UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL
MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL

KELLEN STEPHANY BATISTA MARQUES

SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE EMERGÊNCIA EXTERNO: UM ESTUDO PARA O COMPLEXO NAVAL DE ITAGUAÍ

NITERÓI

2019

KELLEN STEPHANY BATISTA MARQUES

SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE EMERGÊNCIA EXTERNO: UM ESTUDO PARA O COMPLEXO NAVAL DE ITAGUAÍ

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de gestão para a redução de riscos de desastres

Orientador: Prof. Dr. Airton Bodstein de Barros

Co- orientador: Prof. Msc. Paulo Werneck de Carvalho

NITERÓI

2019

KELLEN STEPHANY BATISTA MARQUES

SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE EMERGÊNCIA EXTERNO: UM ESTUDO PARA O COMPLEXO NAVAL DE ITAGUAÍ

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos. Linha de Pesquisa: Instrumentos de gestão para a redução de riscos de desastres

Aprovada em 16 de agosto de 2019.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Airton Bodstein de Barros , DSc
Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof.. Paulo Werneck de Carvalho, MSc
Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof. Leonardo Braga Martins, MSc
Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof. Jesus Domech Moré, DSc
IBMEC Rio de Janeiro

M357s Marques, Kellen Stephany Batista
Subsídios para Elaboração de Plano de Emergência Externo : Um estudo para o Complexo Naval de Itaguaí / Kellen Stephany Batista Marques ; Airton Bodstein de Barros, orientador ; Paulo Werneck de Carvalho, coorientador. Niterói, 2019.
140 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

DOI: http://dx.doi.org/10.22409/PPGDSC.2019.m.06996013631

1. Emergências radiológicas e nucleares. 2. Plano de emergência. 3. Complexo Naval de Itaguaí. 4. Submarino com propulsão nuclear. 5. Produção intelectual. I. Barros, Airton Bodstein de, orientador. II. Carvalho, Paulo Werneck de, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Faculdade de Direito. IV. Título.

CDD -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de sempre alçar novos voos.

À minha família pelo amor e constante apoio, sobretudo minha irmã Stephany, revisora crucial deste trabalho.

Ao Renato pelo carinho e compreensão, sobretudo na fase final deste trabalho.

Aos professores DSc. Airton Barros, MSc. Paulo Werneck pela orientação, ensinamentos e atenção para conclusão deste trabalho.

Ao professor CF (CA) Braga Martins pelo apoio para o ingresso no curso, bem como para sua conclusão aceitando fazer parte da banca de defesa.

Ao professor e amigo DSc. Jesus Domech Moré pelo apoio para o ingresso no curso, por aceitar fazer parte da banca julgadora, por me orientar de diversas formas desde 2014 e, sobretudo, pela amizade.

Aos colegas de trabalho CMG Linhares, CMG Lessa, CF Rafael Dutra, CC Guilherme, Engenheira Renata, Físico Tob, Engenheiro Mário, Bióloga Vivian, Engenheiro Vetorazzi e demais colegas da Amazul e Marinha do Brasil pelo incentivo, apoio e ajuda com materiais informativos e didáticos.

Ao colega de classe Coronel Márcio Romano e ao Major Edérson pelo apoio e informações concedidas na Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro.

Aos amigos: Márlen, Aline, Jussara, Luciana, Karina, Tatyanna, Alessandra, Mariana, Jefferson e Luciano pelo apoio e amizade de sempre.

Às amigas de classe Hilana, Renata e Lucélia pela compania e amizade durante e após o curso. Elas tornaram a jornada mais leve e agradável, com certeza!

Aos outros colegas de classe pelos momentos de aprendizado colaborativo e também de descontração.

RESUMO

O Brasil possui uma área de aproximadamente 5,7 milhões de quilômetros quadrados repletos de riquezas naturais, além de concentrar cerca de 95% (noventa e cinco por cento) de seu comércio exterior por via marítima. Para patrulhar e defender esta região, as Águas Jurisdicionais Brasileiras, a Marinha do Brasil está desenvolvendo e construindo um submarino com propulsão nuclear e uma base naval com uma área radiológica para sua operação e manutenção no município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro. Para este avanço tecnológico, a Marinha do Brasil, os governos municipal, estadual e federal e a Defesa Civil deverão estar preparados em termos de segurança, já que a área passará a sofrer riscos tecnológicos como o de um acidente radiológico e nuclear. Uma boa preparação pode melhorar substancialmente a resposta para uma possível emergência, que, por sua vez, envolve muitas organizações que devem ter responsabilidades e arranjos bem definidos. Dessa forma, este trabalho busca fornecer subsídios para a elaboração do Plano de Emergência Externo para a região do Complexo Naval de Itaguaí.

Palavras- chave: emergências radiológicas e nucleares, plano de emergência, Complexo Naval de Itaguaí, submarino com propulsão nuclear.

ABSTRACT

Brazil has an area of approximately 5.7 million square kilometers of maritime zone of natural resources and about 95% of its ferign trade has been done by the sea. To patrol and defend this region, the Brazilian Juridical Sea, the Brazilian Navy has been developing and constructing a submarine with nuclear propulsion and a naval base with a radiological area for its operation and maintenance in the city of Itaguaí placed in Rio de Janeiros's State. However, for this technological improvement, the Brazilian Navy, the municipal, state and federal governments and Civil Defense must be prepared in terms of safety. The region of Itaguaí will become vulnerable to technological risks such as radiological and nuclear issues. A good plan can improve the emergency response, which involves many organizations that must have clear responsibilities and arrangements. Thus, this study aims to offer subsidies to the construction of the External Emergency Plan for the Itaguaí Naval Complex.

Keywords: radiological and nuclear emergencies, emergency plan, Itaguaí Naval Complex, nuclear power submarine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Submarino com Propulsão Nuclear Brasileiro. 30
Figura 2: Amazônia Azul. 34
Figura 3: Projeto da área radiológica do EBN. 37
Figura 4: Vista esquemática do Estaleiro e Base Naval de Itaguaí.. 38
Figura 5: Vista a partir do Mar do Estaleiro e Base Naval de Itaguaí. 39
Figura 6: Mapa da região da Costa Verde Fluminense e do Rio de Janeiro. 42
Figura 7: Gestão da segurança em sistemas sociotecnológicos 47
Figura 8: Quadro COBRADE. 64
Figura 9: Delimitação da área de resposta 73
Figura 10: Passos para elaboração de Planos de Emergência. (Fonte: BRASIL, 2017). 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis genéricos de intervenção para ações de proteção urgentes. 71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Acidentes em navios com propulsão nucleares em bases navais 56
Quadro 2: Dados introdutórios 91
Quadro 3: Fase de Prevenção 95
Quadro 4: Fase de Mitigação e Preparação 101
Quadro 5: Fase de Resposta 111
Quadro 6: Fase de Reconstrução 121
Quadro 7: Exemplo de matriz de responsabilidade para o PEE do CNI 137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIN - Superintendência Regional da Agencia Brasileira de Inteligência

AgNSNQ - Agencia Naval de Segurança Nuclear e Qualidade

AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica

AIP - *Air Independent Propulsion*

CALON -Comitê de Articulação nas Áreas de Segurança e Logística do Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro

CAOA - Coordenadoria Adjunta de Operações Aéreas

CBMERJ - Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro

CCCEN- Centro de Coordenação e Controle de Emergência Nuclear

CDBG-DR – Community Development Block Grant – Disaster Recovery

CEMADEN – Centro Estadual de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CESTGEN - Centro Estadual para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear

CICC – Centro Integrado de Comando e Controle

CIEN - Centro de Informações de Emergência Nuclear

CML -Comando Militar do Leste

CNAAA - Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto

CNAGEN - Centro Nacional para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

CNI - Complexo Naval de Itaguaí

CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa

CNUDM - Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

CML - Comando Militar do Leste

CONPDEC - Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil

COPREN/AR - Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear no Município de Angra dos Reis)

COPREN/RES - Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear no Município de Resende

COPRON - Comissão de Coordenação da Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro)

CPDC - Cartão de Pagamento de Defesa Civil

CPI - Comissão Parlamentar de Inquerito

CRS - Complexos Regionais de Segurança

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DGDEC – Departamento Geral de Defesa Civil

EBN- Estaleiro e Base Naval de Itaguaí

ECP – Estado de Calamidade Pública

EOP- *Emergency Operations Plan*

EPI - Equipamento de Proteção Individual

FCN - Fábrica de Combustíveis Nucleares

FUNCAP - Fundo Especial para Calamidades Públicas

GGC – Gabinete de Gestão de Crise

GSR - *General Safety Requirement*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICRP - *International Comitee on Radiological Protection*

IDH – índice de Desenvolvimento Humano

IEA - Instituto de Energia Atômica

III COMAR -Terceiro Comando Aéreo Regional

INB -Industria Nuclear Brasileira

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,

JCGE -Junta de Coordenação Geral de Emergência

LEPLAC - Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira

LOCA - *Loss of Coolant Accident*

MARPOL - Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios

MB - Marinha do Brasil

MDB - Movimento Democrático Brasileiro

MN - Milhas Náuticas

MW- Megawatt

NAE: Níveis de Ação de Emergência

NNPP -*Naval Nuclear Propulsion Program*

NORTAM - Normas Técnicas Ambientais da Autoridade MarítimaNUCLEP - Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A

NSSS- Nuclear Steam Supply System

OES – Office of Emergency Services

OL - Órgão Licenciador

ONU – Organização das Nações Unidas

PCERJ - Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro

PEC -Planos de Emergência Complementares

PEE - Plano de Emergência Externo

PEL - Plano de Emergência Local

PEM - Plano e Emergência PIB – Produto Interno Bruto

PMERJ -Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro

PCERJ -Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro

PNB - Programa Nuclear Brasileiro

PNID - Política Nacional da Indústria de Defesa

PNM - Programa Nuclear da Marinha

PNPDEC- Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PROSUB - Programa de Desenvolvimento de Submarinos

PRF – Polícia Rodoviária Federal

PSE - Plano para Situações de Emergência

PWR - *Pressurized Water Reactor*

REDEC – Regional de Proteção e Defesa Civil

SAOA – Subsecretaria Adjunta de Operações Aéreas do Estado do Rio de Janeiro

SAMU- Serviço de Atendimento Móvel de Urgência

S-BR - Submarino Brasileiro

SCO - Sistema de Controle e Operações

SE – Situação de Emergência

SEAS – Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade

SEASDH -Secretaria de Estado de Assistência Social e Direitos Humanos

SEDEC – Secretária de Estado de Defesa Civil

SEDEC/MINTER - Secretaria de Defesa Civil do Ministério do Interior

SEEDUC -Secretária de Estado de Educação

SEOBRAS - Secretaria de Estado de Obras

SEDEC – Secretária do Estado de Defesa Civil

SETRANS – Secretaria do estado de transportes do Rio de Janeiro

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

SIEDEC- Secretaria Estadual de Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro

SINDEC – Sistema Nacional de Defesa Civil

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SIPRON - Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro

SN-BR – Submarino Nuclear Brasileiro

TNP -Tratado de Não Proliferação

UDC – Unified Disaster Council

USAEC - Energia Atômica dos Estados Unidos

USP – Universidade de São Paulo

ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

ZPE - Zona de Planejamento de Emergência

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15
1.1 Objetivos 16
1.2 Justificativa 17
1.3 Metodologia e estrutura do trabalho 19
2. CONTEXTUALIZAÇÃO 21
2.1 O desenvolvimento da indústria nuclear brasileira 21
2.2 O primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro 27
2.3 As Águas Jurisdicionais Brasileiras 32
2.4 A região da Baía de Sepetiba e o Complexo Naval de Itaguaí 34
2.5 Impactos da instalação do Complexo Naval em Itaguaí e região 40
3. GESTÃO DE RISCOS RADIOLÓGICOS E NUCLEARES 44
3.1 Conceitos fundamentais de Segurança 44
3.2 Riscos sociotecnológicos 45
3.3 Riscos oriundos da operação de Submarinos com Propulsão Nuclear 49
3.4 Acidentes em bases navais envolvendo navios com componente nuclear 54
3.5 Efeitos da radiação para os seres vivos 59
4. EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS E NUCLEARES E REFERENCIAL NORMATIVO 62
4.1 O papel da Defesa Civil na gestão de riscos e prevenção de desastres 62
4.2 A estrutura de emergências nucleares e radiológicas no Brasil 66
4.3 Estabelecimento e gestão de operações de emergência nuclear ou radiológica 69
4.4 Referencial normativo 73
4.4.1 CNEN NE 1.04 76
4.4.2 CNEN NN 1.16 78
4.4.3 CNEN NE 1.24 79
4.4.4 CNEN NE 1.26 82
4.4.5 CNEN NN 3.01 83
5. ESTUDO COMPARATIVO DE PLANOS DE EMERGÊNCIAS EXTERNOS 85
5.1 Elaboração de Planos de Emergência 85
5.2 Introdução ao Plano 90
5.3 Fase de Prevenção 93
5.4 Fase de Mitigação e Preparação 98

5.5 Fase de Resposta 109
5.6 Fase de Reconstrução 120
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 126
6.1 Conclusão 126
6.2 Recomendações para trabalhos futuros 129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 131
ANEXO 137

1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro, além de superfície terrestre, engloba uma área marítima onde são desenvolvidas as atividades pesqueiras, o comércio exterior e a exploração de recursos biológicos e minerais. O mar é o caminho de aproximadamente 95% das exportações e importações brasileiras, além de conter cerca de 85% de todo petróleo nacional. Esse território de subsolo marinho extremante rico é denominado Amazônia Azul e cobre uma área de 3,5 milhões de quilômetros quadrados.

Com o intuito de atender os interesses do Estado de proteção do território nacional e garantir sua soberania no mar, desde a década de 70 o Estado brasileiro tem interesse de construir um submarino com propulsão nuclear (CORREA, 2010). O poder naval [1] brasileiro necessita de meios para quatro tarefas básicas: controlar áreas marítimas, negar o uso do mar ao inimigo, projetar poder sobre a terra e contribuir para dissuasão estratégica (GUIMARÃES, 1999). A incorporação de navios com propulsão nuclear, como submarinos, confere a qualquer nação um meio com características ímpar de mobilidade, discrição, permanência, poder de combate e credibilidade.

Nesse sentido, em 18 de dezembro de 2008 o decreto 6.703 foi assinado oficializando a transferência de tecnologia entre Brasil e França, viabilizando a produção de quatro submarinos convencionais - classe *Scorpene* francesa modificados (S-BR), a fabricação do primeiro submarino brasileiro com propulsão nuclear (SN-BR), a construção de uma base de submarinos e de um estaleiro em Itaguaí, no Estado do Rio de Janeiro), através do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), gerenciado pela Marinha do Brasil.

