área; algumas pessoas foram concentradas em pontos de reunião e de embarque; utilização de veículos e drones para varrer um raio de 5 km da central nuclear; e amostras de solo, ar, água e vegetação em distintas localidades (FAN, 2023).

A Força Naval experimentou o Exercício Geral de Emergência Nuclear "Itaorna" em Angra dos Reis, mobilizando mais de 600 militares, navios, aeronaves e equipamentos. A Marinha liderou o exercício, unindo diversas entidades federais, estaduais e municipais no Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (CERQUEIRA, 2023).

A participação da MB, ao lado de outras entidades, proporciona a melhoria da coordenação e a eficácia do Sistema de Proteção do Programa Nuclear Brasileiro em casos de emergência nuclear. Os treinamentos capacitam as Forças Armadas do Brasil para colaborar com o governo em operações de evacuação, cuidados médicos, socorro e defesa da população e do meio ambiente.

Por fim, o treinamento prático dos militares em relação a emergências nucleares é de grande importância para capacitá-los e aperfeiçoar os procedimentos para responder de forma adequada caso sejam requisitados em suas OM e meios navais.

## **5. MELHORES ESTRATÉGIAS A SEREM EMPREGADAS NA GESTÃO DE EMERGÊNCIAS NUCLEARES**

Para lidar com emergências nucleares de forma eficaz, é necessário implementar estratégias abrangentes que envolvam a participação coordenada de vários órgãos e instituições. Com base nos dados provenientes dos resultados de pesquisa, algumas das estratégias mais eficazes podem ser sugeridas para melhorar os procedimentos de emergência.

A promoção de treinamentos periódicos e realistas que reproduzirem situações de acidentes nucleares e a evacuação das pessoas envolvidas para melhoria da eficiência das instituições e a prontidão em casos de emergência, como é o caso do CNAEA em Angra dos Reis.

O estabelecimento de centros de comando e controle em múltiplos níveis visando garantir a coordenação e a resposta solicitada. A cooperação entre entidades civis e militares, envolvendo o gerenciamento de situações de emergência, como a Marinha do Brasil, o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI/PR) e a Agência Internacional de Energia Atômica, entre outros.

É preciso ter sempre disponível e garantir que todos os EPIs, dispositivos de monitoramento de radiação e materiais de descontaminação estejam disponíveis e em condições operacionais para equipamentos e recursos adequados. Além disso, proporcionar novas tecnologias de detecção, monitoramento e descontaminação de possíveis ameaças ou acidentes envolvendo NBQR.

A contínua participação da MB e do CFN, mantendo sempre o preparo dos militares para resposta a emergências em usinas nucleares é de grande importância para assegurar todos os procedimentos necessários para a proteção da população. Assim, é fundamental implementar táticas que incluam treinamentos, simulações, colaboração interagências, envolvimento da Marinha e dos Fuzileiros Navais, e a criação de procedimentos operacionais adequados.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo investigar como as funções, tarefas e procedimentos da tropa de Fuzileiros Navais podem ser melhor empregadas em gestão de emergências das Usinas Nucleares no Brasil. Com isso, foi realizada uma revisão da literatura, a fim de levantar informações sobre as usinas nucleares, o seu histórico no Brasil, os principais acidentes envolvendo usinas, as atribuições e responsabilidades da tropa de Fuzileiros Navais na resposta e as melhores estratégias a serem empregadas na gestão de a emergências nucleares.

Sendo assim, verificou-se que as usinas são áreas de importância para a Defesa Nacional e precisam de medidas de gestão e coordenação e o envolvimento de vários atores. Os principais acidentes que podem ser mencionados em relação a usinas nucleares de Three Mile Island nos Estados Unidos, em 1979; Chernobyl na Ucrânia, em 1986; Goiânia (Brasil), em 1987; e Fukushima no Japão, em 2011.

Assim, para gerir as emergências que possam ocorrer em usinas nucleares, é responsabilidade da MB responder por possíveis acidentes que possam ocorrer nesta área. Nesse sentido, o CGCFN tem a função de comandar e controlar o SisDefNBQR-MB para responder às ameaças NBQR. O CGCFN é responsável por acompanhar o funcionamento do SisDefNBQR-MB e dos recursos para operações de NBQR, além de modernizar, manter, fornecer e desenvolver procedimentos de segurança para áreas e instalações utilizadas para defesa de NBQR.

O CFN em conjunto com a MB proporciona uma gestão eficiente para emergências nucleares e, com isso, realiza exercícios de resposta a emergências e segurança física nuclear com simulações em relação a um possível acidente que possa ocorrer nas usinas. Nesse sentido, treinamento prático de militares é de grande importância para capacitá-los acerca de procedimentos de resposta a indecentes.

Estratégias como mais capacitações, apoio de outros órgãos governamentais, investimento em tecnologias mais avançadas podem ajudar a aperfeiçoar mais as respostas às ameaças ou acidentes nucleares. No entanto, sabe-se que podem existir desafios em relação às melhorias do CFN, como

questões financeiras, políticas, entre outras. Todavia, para vencer esses desafios é preciso entender que as ameaças ou acidentes podem causar muitos estragos e monitorá-los é a melhor solução para evitá-los.