A aplicação de energia nuclear na propulsão de submarinos deve, no entanto, atender a princípios básicos de proteção e segurança estabelecidos por órgãos especializados como a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA – *International Atomic Energy Agency*), e os órgãos responsáveis de cada país, como a CNEN (Comissão de Energia Nuclear) no Brasil.

[1] Poder Naval é constituído pelas forças navais, aeronavais e de fuzileiros navais, as bases navais e posições de apoio, a estrutura logística, administrativa e de comando e controle e forças e meios de apoio não orgânicos da Marinha de Guerra (especialmente os meios aéreos), quando vinculados ao cumprimento de sua missão e submetidos a algum tipo de orientação, comando e controle naval (LUIS, 2015)

Considerando o risco de liberação de produtos perigosos para fora das instalações industriais, independentemente de sua natureza, é necessário que o Plano de Emergência Externo contemple todos os possíveis impactos que abrangem o território que pode ser afetado. Todas as ameaças de sua operação devem ser identificadas por uma análise de risco prévia e as ações de resposta para cada uma delas definidas, além de estabelecer as atribuições e responsabilidades de cada agente, bem como da população do entorno visando a mitigação dos efeitos causados por possíveis desastres.

O objetivo final das ações de preparação e resposta a emergências e desastres é a minimização das consequências, incluindo as ações de resposta, de assistência humanitária, de recuperação e reabilitação e de reconstrução. Para isso, é necessária a identificação dos potenciais eventos e a elaboração de planos de contingência adequados.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral fornecer subsídios e relacionar informações úteis para a elaboração do Plano de Emergências Externo que contemple resposta às emergências oriundas da operação do submarino brasileiro de propulsão nuclear no Complexo Naval de Itaguaí (CNI).

Como objetivos específicos, citam-se:

a) descrever as instalações do Complexo Naval de Itaguaí (CNI), em particular os aspectos relacionados à segurança nuclear e aqueles que impactam, positiva ou negativamente, a gestão de riscos não nucleares;
b) identificar os riscos que envolvem a operação de submarinos com propulsão nuclear em Bases Navais que contenham instalações radiológicas;
c) descrever as normas de segurança existentes no Brasil e no âmbito internacional que se aplicam ao licenciamento e operação de Bases Navais que contenham instalações radiológicas ou nucleares;
d) comparar o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro[2] e o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro - para o caso de

[2] O Estado do Rio de Janeiro possui um Plano de Emergência Externo (PEM) de caráter geral e planos anexos específicos para distintas situações de desastre, como o Plano de Emergência Externo aplicado à Emergência Nuclear nas Instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA).

Emergência Nuclear nas Instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - com o Plano de Emergências Externo do condado de San Diego nos Estados Unidos.

1.2 Justificativa

O desenvolvimento de um empreendimento sociotecnológico [3] acarreta, invariavelmente, mudanças na região escolhida. De acordo com a Marinha do Brasil (2018), com a construção do Submarino com Propulsão Nuclear Brasileiro e todo o Complexo Naval de Itaguaí, há uma expectativa de aumento da população da região, o que inclui militares e funcionários civis para compor a força de trabalho do empreendimento. Tal incremento de população será de extrema importância para o desenvolvimento econômico da região. Contudo, o empreendimento fatalmente virá acompanhado de riscos ao entorno, o que aumenta a necessidade de ações de proteção.

Carvalho (2015) afirma que esse tipo de desenvolvimento tecnológico demanda ações integradas das instalações, do poder público e da própria população visando a mitigação dos efeitos causados pela possibilidade de desastres tecnológicos.

Cabe aos órgãos de proteção e defesa civil e demais órgãos de apoio elaborarem planos de emergência integrados para a resposta e proteção aos trabalhadores e à população do entorno, da mesma maneira ao meio ambiente nos casos de acidentes que possam liberar produtos nocivos além dos limites de suas instalações (CARVALHO, 2015).

Na elaboração e implantação de planos de resposta e na gestão de emergências na área nuclear ou radiológica, há inúmeras dificuldades e desafios, visto que é uma atividade complexa e não rotineira. Isso se caracteriza pelo número de organizações, pessoas e interesses envolvidos, tanto quanto pela multiplicidade de suas relações que se desenvolvem durante a situação de emergência ou desastre.

[3] Empreendimento sociotecnológico, também denominado como sociotécnico, é um sistema no qual sua operação ocorre interação complexa entre homem e máquina num contexto social, o que gera variabilidade deixando-o sujeito a falhas humanas (LINHARES, 2016).

A Lei 12.608 de 2010, que institui a Política Nacional de Defesa Civil, prevê o monitoramento dos eventos nucleares e radiológicos, dentre outros potencialmente causadores de desastres, bem como a elaboração de Planos de Emergência, o mapeamento de riscos, a realização de exercícios simulados e a conscientização da população.

O SIPRON, Decreto-Lei nº 1.809 de 1980, é responsável por assegurar o planejamento integrado, a ação conjunta e a execução continuada de providências que visem a atender às necessidades de segurança do Programa Nuclear Brasileiro (PNB), assim como o planejamento e coordenação das ações, em situação de emergência nuclear, para salvaguardar as pessoas envolvidas na operação das instalações nucleares[4] e na guarda, manuseio e transporte dos materiais nucleares; a população e o meio ambiente situados nas proximidades das instalações nucleares; e as instalações e materiais nucleares.

Ambas as instituições, Defesa Civil e SIPRON, com o apoio normativo da CNEN, desenvolveram e têm aprimorado ações de resposta a emergências radiológicas e nucleares no país.

Considerando-se o ineditismo do desenvolvimento de um submarino com propulsão nuclear no Brasil e de seu complexo radiológico, o tratamento desse tipo de risco é relativamente recente no país. É importante ressaltar que somente seis (6) países possuem essa tecnologia no mundo (Estados Unidos, Rússia, Inglaterra, França, China e Índia), o que caracteriza a não trivialidade de seu desenvolvimento. Dentre esses países, apenas Índia não utiliza a tecnologia nuclear no seu sistema de armamento, sendo apenas utilizada para propulsão, da mesma forma que prevê o projeto brasileiro.

Dessa forma, este estudo se justifica pela carência de trabalhos específicos sobre elaboração de Planos de Emergências para bases navais aparelhadas com áreas radiológicas, sobretudo no Brasil.

Este estudo pode, portanto, prover ao Estado do Rio de Janeiro, aos órgãos de proteção e defesa civil na esfera municipal, estadual e federal e à Marinha do Brasil

[4] Instalação nuclear é onde o material nuclear é processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes. Entende-se como instalação radioativa, o local onde produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação. (CNEN NN 3.01, 2014).

subsídios úteis para a elaboração de um Plano de Emergências Externo que contemple resposta às emergências oriundas da operação do submarino de propulsão nuclear brasileiro no Complexo Naval de Itaguaí (CNI).

1.3 Metodologia e estrutura do trabalho

Este trabalho pode ser classificado como um estudo qualitativo que apresenta uma pesquisa aplicada sobre as normas vigentes, seguido de um estudo comparativo entre documentos práticos existentes relativos ao tema proposto.

Dessa forma, ele está dividido em seis (6) capítulos e um (1) anexo, que objetivam apresentar aspectos teóricos e práticos relacionados ao seu desenvolvimento.

O Capítulo um (1) é uma introdução ao trabalho, a qual apresenta e situa esta dissertação em um contexto global através da explanação de sua motivação, justificativa e objetivo.

O Capítulo dois (2) trata de uma contextualização sobre o desenvolvimento da energia nuclear no Brasil, a construção do primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro bem como o Complexo Naval de Itaguaí e suas implicações.

O Capítulo três (3) identifica através da literatura conceitos fundamentais de segurança assim como os riscos existentes que envolvem a operação de submarinos com propulsão nuclear, seja ao ser humano ou ao meio ambiente, sobretudo quando atracados em base naval. São apresentados também acidentes ocorridos no mundo em bases navais envolvendo submarinos com propulsão nuclear.

O Capítulo quatro (4) apresenta o papel da Defesa Civil na gestão de riscos e prevenção de desastres, a estrutura nacional para atendimento a emergências, bem como o referencial normativo nacional e internacional existente sobre operação de instalações radiológicas ou nucleares.

O Capítulo cinco (5) apresenta um estudo comparativo entre o Plano de Emergências Externo do condado de San Diego nos Estados Unidos (EOP- *Emergency Operations Plan*), região que contém uma usina de geração nuclear e uma base naval

para navios com propulsão nuclear, o Plano e Emergência do Estado do Rio de Janeiro (PEM-RJ) e o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (PEE-CNAAA), além de sugestões de elaboração do Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro para o caso de emergência radioativa e nuclear ns instalações do Complexo Naval de Itaguaí.

O Capítulo seis (6) apresenta as considerações finais, bem como indicações para estudos futuros.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 O desenvolvimento da indústria nuclear brasileira

Na década de 1930 o Brasil iniciou suas primeiras pesquisas na área nuclear na então recém-criada Universidade de São Paulo (USP), com envolvimento de pesquisadores estrangeiros. Entretanto, somente a partir de 1945, com a explosão da bomba atômica em Hiroshima, o governo brasileiro passa a demonstrar interesse em tal setor. Disso adveio, o envolvimento dos militares que contou como primeiro representante o almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva, responsável por levar propostas ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), fundado em 1951, e tendo o mesmo como primeiro presidente.

O primeiro acordo nuclear brasileiro foi com os Estados Unidos, em 1945, que visando resguardar-se quanto ao abastecimento de elementos radioativos, previa a exportação de areia monazítica que contém Tório, um elemento utilizado em processos nucleares na obtenção de plutônio, na região do Espirito Santo. Na presidência do CNPq, o almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva propunha um maior controle sobre as exportações de areia monazítica, exigindo uma compensação específica, ou seja, uma transferência de tecnologia nuclear ao Brasil em troca das exportações, o que não ocorreu devido a desarranjos políticos internos (KUMAROTO E APPOLONI, 2001).

Apesar disso, o Almirante Álvaro não desistiu de trazer progresso tecnológico à área nuclear brasileira e em 1953 ele acertou secretamente a compra de três (3) ultracentrífugas da Alemanha para enriquecimento de urânio, mas elas foram apreendidas pelos Estados Unidos antes de chegarem ao Brasil, devido a suposto vazamento de informações.

Nesse contexto, o Brasil continuou apenas exportando a areia monazítica e recebia em troca trigo americano, o que em 1956, com a eleição de Juscelino Kubitschek, começa a ser fortemente criticado, com o movimento nacionalista. Nesse mesmo ano foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

De acordo com Kumaroto e Appoloni (2001), em 1959, no governo de Jânio Quadros, surgem planos para a instalação de um reator nuclear em Mambucaba no Estado do Rio de Janeiro, o qual maior parte da tecnologia aplicada deveria ser nacional, visando o desenvolvimento de uma indústria nuclear brasileira. Para tal, foi escolhido o urânio natural como combustível, pois o Brasil possuía grandes reservas de tório, utilizado na produção de urânio 233, o que também não se concretizou em função da renúncia do presidente Jânio Quadros.

Em 1968, a CNEN assina um convênio com a Eletrobrás, designando à Furnas (subsidiária da Eletrobrás) a construção de uma usina nuclear em Angra dos Reis, também no Estado do Rio de Janeiro. Contrapondo as ideias nacionalistas do início da década 1960, em 1971, o Brasil, assinou contratos de compra de um reator da *Westinghouse Electric Corporation*, grupo norte-americano. Em 1972, a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos (USAEC) aprovou o fornecimento de combustível nuclear para a primeira usina nuclear do Brasil, Angra 1 (KUMAROTO E APPOLONI, 2001).

Nos anos seguintes, a crise do petróleo em 1973, a expansão do mercado internacional de reatores nucleares e a brusca decisão dos Estados Unidos de suspender, em 1974, o fornecimento do urânio enriquecido para novas usinas, impulsionaram o governo brasileiro a redefinir sua política nuclear e a adotar uma postura mais arrojada que visava à construção, no país, de centrais nucleares responsáveis pelo desenvolvimento das diversas etapas do ciclo de produção de energia nuclear (COSTA, 2018).

Dessa forma, em 1975, no governo de Ernesto Geisel, firmou-se o acordo nuclear Brasil-Alemanha, que foi mantido em segredo inicial devido às circunstâncias desfavoráveis criadas pelo ambiente hostil aos planos nucleares de países desenvolvidos (COSTA, 2018). Quando revelado, este acordo sofreu severas críticas dentro e fora do país, no plano ecológico, político e econômico. De acordo com Correa (2010), uma das grandes preocupações externas era o fato de o Brasil não ter assinado o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP, em julho de 1968, como entendimento de que o domínio da tecnologia nuclear era elemento chave para o desenvolvimento do país em uma potência, política, econômica e militar mundial.

Internamente, a forte crítica ao Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, tanto por parte da comunidade científica, quanto da sociedade de uma maneira geral, inclusive do Poder Legislativo, teve como consequência mais agravante a construção de apenas duas (2) das oito (8) centrais nucleares previstas. O acordo com a Alemanha, apesar de não incluir a opção pela tecnologia do urânio enriquecido, permitia ao Brasil desenvolver essa tecnologia dentro do país.

Face a isso, em 1979, os militares brasileiros começaram a desenvolver, paralelamente, o Programa Nuclear da Marinha (PNM), com o propósito de dominar o ciclo do combustível nuclear além de desenvolver e construir uma planta nuclear de geração de energia elétrica. Nesse contexto, aprofundou-se a ideia de o Brasil desenvolver tecnologias nucleares de propulsão para navios, já colocada em pauta no fechamento do Acordo Nuclear Brasil - Alemanha.

Àquela época, devido à precariedade de recursos e ao atraso científico tecnológico, o Brasil, que, apesar de rico em minerais radioativos, somente poderia desenvolver um reator de propulsão nuclear em território nacional por meio de acordo assinado com os alemães (CORREA, 2010). Entretanto, as desconfianças internacionais, os aspectos políticos e econômicos conduziram a Marinha do Brasil a adotar uma postura limitada à aquisição de conhecimentos científicos e técnicos que serviriam de base para o desenvolvimento de um programa futuro do seu meio naval com propulsão nuclear.

O Programa Nuclear Brasileiro no governo de Ernesto Geisel enfrentou diversas represálias, o que incluiu uma comissão parlamentar de inquérito (CPI) fomentada pelo MDB (Movimento Democrático Brasileiro) iniciada com o processo de abertura política brasileira. As críticas se relacionavam ao seu custo, à improcedência da justificativa da suposta inexistência de potencial hidrelétrico nacional em longo prazo, dentre outras. Isso, acrescido das crescentes pressões dos EUA, tornou o programa secreto na Marinha do Brasil, mas foi incorporado oficialmente a Nuclebrás (CORREA, 2010).

É importante salientar que no início da década de 1980 o Brasil passou por uma crise econômica e precisou decidir entre a compra de armamentos convencionais e o desenvolvimento tecnológico. A área nuclear foi priorizada, sendo desenvolvida pela Marinha com apoio do IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), embora

no ambiente político de redemocratização brasileira, o seu desenvolvimento estivesse cada vez mais levantando desconfianças, devido ao aporte dos recursos destinados à USP.

Conforme Correa (2010) mesmo na clandestinidade, expressa por um Programa Nuclear Paralelo, com apoio do Governo de João Figueiredo, as Forças Armadas Brasileiras continuaram seus estudos sobre energia nuclear, e a Marinha do Brasil ficou dedicada ao desenvolvimento da tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação, o que veio a ocorrer em dezembro de 1981. Em 1984, o Brasil realizou a primeira operação de enriquecimento de urânio pelo sistema de cascata onde obteve sucesso.

Com a abertura política do Brasil em 1985, o presidente eleito Tancredo Neves mostrou-se favorável ao desenvolvimento da tecnologia nuclear, o que foi seguido pelo seu sucessor após sua morte, José Sarney.

Em 1985, iniciou-se a construção de um centro científico- tecnológico em Iperó na região de Sorocaba, São Paulo, onde seria construído o protótipo do reator que seria utilizado no futuro submarino com propulsão nuclear brasileiro. Tal empreendimento possibilitou o desenvolvimento da região, com a construção de estradas, novas linhas telefônicas, reforço policial, saneamento na área urbana e a construção de um hospital da região (CORREA, 2010).

Em meados de 1987, após as primeiras centrífugas já terem sido testadas por bastante tempo, o governo decidiu tornar público seus êxitos tecnológicos na área nuclear, anunciando oficialmente o domínio pelo Brasil da tecnologia de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação, um avanço positivo para toda nação.

Todavia, o Programa continuou encontrando resistência no final da década de 1980, sobretudo após o acidente radiológico de Goiânia, no final de 1987[5], que mostrou o despreparo de toda sociedade brasileira para lidar com a questão nuclear. A

[5] Em 1987 em Goiânia uma cápsula de césio-137, abandonada nos escombros do antigo Instituto Goiano de Radiologia (IGR) foi removida por dois sucateiros, violada e vendida como ferro-velho. Entre a retirada da cápsula da clínica em ruínas e a descoberta do fato pelas autoridades, dezenas de moradores de Goiânia conviveram com um material radioativo, e, como consequência, registrou-se a morte de 4 pessoas, a amputação do braço de outra e a contaminação, em maior ou menor grau, de mais de 200 pessoas (XAVIER et al, 2006).

comunidade internacional reiterou que o uso da tecnologia pelo Brasil deveria ser apenas para fins pacíficos.

A ideia de se desenvolver um submarino com propulsão nuclear brasileiro continuou em pauta, principalmente, quando na Guerra das Malvinas em 1982, ficou evidente a estratégia da Inglaterra na tática empregada pelo uso dos submarinos nucleares para negação do uso do mar juridicamente argentino. Conforme Freedmam (2005), em maio de 1982 o navio cruzador argentino (C-4) “General Belgrano” foi afundado por dois torpedos lançados pelo submarino nuclear S-48 britânico, o que acarretou a perda de 323 vidas e do navio.

Nessa mesma época a Marinha do Brasil decidiu construir submarinos convencionais no País, para obter capacitação tecnológica e industrial nessa área, uma vez que o projeto de submarino nuclear demanda um prazo maior (CORREA, 2010).

Nesse âmbito, o Brasil iniciou uma campanha diplomática para esclarecer a pretensão do país de usar a tecnologia nuclear para fins pacíficos. Para tal, foi explicitada no artigo 21 da Constituição de 1988 que toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos, dentre outras ações como a destinação da energia nuclear para segundo plano como fonte energética no país.

Os anos 90 foram marcados por mudanças no cenário político brasileiro e com a consolidação da abertura política, as Forças Armadas tiveram seu papel diminuído e o poder legislativo decidiu instaurar uma CPI para investigar o Programa Nuclear Paralelo. Havia no meio político uma incompreensão geral sobre a importância da capacitação científica e tecnológica na área nuclear para o Brasil. Além disso, o Governo de Fernando Collor reduziu o desenvolvimento tecnológico brasileiro ao suspender incentivos fiscais a empresas que investissem em pesquisa e desenvolvimento.

Com o afastamento do presidente Fernando Collor, seu vice-presidente assumiu o governo em maio de 1992 e, buscando aliviar a crise institucional que vivia, retomou as relações com as Forças Armadas, inclusive destinando cargos importantes a alguns militares. Mesmo assim, com a escassez de recursos econômicos, a Marinha do Brasil

teve que escolher entre renovar sua frota flutuante ou investir em submarinos, sendo o primeiro priorizado.

No governo seguinte, de Fernando Henrique Cardoso, as Forças Armadas foram submetidas ao poder civil, com a criação do Ministério da Defesa. O projeto da Marinha teve sua produção científica e tecnológica de Aramar reorientada para transferir conhecimentos para a usina Angra I, administrada pela INB (Indústria Nuclear Brasileira), a antiga Nuclebrás. O submarino nuclear fora, portanto, excluído da agenda deste governo.

Todavia, de acordo com Correa (2010), a agenda das usinas nucleares foi retomada, quando no início dos anos 2000, por advento do mau planejamento energético, o Brasil passou por um racionamento de energia elétrica, em especial na cidade do Rio de Janeiro. O "apagão" ressaltou a importância da energia nuclear como importante fonte complementar às usinas hidrelétricas. Destarte, o projeto nuclear da Marinha voltou a se tornar relevante.

Nessa mesma época, eventos internacionais como os ataques terroristas aos Estados Unidos em 2001 e suas consequências como a invasão do Afeganistão, e a corrida nuclear da Coreia do Norte e do Irã, fomentaram as discussões sobre a inadequação dos equipamentos das Forças Armadas Brasileiras.

Nesse cenário, com a ascensão do presidente Luís Inácio Lula da Silva ao poder em 2002, as teorias desenvolvimentistas ganharam força, dando às Forças Armadas abertura para que fossem discutidos seus projetos pelo menos, de quatro em quatro anos no Congresso Nacional. Mas ainda assim, em seu primeiro mandato a construção do submarino nuclear continuou em segundo plano.

Todavia, alguns fatos trouxeram à tona o projeto do submarino nuclear novamente: a descoberta do pré-sal e o prolongamento da plataforma continental brasileira.

Em 2006 foi anunciada a descoberta da camada de pré-sal pela Petrobras, uma camada de rochas formadas preferencialmente por rochas carbonáticas, localizada abaixo de uma camada de sal na qual estão localizados grandes reservatórios petrolíferos.

No ano seguinte, 2007, foi aprovada pela CNUDM o pedido de prolongamento da plataforma continental brasileira e, para chamar atenção para o rico território, a Marinha do Brasil cunhou o nome Amazônia Azul em analogia às riquezas da Amazônia terrestre. Com isso, o então presidente Luís Inácio Lula da Silva ficou convencido que sua construção tornaria o Brasil mais forte político e economicamente.

Em 2008, o governo do presidente Luís Inácio Lula da Silva lançou a Estratégia Nacional de Defesa, estabelecendo diretrizes para a adequada preparação e capacitação das Forças Armadas, de modo a garantir a segurança do país tanto em tempo de paz, quanto em situações de crise. Ela foi revista em 2012, mas manteve como estratégia o desenvolvimento e a autonomia nacional através do domínio crescentemente autônomo de tecnologias sensíveis, principalmente nos estratégicos setores espacial, cibernético e nuclear (BRASIL, 2012a).

No mesmo ano, foi estabelecido um acordo entre Brasil e França para transferência de tecnologia para construção no Brasil de quatro (4) submarinos convencionais e do primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro (CORREA, 2010).

2.2 O primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro

O desejo de se ter um submarino com propulsão nuclear no Brasil é obeservado desde os anos de 1970, com o fechamento do Acordo Nuclear Brasil – Alemanha e como a consolidação do Programa Nuclear da Marinha (PNM). No entranto, o domínio do ciclo do combustível nuclear e a falta de conhecimento na construção de submarinos eram desafios ainda a ser vencidos pela da Marinha do Brasil.

Para desenvolver o ciclo do combustível nuclear e produzir um reator experimental a Marinha do Brasil associou-se ao IPEN-SP (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo) a partir de 1979. Foi adotada a técnica de ultracentrifugação para o enriquecimento, o que, após dominar a tecnologia do hexafluoreto de urânio a partir do minério de Poços de Caldas (MG), a Marinha obteve o seu primeiro grande sucesso no final de 1981 (REVISTA PODER NAVAL, 2009).

Com o domínio do enriquecimento do urânio, tecnologia dominada por apenas doze (12) países no mundo (China, Estados Unidos, França, Japão, Rússia, Alemanha, Inglaterra, Holanda, Brasil, Índia, Paquistão e Irã) e a continuação dos estudos para produção do reator compacto para propulsão, era necessário também se atentar a construção de submarinos no Brasil.

A obtenção de novos submarinos foi incluída inicialmente no Programa de Reaparelhamento da Marinha (PRM). Conforme Andrade et al (2018) diferentes contratos celebrados com o consórcio alemão Ferrostaal/HDW, na década de 1980, previam a construção de quatro submarinos modelo IKL-209-1400, sendo o primeiro no país europeu e os demais no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). Em 1995, determinou-se a construção de um quinto submarino, que viria a ser o Tikuna, incorporando inovações trabalhadas por engenheiros brasileiros. O projeto abrangia o fornecimento de material e o treinamento para o pessoal especializado da Marinha do Brasil, enviado para acompanhar as obras no estaleiro alemão – ao todo, setenta profissionais fizeram estágios ao longo da construção. Após uma abrangente modernização e ampliação de parcelas do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), os primeiros submarinos convencionais brasileiros foram construídos e lançados ao mar.

Além disso, de acordo com Revista Poder Naval (2009), a Marinha do Brasil também investiu na capacitação da indústria nacional, sendo um dos exemplos mais significativos a transferência de tecnologia da construção de seções do casco resistente do submarino para a Nuclebrás Equipamentos Pesados (NUCLEP).

No que diz respeito às características técnicas, quanto à sua propulsão, os submarinos podem ser classificados em diesel – elétrico, híbridos e nucleares.

Os submarinos convencionais, diesel - elétricos, como os da classe Tupi e Tikuna citados acima, são equipados com motores elétricos que recebem energia de baterias, as quais são carregadas por dínamos movidos por motores movidos a diesel. O motor diesel, um tipo de motor de combustão interna, precisa de ar para misturar com o combustível, tornando-se esta sua maior restrição. Depois que a energia das baterias se esgota, o submarino precisa recarregá-las usando o respirador esnorquel, um mastro que permite ao submarino renovar o ar ambiente que é necessário para o funcionamento dos

motores movidos a diesel. Mesmo sem que o submarino precise vir à superfície para renovar seu ar, o uso do esnorquel representa uma desvantagem, pois seus mastros o expõem à detecção visual.

Os submarinos de propulsão híbrida são propulsados por sistemas conhecidos como AIP (*Air Independent Propulsion*) que são uma fonte auxiliar de energia capaz de dotar os submarinos convencionais uma capacidade de se manterem submersos por duas ou três semanas em sua zona de patrulha. Desse modo, não há, neste período, necessidade de recarregar as baterias e, consequentemente, expor seu esnorquel Trata-se de um tipo de propulsão menos dispendiosa, mas que proporcina velocidades de navegação menores que a propulsão nuclear.

Os submarinos nucleares são propulsados por turbinas movidas pelo vapor que é produzido num gerador, aquecido por um reator nuclear. Ao contrário dos motores diesel, o reator não precisa de ar fresco para funcionar e seu ciclo de abastecimento de combustível é anual. A renovação de ar a bordo é feita por um gerador de oxigênio que também extrai o CO2. Em consequência, o período de imersão de um submarino nuclear fica limitado apenas ao estado moral da tripulação e enquanto durarem os alimentos ou a munição a bordo. Logo, os submarinos nucleares são dotados de alto poder de ocultação, devido ao fato de reduzir sua exposição a possíveis ameaças enquanto carregam suas baterias como os convencionais (REVISTA PODER NAVAL, 2013).

De acordo com a Marinha do Brasil, o primeiro submarino de propulsão nuclear brasileiro, terá um diâmetro de 9,8 metros e 100 metros de comprimento e será capaz de se mover a um deslocamento de cerca de 6.000 toneladas, sendo movido por propulsão turbo-elétrica com 48 MW de potência. Neste sistema, o reator nuclear, um reator de água pressurizada - PWR (*pressurized water reactor*), fornece o calor para a geração de vapor, o qual aciona duas turbinas acopladas a dois geradores elétricos, um dos quais dedicado principalmente a gerar eletricidade ao motor elétrico de propulsão, e outro para o fornecimento de eletricidade aos demais sistemas do submarino (MARINHA DO BRASIL, 2018).

É importante ressaltar que o termo nuclear não tem relação com o sistema de armas do submarino, mas sim com seu sistema de geração de energia: o armamento

deste meio naval é composto de tubos horizontais localizados na proa, podendo, ser dotados de misseis anti-superfície de curto e médio alcance. A instalação nuclear do SN-BR será de total responsabilidade brasileira e não terá participação francesa nesse processo. Isso corrobora com o fato de que, em 2010, o Brasil assinou o Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares (TNP) que prevê a negociação para a eliminação total das armas nucleares por parte das potências nucleares, mas ressalta o direito de todos os países ao uso da tecnologia nuclear para fins pacíficos (BRASIL, 2012a).

O primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro terá sua propulsão a base de turbinas, movidas com o vapor produzido num gerador, aquecido pelo reator nuclear (REVISTA PODER NAVAL, 2013). A Figura a seguir (1) apresenta esquematicamente o *layout* da propulsão do SN-BR.