Por fim, observou-se que a MB e o CFN tem uma importante missão referente à Defesa Nacional e possui meios aptos para a resposta a emergências nucleares.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia Nuclear**. Rio de Janeiro: ANEEL, 2011. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ANDRADE, Ana Maria Ribeiro de. **A opção nuclear: 50 anos rumo à autonomia**. Rio de Janeiro: MAST, 2006. 192p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **Portaria nº 83 de 5 de maio de 2011**. Dispõe sobre a implantação do SistDefNBQR-MB. Brasília, DF: Ministério da Defesa. 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: Ministério da Defesa, 2020a. Disponível em: <[https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado\\_e\\_defesa/pnd\\_end\\_congresso\\_.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2024.

\_\_\_\_\_. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **Publicação CGCFN-10.3. Manual de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2020b.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. The role of nuclear energy in Brazil. **Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 293-308, 2012.

CERQUEIRA, Thaís. Marinha integra Exercício Geral de Emergência Nuclear em Angra dos Reis. **Agência Marinha de Notícias**, Rio de Janeiro, 1 ago. 2023. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/agenciadenoticias/marinha-integra-exercicio-geral-de-emergencia-nuclear-em-angra-dos-reis>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

CURADO, M. P. The communication of radiological risk to populations exposed to a radiological accident: considerations concerning the accident in Goiânia. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 68, n.3-4, p. 6-283, 1996.

ELETRONUCLEAR. **Angra I**. Rio de Janeiro: Eletronuclear, 2024. Disponível em: <<https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-1.aspx>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

FERNANDES, Daniella Rodrigues *et al.* Energia Nuclear: Importância, conceitos químicos e estrutura das usinas nucleares. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 635-649, 2021.

FAN, Ricardo. Marinha integra Exercício Geral de Emergência Nuclear em Angra dos Reis. **Defesa net**, 22 ago. 2023. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/naval/marinha-integra-exercicio-geral-de-emergencia-nuclear-em-angra-dos-reis/>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

HELOU, S; COSTA NETO, S. B. Césio-137: história do acidente e atuação da psicologia. *In*: Helou S. (Org.). **Césio-137**: consequências psicossociais do acidente de Goiânia. 2. ed. Goiânia: UFG; 2014. p. 13-29.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e meio ambiente**. 4. ed. Editora [s. l.]: Cengage Learning, 2010.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Radiological accident in Goiania**. Vienna: IAEA; 1988. Disponível em: <[https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub815\\_web.Pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub815_web.Pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2024

\_\_\_\_\_. **Chernobyl**: Looking back to go forward. Vienna: IAEA, 2008. 246 p. Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/33119/CLBGF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

\_\_\_\_\_. **IAEA international fact finding expert mission of the nuclear accident following the great East Japan Earthquake and Tsunami**: Preliminary Summary. Vienna, 2011. Disponível em: <<http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/missionsummary010611.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

KASSENOVA, T.; FLORENTINO, L. P.; SPEKTOR, M. **Brazil's Nuclear Kaleidoscope**: An Evolving Identity. Washington, USA: Carnegie Endowment for International Peace, 2014.

MEDEIROS, Anderson da Costa. **O Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais e o Sistema de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica da Marinha do Brasil**: os benefícios para a sociedade brasileira. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia)– Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2014.

NATIONAL DIET OF JAPAN FUKUSHIMA NUCLEAR ACCIDENT INDEPENDENT INVESTIGATION COMMISSION. **Report**. Executive summary. Japan: NAIIC, 2012.

PALESTINO C. S. F.; DIAS F. P. Aspectos sociais dos vinte anos desde o acidente radiológico com césio-137. *In*: Helou, S. (Org.). **Césio-137**: consequências psicossociais do acidente de Goiânia. 2. ed. Goiânia: UFG; 2014. p. 120-33.

PATRIOTA, Marcio Pragana. Breve histórico da Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica na Marinha do Brasil. **Defesa NBQR em Revista**, [s. l.], n. 2, p. 5-30, 2022.

PREFEITURA DE ANGRA DOS REIS. **Primeiro dia do exercício de emergência nuclear**. Rio de Janeiro: Prefeitura de Angra dos Reis, 2023. Disponível em: <[https://www.angra.rj.gov.br/noticia.asp?IndexSigla=imp&vid\\_noticia=66094](https://www.angra.rj.gov.br/noticia.asp?IndexSigla=imp&vid_noticia=66094)>. Acesso em: 11 jul. 2024.

QUADROS, André Luiz Lopes. **Aprendizagem, inovação e comunicação: a dinâmica evolutiva de um Plano de Emergência**. 2014. 271 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Comunicação, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2014.

SANTOS, Mario Theophilo da Rocha; SILVA, Marcos Vinicius de Castro; CARDOSO, Telma Abdalla de Oliveira. Sistema de Comando de Incidentes e comunicação de risco: reflexões a partir das emergências nucleares. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. spe 2, p. 98-114, jul. 2020.

SILVA, Gláucia. Expertise e participação da população em contexto de risco nuclear: democracia e licenciamento ambiental de Angra 3. **Revista de Ciências Sociais**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 3, p. 771-805, 2009.

UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION - USNRC. **Effective risk communication: the nuclear regulatory commission's guidelines for internal risk Communication**. Jan. 2004. (NUREG/BR-0308, Guidance Document). Disponível em: <<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/brochures/br0308/br0308.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

XERÉM, Márcio da Mota; GONÇALVES, Alessandro Braga; OLIVEIRA, Laura Alves das Neves. **Laboratório Fixo de Análises Químicas da Marinha do Brasil: Sua importância para o Brasil**. O Anfíbio: Rio de Janeiro, 2018.