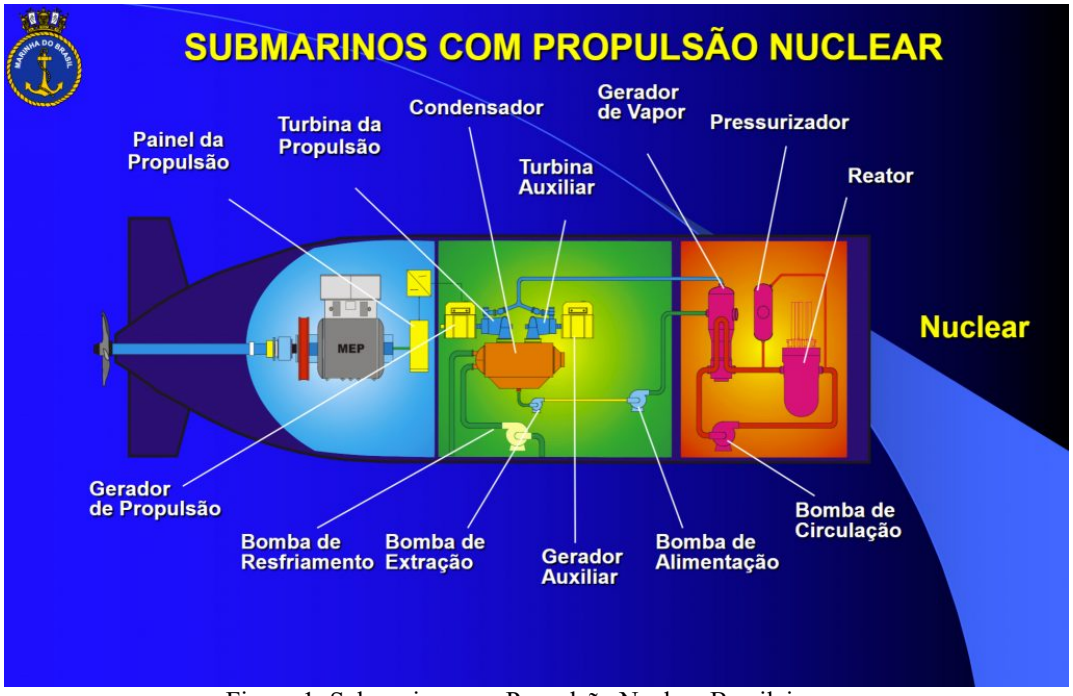

Figura 1: Submarino com Propulsão Nuclear Brasileiro.
(Fonte: MARINHA DO BRASIL, 2018.)

O desenvolvimento do submarino com propulsão nuclear brasileiro é de suma importância para o Brasil. Conforme Guimarães (2003) os ganhos científicos e tecnológicos advindos do domínio do ciclo do combustível nuclear e da capacitação em projeto, construção e operação de instalações propulsoras nucleares geram impactos

positivos no desenvolvimento do país, uma vez que possui complexidade que exige uma capacitação tecnológica.

O contrato de transferência de tecnologia do PROSUB firmado com a França produz no Brasil um arrasto tecnológico desenvolvendo a indústria de base, gerando empregos, promovendo capacitação tecnológica para empresas e pessoal. Isso fortaleceu a Base Industrial de Defesa, definida pela Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID) em 2005, que agrupa empresas estatais e privadas, além de organizações civis e militares participantes do processo de pesquisa e inovação, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa (CORREA, 2010).

Dentre as áreas a serem beneficiadas por meio da apreensão de conhecimento técnico, pode-se destacar: diversas áreas de engenharia; técnicas modernas de construção naval; desenvolvimento de sistemas de controle integrado; nacionalização de equipamentos e sistemas; desenvolvimento de laboratórios de ensaios e testes para diversas aplicações; projeto e construção de uma planta de propulsão nuclear; integração de sistemas; definição de novas regras para licenciamento nuclear e aprimoramento de processos e ferramentas de gestão de projetos complexos (MARINHA DO BRASIL, 2018).

Para que tais ganhos ocorram, é necessário um processo sistemático de nacionalização de matérias primas, componentes e sistemas, o que significa obter o completo domínio dos princípios de funcionamento dos materiais e das técnicas de fabricação, possibilitando adaptação às condições brasileiras. Isso ocorrerá de forma gradual com a construção dos quatro (4) submarinos convencionais (S-BR) que servirão de curva de aprendizagem para o SN-BR.

Além disso, a nacionalização é também um meio de viabilização do Programa uma vez que, no afã de impedir que o Brasil se torne um concorrente na área nuclear, os bloqueios à importação são comuns.

A complexidade da construção do SN-BR pode ser demonstrada, inclusive, pelas organizações que fazem parte de seu desenvolvimento. Seu projeto está sendo desenvolvido pelo Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTM-SP); seu reator está sendo desenvolvido pelo Centro Experimental Aramar (CEA), em Iperó na Região

Metropolitana de Sorocaba em São Paulo; e sua construção e operação serão realizadas no município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro.

2.3 As Águas Jurisdicionais Brasileiras

O mar brasileiro guarda imensas reservas de petróleo e gás, assim como de outros recursos minerais que representam importantes fontes de riquezas para o país, além de conter uma grande variedade de organismos marinhos de valor biotecnológico que possuem propriedades com amplas aplicações, principalmente nas áreas de fármacos, cosméticos, alimentos e agricultura. No mar estão as reservas do pré-sal e dele retira-se cerca de 85% (ointenta e cinco por cento) do petróleo, 75% (setenta e cinco por cento) do gás natural e 45% (quarenta e cinco por cento) do pescado produzido no País. Pelas rotas marítimas são escoadas mais de 95% do comércio exterior brasileiro (MARINHA DO BRASIL, 2018).

Na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) de 1982 na Jamaica, o Brasil assinou um documento que só entrou em vigor em 16 de novembro de 1994. Nessa convenção foram definidos os espaços marítimos: o Mar Territorial, que não deve ultrapassar o limite de 12 milhas náuticas (MN); a Zona Contígua, adjacente ao mar territorial, cujo limite máximo é de 24 MN e é medida a partir das linhas de base do mar territorial; a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), medida a partir das linhas de base do mar territorial e que não deve exceder a distância de 200 MN; e a Plataforma Continental, que compreende o solo e o subsolo das áreas submarinas, além do mar territorial, podendo estender-se além das 200 milhas até o bordo exterior da margem continental (MARINHA DO BRASIL, 2018).

De acordo com Correa (2010) a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNDUM) postulou que os países que tivessem desejo de prolongar sua plataforma continental deveriam fazê-lo no máximo até 2004, o que foi prorrogado até 2009. Isso deveria ser apresentado através de estudos e o Brasil vem o realizando desde 1987, através do Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC).

O Estudo do Limite Exterior da Plataforma Continental Brasileira foi encaminhado à ONU, para acrescentar 2,1 milhões de km² ao território brasileiro que,

somados aos 3,6 milhões de km² de ZEE, totalizará uma área marítima de 5,7 milhões de km² (MARINHA DO BRASIL, 2019a).

A primeira proposta brasileira foi apresentada em 2004, mas a organização internacional solicitou ao Brasil mais informações sobre 190 mil dos 963 mil km² reivindicados pelo País – área equivalente à dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo.

A fase de interpretação e processamento dos novos dados foi iniciada em 2010, compreendendo ainda as regiões Sul (Platô de Santa Catarina, Cone do Rio Grande e limite marítimo com o Uruguai) e Oriental (Cadeia Vitória-Trindade e Platô de São Paulo). A revisão da região Sul foi apresentada à ONU em agosto de 2015 – segundo a Marinha do Brasil (2019) e em 11 de junho de 2019 a Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC) publicou, em seu portal da Organização das Nações Unidas (ONU) na internet, recomendação na qual legitimou ao Brasil incorporar 170.000 km2 de área de Plataforma Continental, além da Zona Econômica Exclusiva dessa região. Os estudos sobre a região Oriental estão em elaboração e ainda não têm previsão de entrega à organização (MARINHA DO BRASIL, 2019b).

Com a ampliação da Plataforma Continental Brasileira e mais as áreas marítimas dos Arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo, somadas à área marítima das ilhas Oceânicas de Trindade e Martim Vaz, a área disponível para a exploração de riquezas e exploração científica se assemelha à atual superfície amazônica.

De acordo com Trentini, Novelli e Breda (2016) a Zona de Exploração Econômica Exclusiva representa o equivalente a 42% do território continental brasileiro e pode chegar a 67% caso seja reconhecido o direito a área adicional à atual configuração, distribuídos nas regiões Norte (região do Cone do Amazonas e Cadeia Norte-Brasileira), Sudeste (região da Cadeia Vitória-Trindade e Platô de São Paulo) e Sul (região do Platô de Santa Catarina e Cone do Rio Grande). A Figura 2 apresenta o mapa da região marítima.

Para destacar a importância estratégica dessa área, a Marinha do Brasil criou o termo Amazônia Azul.

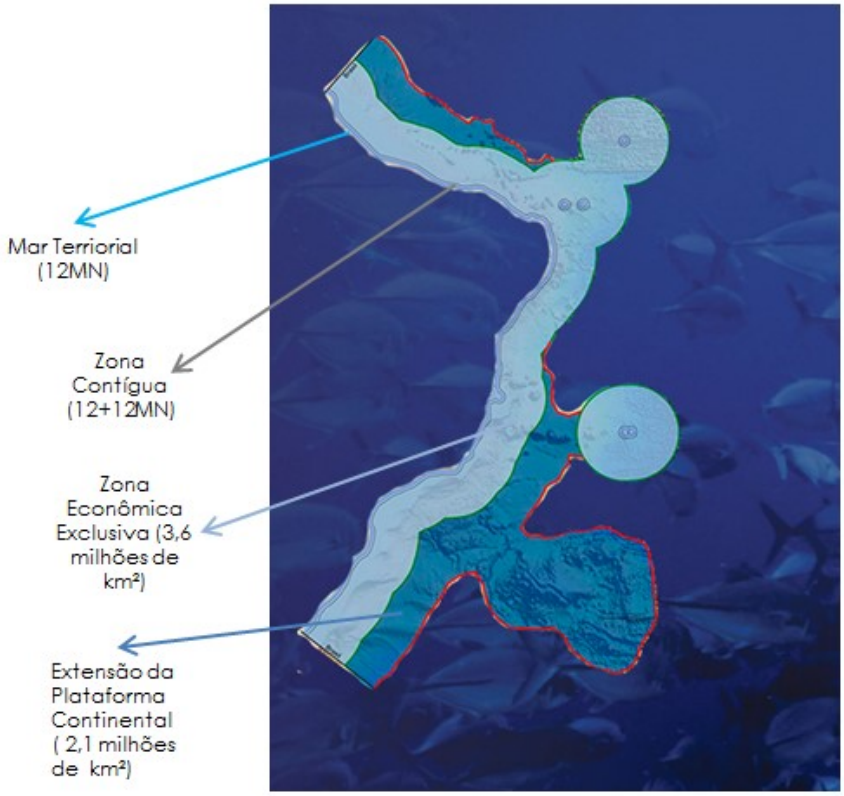

Figura 2: Amazônia Azul.
(Fonte: adaptado de MARINHA DO BRASIL, 2019a).

Assim, o País tem buscado o desenvolvimento das atividades que visam, além do reconhecimento de sua área integral, a efetiva utilização, exploração e aproveitamento sustentável dos recursos naturais da região e áreas internacionais, de acordo com seus interesses. Para tal, é necessário que o território esteja protegido, o que reforça a importância de um submarino nuclear para o Brasil.

2.4 A região da Baía de Sepetiba e o Complexo Naval de Itaguaí

Considerando-se os requisitos para a construção e manutenção de submarinos com propulsão nuclear, ainda não disponíveis em nenhum estaleiro no país, a Marinha do Brasil decidiu construir um novo estaleiro. Esse tipo de estaleiro deve, por exemplo, dispor de instalações para armazenagem de material radioativo por um período de aproximadamente 20 anos, além de estar pronto para substituir elementos radioativos do núcleo do reator dos submarinos com propulsão nuclear (CRUZ DE ARAGÃO, 2013).

A região escolhida para sediar o estaleiro para construção dos submarinos convencionais e do de propulsão nuclear foi a baia de Sepetiba, cidade de Itaguaí, Região Metropolitana do município do Rio de Janeiro, no Estado do Rio de Janeiro, no Brasil. Localiza-se a aproximadamente 70 quilômetros da capital do estado, a cidade do Rio de Janeiro. Ocupa uma área de 271 563 km², e sua população foi estimada no ano de 2017 em 122369 habitantes pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

De acordo com Aragão (2013), o local foi escolhido devido aos seguintes principais aspectos:

- condições de navegabilidade : a Baía de Sepetiba tem profundidade adequada para a movimentação de navios de grande porte e seu contorno geográfico oferece segurança;
- a proximidade da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. – (NUCLEP) empresa pública que tem papel fundamental no processo de fabricação do submarino, por possuir equipamentos específicos de metalurgia pesada, como prensas e calandras, capazes de moldar enormes chapas. Ela é responsável pelo fornecimento da parte estrutural mais complexa dos submarinos, como o casco e outros elementos pesados;
- a proximidade do parque industrial brasileiro, localizado entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo. Isto permitirá o apoio da base industrial para a realização de manutenções dos sistemas e equipamentos do futuro submarino com propulsão nuclear, quando necessário;
- a população local de baixa densidade demográfica;
- a logística facilitada: a região está a 70 quilômetros distante da cidade do Rio de Janeiro podendo ser acessada pelo Arco Metropolitano[6] , do BR 101 e do Porto de Itaguaí ;
- a proximidade das usinas nucleares de Angra dos Reis, que já possuem planos de emergências nucleares, necessários à evacuação dos residentes em caso de acidente nuclear;

[6] O Arco Metropolitano é uma autoestrada que foi construída no entorno da Região Metropolitana do Rio de Janeiro seguindo por 71km o percurso formado pelas rodovias BR-493 e parte da BR-116. Liga as cidades de Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Queimados, Japeri, Seropédica e Itaguaí.

- a proximidade da Base Aérea de Santa Cruz que dará proteção aérea ao empreendimento.

O Complexo Naval de Itaguaí (CNI) é composto por uma área onde serão realizadas as etapas de montagem, lançamento, operação e manutenção dos submarinos, o Estaleiro e Base Naval (EBN). Lá também abrigará o Comando da Força de Submarinos, projetada para apoiar os submarinos convencionais e nucleares que serão sediados no complexo militar.

O EBN é composto por uma área total de 590 mil m² e é composta por uma área onde serão realizadas as etapas de montagem, lançamento, operação e manutenção dos submarinos. Para atender ao projeto, o EBN será dotado de uma área radiológica com instalações especializadas para manutenção da instalação nuclear (sala limpa, oficina mecânica quente, células quentes, piscina de armazenagem de elementos combustíveis) (GUIMARÃES, 1999).

A área radiológica do EBN deverá prover apoio em terra ao submarino com propulsão nuclear, oferecendo todo suporte e suprimento de recursos que necessite. provendo recursos em terra tanto para operações navais, quanto nucleares para:

- troca de combustível nuclear;
- armazenagem de combustíveis novos e irradiados;
- tratamento e armazenagem inicial de rejeitos radioativos;
- manutenção de caráter tanto naval, quanto caráter nuclear de submarinos;
- promoção da proteção do submarino com propulsão nuclear contra fenômenos naturais e induzidos pelo homem enquanto estiver nos diques;
- realizar testes físicos iniciais do submarino com propulsão nuclear;
- realizar o descomissionamento do submarino com propulsão nuclear (MARINHA DO BRASIL , 2018).

A área radiológica será situada dentro da área sul da base naval e é nele que estarão localizados os materiais radioativos e nucleares, tais como: depósito de rejeitos e elementos combustíveis novos. Este complexo contará também com duas docas secas onde serão realizadas as trocas de combustível nuclear, que acontecerão através de um

móbile, unidade móvel e totalmente blindada para acesso ao reator nuclear do SN-BR (BOTELHO, 2016).

Essa área equivale a um prédio de 16 andares interligado a duas docas secas, específicas para os submarinos com propulsão nuclear e dois cais de apoio. Há ainda uma unidade móvel, feita em estrutura metálica, totalmente blindada, para acesso ao reator instalado dentro do submarino. A figura 3 apresenta uma perspectiva dessa área:

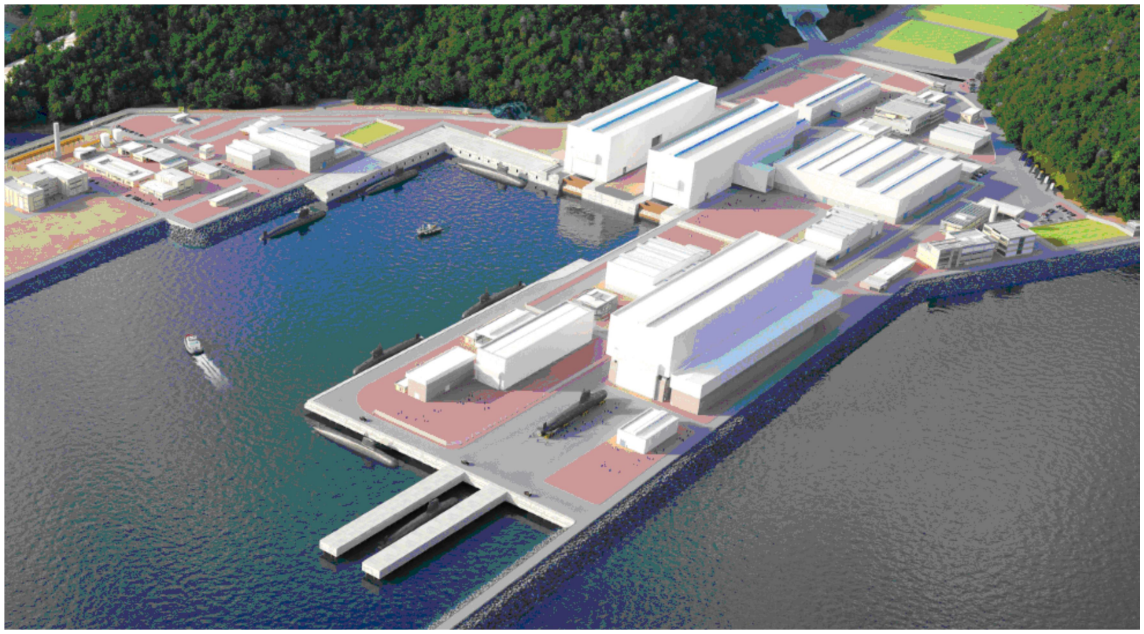

Figura 3: Projeto da área radiológica do EBN.
(Fonte: MARINHA DO BRASIL, 2018).

As Figuras seguintes, 4 e 5, apresentam a estrutura que está sendo construída para o EBN.

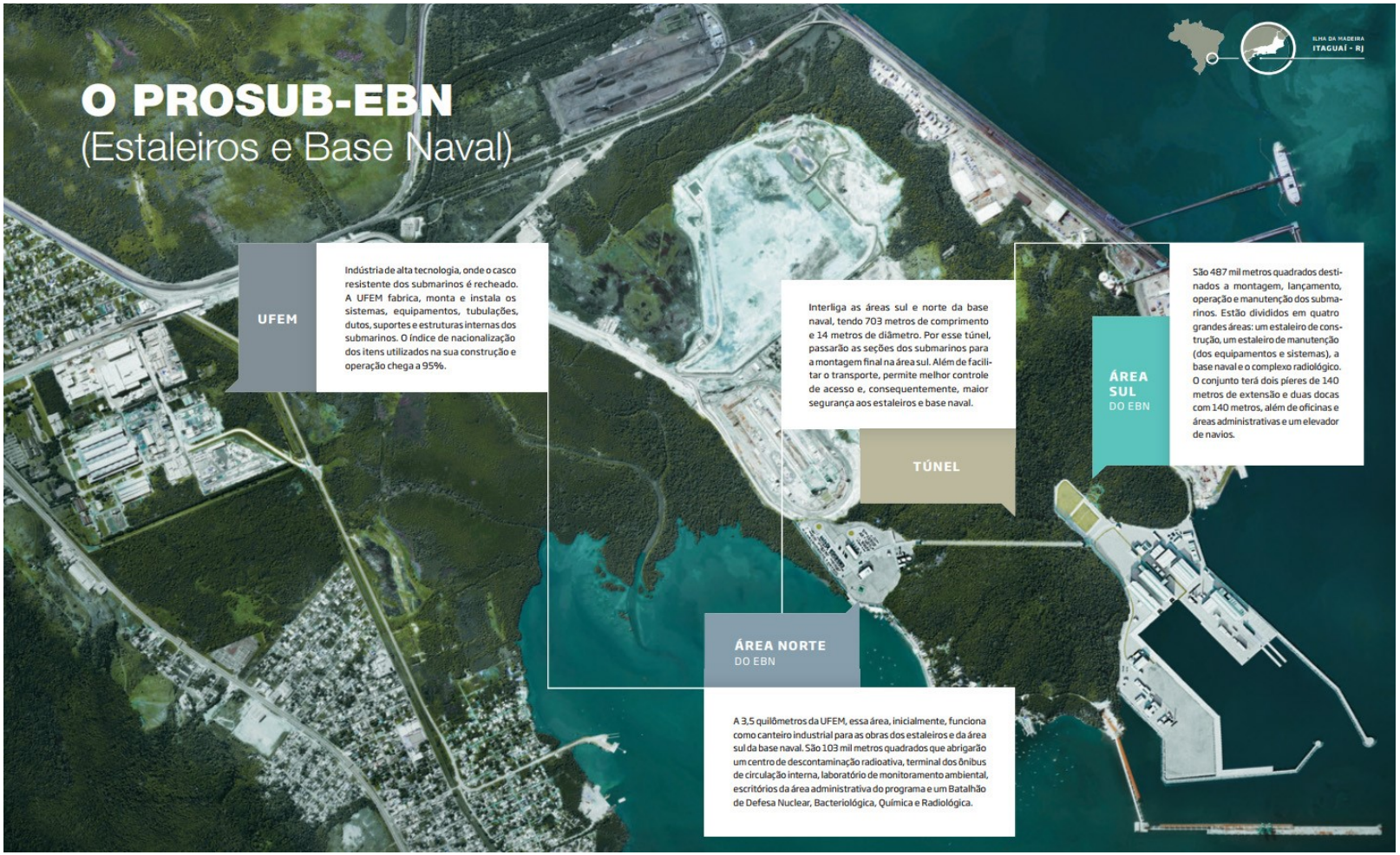

Figura 4: Vista esquemática do Estaleiro e Base Naval de Itaguaí.
(Fonte: MARINHA DO BRASIL, 2018).

Figura 5: Vista a partir do Mar do Estaleiro e Base Naval de Itaguaí.
(Fonte: MARINHA DO BRASIL, 2018).

2.5 Impactos da instalação do Complexo Naval em Itaguaí e região

Desde que houve a decisão por parte da Marinha de instalar no Município de Itaguaí um Complexo Industrial-Militar, existiu o entendimento de que esse empreendimento, pelo seu grande vulto, elevada importância estratégica, tecnológica e econômica para o Brasil, deveria contribuir, para o desenvolvimento da região onde está inserido.

As obras do CNI tem sido acompanhadas por uma série de medidas que visam à responsabilidade socioambiental. Para a sua construção foi necessário realizar a dragagem de toda a área costeira, o que contribuiu para o apoio a descontaminação da região, que antes abrigava uma indústria química, a Companhia Ingá Mercantil. Ainda, antes do início da obra, foi realizado o resgate da fauna local e agora a região conta com um monitoramento contínuo de correntes marinhas, qualidade da água, biota aquática, fauna terrestre, de ruídos, efluentes e particulados (MARINHA DO BRASIL, 2014). O monitoramento da radiação ionizante da região servirá para comparações futuras, quando a área radiológica do CNI e o SN-BR estiverem em operação.

De acordo com Pinheiro e Aguiar (2012), na área socioeconômica, o Programa tem gerado empregos de forma direta ou indireta, elevando a renda, o PIB e o IDH dos Municípios da região, bem como o aumento da sua arrecadação de impostos. Assim, o Município de Itaguaí pode aumentar a qualidade dos serviços públicos. Acresce-se a isso, a promoção do desenvolvimento social com os gastos com o Programa estão atrelados a investimentos em infraestrutura tais como construção de estradas, saneamento básico, saúde e educação, porém, o município deverá se preparar para o recebimento das famílias de militares e civis oriundas da instalação do Complexo Naval.

A Lei 3.433 (ITAGUAÍ, 2016) que altera o Plano Diretor define a área que abrange o CNI, na Macrozona do Complexo Portuário, como Zona Industrial Portuária (ZIP), que inclui toda área integrante do complexo portuário e industrial de Itaguaí (áreas de propriedade da Cia Docas do Rio de Janeiro, Petrorio, NUCLEP e que são de interesse industrial e portuário). Tal área ainda não possui os parâmetros de usos e ocupação do solo definidos.

Um benefício futuro que poderá ser observado para a região é o aumento de sua cultura de segurança e a consolidação de sua Defesa Civil, embora isso implique em custos adicionais. O município terá que elaborar um Plano de Emergências Externo que englobe desastres tecnológicos, sobretudo para o CNI, considerando, inclusive, a integração com municípios vizinhos a exemplo do município de Angra dos Reis que já tem um Plano para caso de emergência nas Usinas Nucleares.

Em termos de segurança, o conceito de região é mais do que áreas geograficamente próximas, já que isso implica também na existência de um subsistema de segurança significante entre elas (BUZAN, 1991), por se tratar de um fenômeno relacional, não podendo entender a segurança de uma área sem compreender a região em que está inserida. Apesar da autonomia, deve-se partir do pensamento local para o global.

De acordo com Buzan e Waever (2003), as regiões tendem a estar muito mais preparadas para as ameaças quando seus riscos em comum são identificados. Isso foi previsto pelos autores ao desenvolver a teoria de Complexos Regionais de Segurança (CRS), um modelo descritivo que mostra que as relações de segurança regional apresentam uma interdependência entre os níveis local e global.

Quando um Complexo Regional de Segurança é estabelecido, grandes mudanças podem ser observadas como resultado da dinâmica de segurança regional. A questão principal na definição dos complexos é reconhecer que a segurança daqueles que fazem parte de um espaço territorialmente próximo estão interligados em seus problemas e não podem ser solucionados separadamente (BUZAN e WAEVER, 2003).

Para a segurança regional, o principal elemento que deve ser observado são as relações entre as regiões e o padrão de familiaridade entre elas, embora os limites regionais sejam de difícil distinção (BUZAN, 1991). O papel dos aspectos econômico, militar, político e social devem ser considerados para exame do padrão existente entre eles. Isso justificaria a localização da base naval para o primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro próximo às usinas nucleares do município de Angra dos Reis.

Considerando o conceito de CRS, é possível inferir que para elaborar o Plano de Emergências da região a partir da instalação do CNI, a preocupação com a segurança do município de Itaguaí não pode ser analisada sem considerar os municípios do entorno. Dessa forma, os municípios do Rio de Janeiro (sobretudo sua Zona Oeste), Mangaratiba, Angra dos Reis, Rio Claro e Paraty comporiam esse complexo, como se pode observar na figura 6, e a preocupação com segurança os colocará próximos, de forma que não será possível considerar os municípios de forma independente.

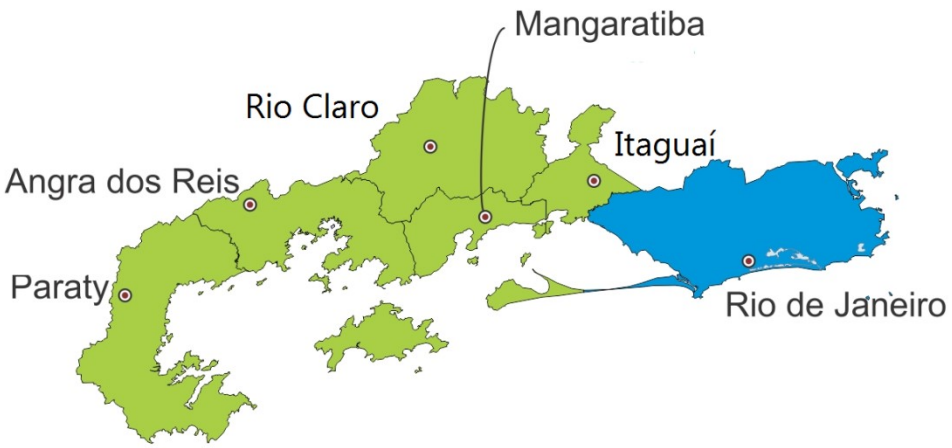

Figura 6: Mapa da região da Costa Verde Fluminense e do Rio de Janeiro.
(Fonte: Elaboração própria).

Entretanto, todo desenvolvimento de empreendimentos de grande porte traz consigo externalidades negativas. Um dos grandes impactos negativos para a região é sua vulnerabilização oriunda do aparato militar, uma vez que instalações nucleares, sobretudo em Organizações Militares, podem ser alvo de retaliações de outros países.

Outro risco assumido pelo municipio de Itaguaí, embora haja um controle ambiental contínuo, é o de poluição da região, sobretudo por rejeitos radioativos, o que traria consequências irreversíveis à vidas humanas, fauna e flora da região. Para prevenir que isso ocorra, o governo local, municipal e estadual, deverá aumentar seus recursos financeiros destinados à promoção e manutenção da segurança, além de sua maturidade institucional.

Por fim, a região está sujeita ao risco de extinção de comunidades locais e dos ecossistemas de que estas dependem para sobreviver. A transformação do bairro turístico de pescadores da Ilha da Madeira em área industrial, registrado desde o crescimento do porto de Itaguaí e implantação dos portos privados, além do CNI, tem sido acompanhada de problemas de realocação compulsória de residentes desse bairro.

3. GESTÃO DE RISCOS RADIOLÓGICOS E NUCLEARES

3.1 Conceitos fundamentais de Segurança

Para o estudo das emergências radiológicas e nucleares, é necessário, inicialmente, esclarecer algumas definições utilizadas baseadas em LINHARES (2016) e GUIMARÃES (1999):

Acidente: Um acidente pode ser caracterizado como um evento não-intencional ou indesejável que resulta em uma perda de:

- Vida humana;
- Integridade de pessoa humana (física ou psicológica);
- Propriedade ou bens;
- Condições do meio ambiente;
- Funcionalidade (de um sistema, subsistema ou componente); e
- Capacidade de cumprir uma missão;
- Diminuição de desempenho que comprometa o cumprimento da missão.

Os últimos três aspectos da listagem estão em conformidade com abordagens mais atuais da segurança em sistemas sociotecnológicos complexos.

Incidente: Um incidente pode ser caracterizado como um evento não-intencional ou indesejável que não resulta em uma perda. As lições aprendidas a partir de incidentes devem ser valorizadas, pois eles representam oportunidades para identificar possíveis cenários acidentais.

Segurança: Propriedade de um sistema que provê a máxima garantia possível de que seu desempenho será o previsto e o desejável.

Perigo: Fonte, situação, ou ato com potencial para provocar danos ou perdas em termos de lesões, ferimentos, danos à saúde, danos ao meio ambiente, danos à propriedade, perda da funcionalidade, ou impossibilidade de cumprimento de missão, ou uma combinação destes.

Risco: Combinação da probabilidade da ocorrência de um evento perigoso ou exposição a um perigo, e a severidade dos danos ou perdas que podem ser causadas pelo evento ou exposição.

Segurança de Sistema: Emprego de princípios, critérios e técnicas de engenharia e gerenciamento para atingir um risco aceitável dentro dos requisitos de efetividade e adequabilidade operacional, prazo e custo ao longo de todo ciclo de vida do sistema.

Deve ser destacado que, de acordo com Linhares (2016), o termo SEGURANÇA é entendido como pertinente à garantia de que não ocorram acidentes, assim como à prevenção dos mesmos, além da gestão e mitigação de perigos e riscos, sendo o equivalente em português ao termo *safety* do idioma Inglês e não *security*.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988) preconiza no artigo 21, parágrafo XXIII, alínea d) do Inciso XXIII que "a responsabilidade civil por danos nucleares independe da existência de culpa". Essa determinação caracteriza a responsabilidade objetiva pela instalação nuclear. Não basta, por conseguinte, prevenir acidentes, mas assegurar que a instalação nuclear não dê origem a efeitos deletérios aos indivíduos, público em geral e meio ambiente. Tal fato corrobora para o entendimento do conceito da "segurança" como estado em que o desempenho da instalação desejável é assegurado. A segurança está, portanto, ligada ao conceito de resiliência, que é a capacidade de uma região de resistir, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre de acordo com suas limitações, e deve ser considerada no Plano de Emergências.

3.2 Riscos sociotecnológicos

Toda atividade humana introduz riscos. Uma instalação nuclear introduz um risco de acidente radiológico, o que significa dizer que pode causar um impacto ambiental por contaminação radioativa, bem como a seus colaboradores, se em operação e ao público externo em caso de acidente.

Risco e perigo são comumente confundidos. Conforme Guimarães (1999) perigo é definido como um prejuízo potencial que pode recair sobre pessoas, bens ou meio-

ambiente, estando baseado somente nas consequências potencias de um evento indesejado e temido, sem considerar as possibilidades reais de que venha efetivamente a ocorrer. É, portanto, unidimensional.

A evolução do conceito de perigo se dá pela percepção ou avaliação das possibilidades de ocorrência das consequências, sendo, portanto, classificado como risco, que é um conceito bidimensional (GUIMARÃES, 1999). O risco é o resultado da multiplicação da gravidade pela probabilidade de ocorrência do evento ocorrer, o que permite sua hierarquização e priorização.

A globalização intensificada a partir do ano 2000 trouxe outro viés para a tecnologia, que passa a ser vista como instrumento e também, como arma. A interação entre homem e tecnologia tornou-se mais complexa, consolidando o conceito de sistemas sociotecnológicos.

A segurança em sistemas sociotecnológicos pode ser entendida como um sistema confiável, livre de riscos inaceitáveis caracterizando-se pela ausência, seja de fatos, comportamentos, resultados, condições indesejáveis e acidentes (LINHARES, 2016).

A capacidade de adaptabilidade e flexibilidade das pessoas frente aos sistemas acarreta a variabilidade da forma com que as tarefas são executadas. Assim, a variabilidade não representa somente um risco, mas uma condição essencial para o funcionamento dos sistemas, podendo ser causa de falhas, mas também de sucesso.

Ainda que necessária e útil, a variabilidade de desempenho pode, eventualmente, conduzir a eventos indesejados. Para garantir a segurança de tais sistemas, é importante que a gestão de riscos não seja negligenciada. Análises de risco devem procurar compreender a natureza da variabilidade do desempenho normal e utilizá-la para identificar as condições que podem conduzir a desenlaces favoráveis e desfavoráveis (LINHARES, 2016).

A Figura 7 esquematiza a gestão da segurança para sistemas sociotecnológicos, conforme complexidade inerente.

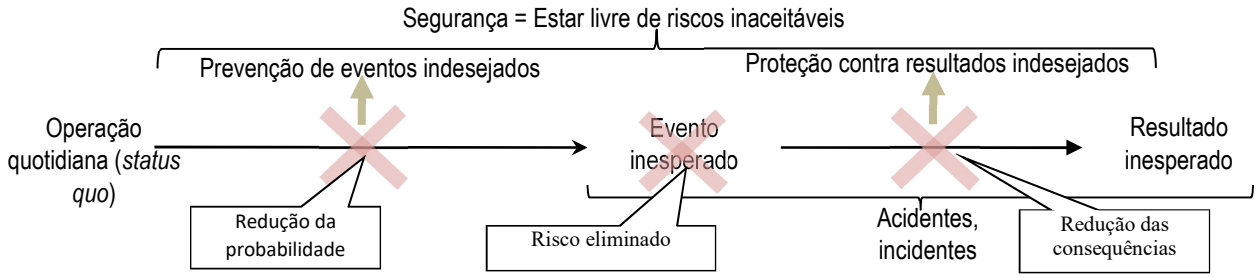

Figura 7: Gestão da segurança em sistemas sociotecnológicos.
(Fonte: Adaptado de LINHARES, 2016).

Submarinos de propulsão nuclear podem ser considerados sistemas sociotecnológicos, uma vez que as facetas humanas, sociais e organizacionais afetam o modo como ele é operado de forma complexa denotada, sobretudo, pelo risco de sua operação.

A noção de risco geralmente conota perigo ou ameaça e a energia nuclear é, comumente, vista como algo bastante perigoso. Isso se deve ao fato de ser associada a episódios extremos, tais como as bombas da Segunda Guerra Mundial e os acidentes de *Three Miles Island*[7], Goiânia, Chernobyl[8] e, mais recentemente, Fukushima[9].

De acordo com Neto e Correa (1997):

> *A percepção do risco na área nuclear teve um começo devastador do uso da energia nuclear para a vida humana e a propriedade, o que fez com que as atividades de segurança na indústria de nuclear de potência fosse, desde o seu início, uma de suas maiores preocupações, sempre se caracterizando pela grande quantidade de análises detalhadas (p 593).*

[7] Em 1979 nos Estados Unidos, uma falha no sistema de refrigeração da Central Nuclear acarretou a liberação de uma grande quantidade de radioatividade. A falha de equipamento causou uma perda gradual de água de resfriamento no núcleo do reator, o que resultou em fusão parcial das varetas do elemento-combustível, com liberação de material radioativo no interior do edifício, também liberados à atmosfera. Não houve contaminação do solo. (XAVIER et al, 2006).

[8] Em 1986, ocorreu o mais grave acidente nuclear da história, em Chernobyl, na atual Ucrânia. A explosão de um dos quatro reatores da usina nuclear soviética de Chernobyl lançou na atmosfera uma nuvem radioativa desencadeada por uma reação em cadeia fora de controle que atingiu a parte oeste da antiga União Soviética, hoje os países de Belarus, Ucrânia e Rússia, e todo o norte e centro da Europa (XAVIER et al, 2006).

[9] Em 11 de março de 2011 ocorreu um desastre nuclear ocorrido na Central Nuclear de Fukushima I, causado pelo derretimento de três dos seis reatores nucleares da usina devido a usina ter sido atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7 na região de Tohuku, leste do Japão. (XAVIER et al, 2006).

Para o emprego da energia nuclear na propulsão de um meio naval, como submarinos, de acordo com Guimarães (1999), é necessário atentar-se para a proteção da tripulação, do pessoal de apoio logístico em terra e do público geral contra riscos à saúde individual e danos ao meio ambiente decorrentes da emissão de substâncias radioativas e radiações ionizantes, tanto estando o submarino no mar como em porto ou em base naval.

Com isso, a gestão de seus riscos deve incorporar não somente análises onde a tecnologia pode ser usada não para prevenir acidentes, mas também para causar danos (LINHARES, 2016).

De acordo com Barbarini (2012) a análise do risco é o processo de se calcular o risco de perigos identificados, de acordo com os cenários envolvidos, suas possíveis consequências e impactos associados a uma população exposta ao risco. Ainda, para o autor, é o processo utilizado para aperfeiçoar a segurança de um sistema através da redução do seu risco.

A análise dos riscos é necessária para identificar deficiências no sistema que não são visíveis facilmente para projetistas e operadores. Além disso, provê subsídios para tomada de decisão.

Conforme Martins (2010), sumariamente, a análise de risco pode ser realizada em três etapas desde que haja informação suficiente. A primeira envolve a estimativa das chances de o evento ocorrer bem como sua distribuição espacial. Na segunda etapa deve-se avaliar a vulnerabilidade da região afetada em relação às ameaças. Por fim, na terceira etapa, as informações podem ser cruzadas e, consequentemente, tem-se o mapeamento do risco.

Após a análise de risco, os eventos potenciais com maior criticidade devem ter uma maior prioridade no plano. Ações de prevenção devem ser desenvolvidas em paralelo à elaboração do plano de emergência, já que são atividades distintas e complementares (MARTINS, 2010).

3.3 Riscos oriundos da operação de Submarinos com Propulsão Nuclear

Para entender o curso dos acidentes navais nucleares, é necessário, em primeiro lugar, determinar que tipos de reatores foram utilizados nos navios. Ao observar Estados Unidos, Rússia, Reino Unido, França, China e Índia, é possível depreender que o tipo de reator mais utilizado para a propulsão naval é o reator de água pressurizada (PWR – *Pressurized Water Reactor*). Este tipo de reator utiliza água sob alta pressão no circuito primário para evitar que ele entre em ebulição. Sua operação pode ser dividida em 4 fases principais.

a. O núcleo do reator localizado no interior do vaso do reator gera calor;
b. A água a alta pressão no circuito primário leva esta energia térmica para um gerador de vapor;
c. Dentro do gerador de vapor, o calor a partir da água do circuito primário torna-se vapor no circuito secundário;
d. Vapor gerado aciona uma turbina e produz eletricidade.

O PWR tem a vantagem de poder, para um determinado nível de potência, ser projetado com um pequeno núcleo devido às excelentes propriedades de desaceleração da água. Isso é de grande importância para os navios, onde os requisitos de espaço são de grande importância.

De acordo com Olgaard (1993) existem três classes principais de acidentes com reatores PWR. O primeiro tipo de acidente é o aumento súbito e descontrolado do nível de potência do reator. Se este aumento durar por um tempo considerado longo, seu combustível será danificado e o material radioativo poderá ser liberado no circuito primário do reator. Tal acidente pode resultar no derretimento do reator. Isso pode acontecer, mesmo que pouco provável, em decorrência de um dano no mecanismo de acionamento das hastes de controle esteja danificado e que esse dano resulte na retirada das hastes de controle do reator.

Outra possibilidade, também pouco provável, é a injeção repentina de grandes quantidades de água fria no reator. Em ambos os casos, as hastes de controle são liberadas e suspensas no reator assim que um nível de potência predefinido for atingido ou assim que a taxa de aumento da potência exceder um valor pré-ajustado. Além disso,

o aumento repentino no nível de potência eleva a pressão do reator, as válvulas de segurança são ativadas e a ebulição tem início, de modo que o reator se torne subcrítico e o nível de potência diminua. A experiência tem mostrado que este tipo de acidente é muito improvável e não se tem conhecimento de que tenha ocorrido em reatores navais.

O terceiro tipo de acidente está ligado à alta pressão (100 a 200 atm.) do circuito primário do reator e a natureza corrosiva de água quente. Se ocorrer uma fuga grande neste circuito, que pode acontecer devido à corrosão ou a uma junta defeituosa na solda, uma mistura de vapor-água pode fluir com grande velocidade e a pressão do circuito primário diminuirá. As hastes de controle caem automaticamente no reator e interrompem a reação em cadeia. O reator continuará a produzir energia, embora em um nível reduzido, devido ao decaimento radioativo dos produtos de fissão no combustível do reator. Se a água com vazamento não for rapidamente substituída por um sistema de resfriamento central de emergência, o nível de água no reservatório do reator cairá abaixo do topo do combustível do reator e sua parte superior não será suficientemente resfriada. A temperatura do combustível aumenta e, se o resfriamento do reator não for restabelecido rapidamente, ele sofre um superaquecimento e o revestimento de proteção será danificado podendo ocorrer vazamento de partículas de combustível radioativo no circuito primário. Em última análise, o combustível pode começar a derreter.

A gravidade de tal acidente depende, naturalmente, do tamanho do vazamento. Se for considerado pequeno, a perda de água de resfriamento pode ser facilmente substituída e o reator pode ser desligado e reparado de maneira segura. Este evento é considerado como um incidente. No entanto, devido à alta pressão do circuito primário e à natureza corrosiva da água quente, existe sempre o risco - mesmo que com probabilidade baixa - do desenvolvimento de um grande vazamento. Tal vazamento pode levar a danos no combustível e liberação de material radioativo nos arredores (OLGAARD, 1993).

Guimarães (1999) afirma que os perigos de um submarino com propulsão nuclear devem ter sua progressão controlada, sendo os de natureza nuclear ou radiológica agrupados em:

a. radiações ionizantes;
b. liberação normal ou acidental de produtos de fissão.

De acordo com a AIEA (2011) em uma avaliação de ameaças, deve-se atentar para as instalações, fontes, áreas que podem ser atingidas e áreas tangentes. Todas devem ser identificadas para a correta associação de:

a) ação de resposta urgente para prevenir a saúde de efeitos determinísticos (dose equivalente sobre o corpo inteiro inferior a 200 mSv) graves, mantendo as doses de radiação abaixo do aceitável;
b) ação de resposta urgente para evitar efeitos estocásticos na medida do possível evitando doses acima do aceitável, de acordo com as normas internacionais;
c) contramedidas agrícolas, contramedidas à ingestão de rejeitos radioativos a longo prazo, de acordo com as normas internacionais; e
d) proteção dos trabalhadores responsáveis pela intervenção durante o acidente, em conformidade com as normas internacionais.

Dessa forma, faz se necessário que o submarino com propulsão nuclear atenda normas de segurança específicas que versem sobre a liberação de material radioativo da planta de propulsão através do controle da potência de seu reator, do resfriamento de combustível e do confinamento do material radioativo (LINHARES, 2016). Além disso, em caso de acidente, deve-se também basear-se em normas reconhecidas em âmbito nacional e internacional.

Quando o primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro e a área radiológica do CNI estiverem em operação, conforme preconiza a norma CNEM 1.24 (CNEN, 1991), deverão ser observadas continuamente as condições de funcionamento da instalação nuclear com adoção das seguintes medidas:

a) exame dos diários de bordo relativos ao comportamento da instalação nuclear e equipamentos auxiliares, durante um período razoável, podendo ir de uma semana a um mês, incluída a permanência no último porto;

b) verificação da realização dos exames periódicos exigidos pelo Manual de Operação;

c) verificação, pelo exame dos registros de bordo ou por outras medidas executadas, de que as condições de exposição nas áreas acessíveis ao pessoal de terra no interior do navio nuclear e nas suas proximidades estejam seguras; e

d) verificação dos métodos e processos de gerência dos rejeitos radioativos para determinação da quantidade e da atividade dos rejeitos radioativos armazenados a bordo.

Uma atenção especial deve ser dada ao monitoramento ambiental de áreas radiológicas, em função da geração de rejeitos radioativos. A norma CNEN NE 1.24 (CNEN, 1991), apresentada detalhadamente no item 4.3.3, prevê que para cada porto a ser usado por um navio nuclear deve ser estabelecido um programa de monitoração dos níveis de radiação no meio ambiente, executando-se medições antes, durante e após a estadia do navio nuclear, com a finalidade de:

a) determinar se algum material radioativo foi liberado e se os níveis de radiação aumentaram acima do normalmente existente;
b) determinar a natureza e a extensão de qualquer liberação;
c) avaliar os níveis de radiação e de contaminação radioativa no meio ambiente e em volta da instalação nuclear;
d) avaliar a magnitude e a natureza dos riscos resultantes de um acidente; e
e) determinar quando uma liberação de material radioativo terminou e quando áreas afetadas retornaram às condições normais.

Os riscos advindos das atividades e instalações nucleares e radiológicas podem extravasar os limites físicos e temporais sob a sua responsabilidade. As consequências dos riscos podem impactar grandes regiões geográficas, prejudicando gerações atuais e futuras, não só por intermédio de impactos diretos, mas por impactos ao meio ambiente. Em especial devem ser considerados os riscos oriundos de exposição à radiação ionizante decorrente da liberação de produtos radioativos ao meio ambiente. Portanto, o projeto do submarino e da área radiológica devem considerar que todos os rejeitos, inclusive os radioativos, devem ser controlados e ter a destinação adequada.

Deve-se atentar, também, ao descomissionamento, um dos requisitos que já deve constar no processo de licenciamento no qual a CNEN será responsável pela área radiológica do CNI e a Marinha do Brasil com o apoio da AgNSNQ (Agência Naval de

Segurança Nuclear e Qualidade) pelo submarino propriamente dito. A organização operadora, no caso a Marinha do Brasil, será a responsável por todos os processos de descomissionamento do SN-BR.

Conforme Maia (2015), das seis nações que operam submarinos nucleares, quatro delas, EUA, Rússia, França e China, já realizaram descomissionamento bem sucedidos, podendo, portanto, servir de base para o Brasil tanto às normas quanto às práticas que deverão ser desenvolvidas.

Embora não exista ainda no País normas específicas para navios com propulsão nuclear, a norma CNEN NN 9.01 (CNEN, 2012) provê direcionamento técnico e administrativo para a retirada parcial ou total do controle regulatório de usinas nucleoelétricas, abrangendo o local, prédios e equipamentos associados para o descomissionamento de usinas nucleoelétricas.

Para o submarino com propulsão nuclear brasileiro, Maia (2015) afirma que a Marinha do Brasil deverá elaborar um Plano Preliminar de Descomissionamento que deverá ser mantido por toda sua vida útil sendo necessário um Plano definitivo dois anos antes do fim de sua operação. O fim da vida operativa de um submarino com propulsão nuclear deve ocorrer quando ele se torna ineficiente como arma, diferente das usinas nucleares que ocorre quando seus reatores deixam de ser economicamente úteis. Para o SN-BR o prazo estimado é de 30 anos.

A maior parte do material oriundo do descomissionamento do SN-BR não será radioativa e deve ser reciclado, uma vez que é um material de alta qualidade. Todavia, os rejeitos perigosos, radioativos ou não, necessitam ser tratados de acordo com a legislação em vigor (MAIA, 2015). O material radioativo do submarino é composto, sobretudo, pelos metais existentes na seção do reator que se tornaram radioativos durante a utilização do reator, ativados pelo fluxo de nêutrons.

Após a remoção dos rejeitos radioativos, o casco do submarino será transportado para uma instalação comercial de reciclagem de navios para ser cortado e desmantelado. A disposição final dos rejeitos radioativos de alto nível de radioatividade poderá ser realizada em depósitos geológicos e o combustível irradiado poderá ser levado a uma instalação nuclear. Os rejeitos de médio e baixo nível de radioatividade serão destinados

a depósitos intermediários, a exemplo do que é realizado na Marinha Americana (MAIA, 2015).

Os rejeitos radioativos gerados deverão ser acondicionados adequadamente de acordo com as normas da CNEN. Atualmente o recolhimento e o armazenamento de rejeitos radioativos é uma atividade de sua responsabilidade. Os rejeitos radioativos são recolhidos e armazenados em depósitos intermediários existentes em unidades técnico-científicas da CNEN. Além disso, a Comissão realiza o controle institucional de Depósito Final de Abadia de Goiás, onde estão armazenados definitivamente os rejeitos gerados em decorrência do acidente com Cs-137 em Goiânia em 1987.

3.4 Acidentes em bases navais envolvendo navios com componente nuclear

Acidentes que envolvem meios navais, sobretudo, as que contém propulsão ou armas nucleares, são comumente de difícil investigação, já que envolvem sigilo militar. Dessa forma, geralmente, os materiais de pesquisa, sejam artigos, reportagens ou compilações relatam os acidentes de forma simplificada.

De acordo com a AIEA (2001), que mantém um inventário de acidentes envolvendo navios nucleares, a principal barreira para impedir a liberação de radionuclídeos para o meio ambiente é o vaso de pressão do reator que é projetado para conter substâncias radioativas durante condições normais ou acidentais. Havendo falha nessa barreira pode ocorrer a perda de seu material refrigerante configurando-se num tipo de acidente denominado LOCA (*Loss of Coolant Accident*).

O processo de troca de combustível consiste na descarga do combustível irradiado e o carregamento de novo combustível nuclear no reator. A descarga de combustível irradiado de reatores navais é considerada como um trabalho potencialmente perigoso. O reabastecimento requer a remoção da tampa superior do reator corretamente. Como a tampa superior é equipada com todas as hastes de controle, algumas medidas devem ser tomadas. Uma dessas medidas é drenar toda a água do núcleo para mantê-lo subcrítico. No entanto, o calor do combustível irradiado pode tornar-se um problema, ele deve ser conectado a fontes de refrigeração para evitar o superaquecimento de seu reator nuclear. Além disso, o nível de radiação tende a aumentar após a drenagem da água.

Dessa forma, é necessário aplicar normas específicas de proteção contra radiação dos trabalhadores, além de serem especialmente treinados e certificados para realização deste processo.

Em caso de acidente, o impacto a vidas humanas é relativamente fácil de ser computado, podendo variar de exposição nociva a material radioativo que provoca doenças e mortes, conforme explicitado no item 3.3 deste trabalho. Todavia, para avaliar o impacto global da radioatividade ao meio ambiente, sobretudo para o meio marinho, é importante analisar se existem outras fontes de radionuclídeos antropogênicos nos mares do mundo. Esses incluem:

a) liberações controladas de efluentes líquidos radioativos de baixo nível provenientes de indústrias, hospitais, centros de pesquisa científica e instalações de armas nucleares;
b) precipitação de testes de armas nucleares na atmosfera ou debaixo d'água; e
c) liberações acidentais para a atmosfera ou para um corpo de água a partir das instalações nucleares em terra.

Conforme Olgaard (1993), os casos mais comuns de incidentes / acidentes com navios nucleares são colisões, problemas com o reator nuclear, aterramento, incêndios, explosões e desenvolvimento de vazamentos no casco de submarinos. É interessante notar que as colisões e os aterramentos raramente levam a acidentes graves. A razão é, sem dúvida, que os navios de guerra são projetados para funcionar mesmo em circunstâncias muito difíceis, isto é, sob ataque inimigo com explosões de bombas, granadas e cargas de profundidade. Para sobreviver sob estas circunstâncias, os projetos de navios têm que ser muito robustos.

Para este trabalho foi possível levantar e compilar as informações sobre acidentes com navios com propulsão nuclear ocorridos em bases navais constantes do Quadro 1, os quais é possível observar que a maioria dos eventos se concentraram em explosões e incêndios, sendo alguns relacionados a atividades externas como reparos e exposição do navio a materiais inflamáveis, tal como os relacionados a falhas mecânicas e erro humano envolvendo o reator, que culminaram em vazamento de material radiativo (*LOCA*) sobretudo no reabastecimento do combustível nuclear do navio.

Quadro 1: Acidentes em navios com propulsão nucleares em bases navais

Ano	Base Naval	País	Navio	Tipo	Evento	Causa	Consequência	Fonte
1965	Base Naval de Severodvinsk	Rússia (União Soviética)	Soviet K-27	Submarino	Liberação de vapor radioativo e incêndio	Inobservância das instruções de operação por parte dos participantes do levantamento da tampa do reator e a decisão equivocada de continuar reabastecendo após o primeiro acidente.	Sete militares foram expostos e tratados por exposição à radiação.Houve contaminação radiotiva ao meio ambiente.	NILSEN et al (1996)
1968	Base Naval de Severodvinsk	Rússia (União Soviética)	Soviet K-12	Submarino	Liberação de gases radioativos	A potencia do reator se elevou devido a instalação incorreta dos cabos elétricos da haste de controle por erro do operador	Nove militares morreram e 83 militares foram caminados. Houve contaminação do meio ambiente por gases.	JOHNSTON (2007)
1974	Base Naval de Norfolk	EUA	USS Finback (SSN-670)	Submarino	Colisão com rebocador USS Kittiwake (ASR-13)	Imperícia na operação	Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	ARKIN e HANDLER (1989)
1975	Base Naval de Norfolk	EUA	USS California (CGN-36)	Cruzador de mísseis	Derramamento de 15 a 20 galões de refrigerante primário do reator.	Não informada	Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	ARKIN e HANDLER (1989)
1977	Base Naval de Norfolk	EUA	USS California (CGN-36)	Cruzador de mísseis	Danos ao casco	Ventos fortes	Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	ARKIN e HANDLER (1989)
1983	Base Naval de Petropavlosk	Rússia	Soviet Charlie - K429	Submarino	Falhas mecânicas	Não informada	Morte de 90 militares. Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa).	ARKIN e HANDLER (1989)

Ano	Base Naval	País	Navio	Tipo	Evento	Causa	Consequência	Fonte
1985	Base Naval de Chazhma Bay	Rússia	Soviet K-431	Submarino	O reator de estibordo tornou-se crítico, resultando em milhares de fissões e uma explosão de vapor seguida de incêndio.	Após a troca de combustível nuclear, a tampa do compartimento do reator foi manuseada incorretamente e, juntamente com as hastes de controle foi elevada além do limite.	Morte de 10 militares e contaminação de 49 militares. Contaminação do meio ambiente (mar e floresta do entorno).	TAKANO et al (2012)
1987	Base Naval de Rosyth	Escócia	HMS Renown - S26	Submarino	Perda de material refrigerante (LOCA)	Falhas nos testes	Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	ARKIN e HANDLER (1989)
1989	Base Naval Ara Bay	Rússia (União Soviética)	Soviet - K-192	Submarino	Perda de material refrigerante (LOCA)	Falha no circuito primário do reator	Contaminação radioativa do meio ambiente e da tripulação, que recebeu doses de 40 mSv.	NILSEN et al (1996)
1992	Base Naval de Severodvinsk	Rússia/EUA	USS Baton Rouge/ B-276 Kostroma	Submarinos	Colisão com rebocador USS Kittiwake (ASR-13)	Falha na detecção do submarino espionado	Danos aos cascos de ambos submarinos. Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	SONTAG e DREW (1998)
2011	Base Naval de Roslyakovo	Rússia	K-84 - Yekaterinburg	Submarino	Incendio na proa	Incêndios nos andaimes de madeira	Nove pessoas ficaram feridas lutando contra o fogo. O submarino foi posteriormente parcialmente submerso em um esforço para extinguir o incêndio. Não houve aumento dos limites dos níveis da radiação natural.	MIZOKAMI (2018)

Ano	Base Naval	País	Navio	Tipo	Evento	Causa	Consequência	Fonte
2013	Base Naval Bolshoi Kamen	Rússia	K-150- Tomsk	Submarino	Incendio	Uma serra a gás usada para cortar uma grade colocou a cobertura de borracha, cabos e tinta entraram em chamas	15 trabalhadores ficaram feridos, mas não houve contaminação com elementos radioativos uma vez que o submarino estava docado para reparos desde 2009, quando seu reator foi desativado	DIGGES (2013)
2014	Estaleiro Nerpa	Rússia	Krasnodar	Submarino	Incêndio em uma estrutura de metal em torno do submarino, queimando as camadas de borracha que teriam sido retirados do casco do submarino.	Exposição de material inflamável - borracha do casco	Não havia perigos de radiação, já que o combustível nuclear do Krasnodar havia sido descarregado . Não houve vítimas nem registro de liberação de radiação.	DIGGES (2013)
2015	Base Naval de Zvezdochka	Rússia	K-266-Orel	Submarino	Incendio	Os trabalhos de soldagem passaram por problemas	O reator nuclear do submarino foi descarregada no início dos reparos. Não houve vítimas nem registro de liberação de radiação nesse acidente.	DIGGES (2015)
2016	Base Naval de Kamchatka	Rússia	K-173 - Krasnoyarsk	Submarino	Incêndio no casco	Combustão dos componentes inflamáveis que garantem a discrição da embarcação.	Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	DIGGES e KIREVA (2016); DIGGES (2015)
2017	Base Naval de Visakhapatnam	Índia	INS Arihant	Submarino	Entrada de água no compartimento do reator	Erro humano: escoltilha aberta por engano.	Não há registro de impactos ao meio ambiente (contaminação radioativa) e a seres vivos.	DINAKAR e JOSI (2018)

Fonte: Autores e anos exibidos na última coluna do quadro

3.5 Efeitos da radiação para os seres vivos

A radioatividade é o fenômeno pelo qual um átomo se desintegra emitindo radiações sob a forma de partículas α e β e fótons energéticos (raios γ e/ou X) até atingir um estado de equilíbrio energético, sendo sua unidade de medida o bequerel (Bq) igual a 1 desintegração/s (GUIMARÃES, 1999).

Radiação e substâncias radioativas têm muitas aplicações benéficas, variando de geração de energia a usos na medicina, indústria, agricultura e propulsão nuclear. Os riscos de radiação para as pessoas e para o meio ambiente que possam surgir dessas aplicações devem ser avaliados e, se necessário, controlados.

Porém, a radioatividade causa muitos problemas nas células humanas. Ao atingir os seres humanos, os nêutrons quebram as moléculas de água, tornando-as eletricamente carregadas. Essa carga é nociva a várias partes do organismo porque desfaz as ligações químicas. Quando os mecanismos de reparação do DNA entram em contato com a radiação, podem parar de funcionar. Isso pode ser medido através de duas unidades:

a) Gray (Gy): expressa a dose de radiação absorvida (J/kg);
b) Sievert (Sv): produto da dose absorvida por um fator relacionado a qualidade de cada tipo de radiação, que exprime com relação aos fótons energéticos o número provocado por Gy absorvido.

De acordo com Guimarães (1999), se um número grande de células é destruído, o tecido pode perder sua função e a partir de um certo nível de exposição a deterioração se torna evidente e sua gravidade aumentará com a dose recebida, se tornando um efeito determinístico[10].

Todavia, uma célula viva quando transformada pela ionização decorrente da radiação pode levar a um câncer ou tumor maligno após um período grande de tempo, o que depende da dose recebida. Isso é considerado um efeito estocástico[11].

[10] Entende se por efeitos determinísticos aqueles causados por irradiação total ou localizada de um tecido, gerando um grau de morte celular não compensado pela reposição ou reparo, com prejuízos detectados no funcionamento do tecido ou órgão (SANTIAGO, 2017).

[11] Os efeitos estocásticos são aqueles em que a probabilidade de ocorrência é proporcional à dose de radiação recebida, sem a existência de limiar. Isto significa que doses pequenas, abaixo dos limites estabelecidos por normas e recomendações de radioproteção, podem induzir tais efeitos. Entre estes efeitos, destaca-se o câncer (SANTIAGO, 2017).

Caso haja transmissão genética da célula afetada para descendentes, é denominado efeito hereditário, podendo ocorrer entre 20 a 30 anos após a exposição a radiações ionizantes, o que demonstra como é difícil avaliar suas consequências. Os métodos de avaliação são estabelecidos pelo *International Comitee on Radiological Protection* (ICRP).

O dano ao núcleo do DNA é o principal evento inicial pelo qual a radiação causa danos em longo prazo a órgãos e tecidos do corpo. Numerosos genes estão envolvidos na resposta celular à radiação, incluindo aqueles para reparo de danos no DNA e regulação do ciclo celular. A mutação desses genes é refletida em vários distúrbios humanos que conferem sensibilidade à radiação e propensão para o câncer nos indivíduos (CLARKE, 2008).

De acordo com Clarke (2008), a mutação de genes comumente resulta na modulação de sua expressão, com perda de produtos gênicos (proteínas) ou alteração em suas propriedades ou quantidades. O balanço bioquímico da célula pode então ser interrompido, comprometendo o controle celular ou a proliferação de células diferentes. Em seguida, as células que sofreram mutação, em vez de morrerem, prosseguem se multiplicando. Em alguns casos o genoma pode ser desestabilizado, permitindo que outras mutações se acumulem, o que pode promover a progressão da tumorogênese.

A premissa básica da resposta de radiação é que qualquer interação de radiação com o DNA resulta em danos que, se não forem reparados ou se forem reparados incorretamente, pode iniciar uma tumorogênese, o que deve ser evitado.

Conforme Marques (2012), em um acidente/incidente nuclear há a produção, pela chamada reação em cadeia, de cerca de 30 produtos primários resultantes da fissão do urânio 235, com meias-vidas que variam de 30 segundos (ródio 106) a 30 anos (césio 137). Além disso, outros elementos, além do césio, são alvo de preocupação pelo potencial deletério aos seres vivos, como o iodo 131, o bário 140 e o estrôncio 90.

O césio liberado na atmosfera pode se depositar nas lavouras contaminando por longos períodos de tempo os vegetais nelas cultivados. O césio radiativo é potencial formador de câncer nos tecidos nervosos. Da mesma forma, as emissões de estrôncio e bário radiativos são danosas, pois contaminam as pastagens, podendo ser fonte de contaminação para rebanhos, levando à fixação destes elementos no leite produzido por

esses animais, contaminando toda uma cadeia alimentar. O método clássico da descontaminação do césio 137 dá-se pelo emprego, como agente quelante, de solução do azul da Prússia.

O iodo radiativo pode produzir nos seres humanos diversos tipos de cânceres dos quais o mais comum é o da tireoide. Para mitigar seus impactos, é indicada a ingestão de iodeto de potássio, que leva à excreção de iodo radiativo pelo suor, urina e fezes. Para tanto, é necessária a aplicação de um protocolo para uso do iodeto de potássio em emergências nucleares oficial, que traz as atribuições e os procedimentos específicos para a utilização do iodeto de potássio (KI) em atendimento às situações de emergências nucleares (MARQUES, 2012).

4. EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS E NUCLEARES E REFERENCIAL NORMATIVO

4.1 O papel da Defesa Civil na gestão de riscos e prevenção de desastres

Historicamente, as estratégias de gerenciamento de risco de desastres no Brasil voltaram-se para ações de resposta e recuperação. Em função de desastres naturais como as secas que atingiram o Nordeste e as inundações no Sudeste brasileiro na década de 60 do século XX, em 1966 é fundada a primeira Defesa Civil estadual do Brasil, no Estado da Guanabara, atual Rio de Janeiro. A ideia de que os desastres naturais eram imprevisíveis e inevitáveis cabendo a instituição concentrar-se, essencialmente, no período do impacto e pós-impacto aos desastres perdurou até fins da década de 1970 (ALMEIDA, 2015).

Conforme Almeida (2015), com a promulgação da Constituição de 1988, o Estado pela primeira vez assume como prerrogativa da União no Art. 21, inciso XVIII: "planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações" (BRASIL, 1988), bem como legislar sobre a defesa civil. A partir desse momento foram criadas políticas de Proteção e Defesa Civil no Brasil, que passaram por constantes modificações, compreendendo uma série de leis, decretos e instruções normativas que versam sobre as atribuições da Proteção e Defesa Civil no Brasil, dentre os as quais, destacam-se a leis explicitadas na sequência do texto.

A Lei nº 12.983 dispoe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco e de resposta e recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2014).

Atualmente, a Lei n°12.608 (BRASIL, 2012b), é a norma que sustenta a Defesa Civil no Brasil. Ela instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), normatizou o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), dispôs sobre o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), além de autorizar a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres.

Conforme a Lei n°12.608 (BRASIL, 2012b), a política de proteção e defesa civil deve ser pensada de modo a integrar-se com políticas em outras áreas, trazendo modificações não só à Defesa Civil como na Lei do Estatuto da Cidade, na Lei de Parcelamento do Solo Urbano e na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. O intuito disso é criar uma cultura nacional de prevenção de desastres.

A PNPDEC prevê que as ações de proteção e defesa civil sejam organizadas pelas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Assim, para cada uma delas há responsabilidades específicas, ao mesmo tempo em que se considera que façam parte de uma gestão sistêmica e contínua (BRASIL, 2017).

Com isso, foi criado o Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres, hoje denominado Sistema Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, além de prever a integração com outros sistemas de monitoramento hidrológicos, meteorológicos e geológicos de maneira articulada entre União, Estados e Municípios. Estipula-se a capacitação de recursos humanos para fins da defesa civil, mapeamento e fiscalização das áreas de risco, dentre outras medidas pertinentes.

Conforme a Lei nº 10.256 – o Estatuto da Cidade – (BRASIL, 2001), a PNPDEC deve ser executada pelos municípios, que devem se alinhar com a União e os Estados. De acordo com Carvalho (2017), nesse âmbito, a esfera municipal é a mais importante para as ações previstas no PNPDEC, visto que é o primeiro responsável a responder uma emergência, além de possuir mais oportunidades de interação com a população do entorno da instalação perigosa principalmente para as ações de prevenção e preparação. No entanto, há exceção para o caso de instalações nucleares a DGDEC (Departamento Geral de Defesa Civil) do Estado do Rio de Janeiro configura-se como a primeira respondedora externa para as emergências oriundas da CNAAA.

A IN nº 01/2012 (BRASIL, 2012c) do Ministério da Integração Nacional estabelece procedimentos e critérios para decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos entes da União. Ela define desastre como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (BRASIL, 2012c) .

Em complemento as normas citadas, o Brasil possui uma Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), presente na Política Nacional de Defesa Civil. Ela foi instituída em 2012, através da Instrução Normativa citada acima. Dentre outras classificações, quanto á origem, esta codificação classifica os desastres como naturais e tecnológicos.

Para Brasil (2012b), desastres naturais são aqueles causados por processos ou fenômenos naturais que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos. Já os desastres tecnológicos são originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas, que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.

Os riscos de natureza nuclear ou radiológica se classificam, conforme Figura 8, em desastres tecnológicos, relacionados a substâncias radioativas.

1. Desastres relacionados a substâncias radioativas	1. Desastres siderais com riscos radioativos	1. Queda de satélite (radionuclídeos)	0	Queda de satélites que possuem, na sua composição, motores ou corpos radioativos, podendo ocasionar a liberação deste material.	2.1.1.1.0	
	2. Desastres com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas nucleares	1. Fontes radioativas em processos de produção	0	Escapamento acidental de radiação que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 da CNEN.	2.1.2.1.0	
	3. Desastres relacionados com riscos de intensa poluição ambiental provocada por resíduos radioativos	1. Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente	0	Escapamento acidental ou não acidental de radiação originária de fontes radioativas diversas e que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 e NN 3.01/011:2011 da CNEN.	2.1.3.1.0	

Figura 8: Quadro COBRADE.
(Fonte: BRASIL, 2012b).

A norma citada no quadro acima, CNEN NN 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica (CNEN, 2014) – estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante.

A resposta para emergências nucleares e radiológicas envolve muitos atores. Suas funções devem ser as mesmas de uma emergência convencional. Todavia, a resposta a uma emergência nuclear ou radiológica deve também envolver agências e especialistas técnicos. Portanto, para ser eficaz, a resposta a uma emergência nuclear ou radiológica deve ser bem coordenada e as disposições devem ser adequadamente integradas com aquelas para uma emergência convencional. Além disso, muitas concepções errôneas predominantes sobre emergências nucleares e radiológicas [12] e sobre os possíveis efeitos na saúde da exposição à radiação podem levar a ações inapropriadas. Consequentemente, pré-planejamento com base em princípios estabelecidos de radiação proteção e segurança é essencial.

Para o CNI esse pré-planejamento pode ser alcançado por meio de abordagem coordenada dos seguintes planos de emergências: Plano de Emergência do SN-BR, o Plano de Emergência da área radiológica para o submarino, o Plano de Emergência Local (PEL) do CNI e o Plano de Emergências Externo, objeto deste estudo, além dos Planos Complementares de todos os atores envolvidos.

É importante destacar que o Plano de Emergência Externo não se aplica ao submarino com propulsão nuclear em operação no mar, mas em localização fixa, fundeado ou atracado no CNI. Sua execução deve ser realizada por canais de comunicação confiáveis que envolva todos os responsáveis militares e civis locais e nacionais, num fluxo bem definido. Dados meteorológicos, hidrográficos e oceanográficos locais, particularmente sobre níveis de radiação natural devem ser disponibilizadas ao comando de resposta à Emergência, bem como mapas da região indicando as zonas de planejamento de emergência e suas características (GUIMARÃES, 1999).

[12] Emergência radiológica é um desvio inesperado significativo das condições normais de projeto, de atividade, ou de operação ou manutenção de instalação radioativa que, a partir de um determinado momento, foge ao controle planejado e pretendido demandando medidas especiais para retomada de sua normalidade que possa resultar em exposição de pessoas a radiação acima do permitido pelas normas, bem como dados ao meio ambiente e propriedade. Emergência nuclear envolve presença de material nuclear, designação que compreende elementos nucleares e seus subprodutos em qualquer forma de associação (BRASIL, 1992).

4.2 A estrutura de emergências nucleares e radiológicas no Brasil

No Brasil, as primeiras instituições destinadas ao estudo e normatização do emprego da energia nuclear foram criadas em meados do século XX. Em 1956 foram criados o Instituto de Energia Atômica (IEA), atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), instalado no campus da Universidade de São Paulo, tal como a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), no Estado do Rio de Janeiro.

Com a ocorrência do acidente grave de *Three Mile Island* em 1979, a AIEA passou a exercer com maior rigor a sua orientação quanto ao planejamento e preparação para situações de emergência. No ano seguinte, 1980, foi instituído no Brasil o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (SIPRON), refletindo tal preocupação mundial em relação à segurança das instalações nucleares (AZEVEDO *et al*, 2018).

Nesse sistema, as ações relativas ao planejamento de emergência eram de responsabilidade da Secretaria de Defesa Civil do Ministério do Interior (SEDEC/MINTER), assessorada tecnicamente pela CNEN. A organização das ações de emergência estavam contidas nas "Normas Gerais para Instalação e Funcionamento da Junta de Coordenação Geral de Emergência (JCGE)" que tinha como meta principal responder a acidentes em reatores nucleares, sobretudo para a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), localizada em Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro.

O acidente de Goiânia em 1987 evidenciou que as emergências radiológicas também precisavam de um planejamento similar àquele disponibilizado para as situações de emergência oriundas de instalações nucleares. O tratamento dado ao acidente com o Césio 137 demonstrou o despreparo da sociedade brasileira para lidar com acidentes não nucleares e a partir de então, o SIPRON passou por reestruturações e a CNEN emitiu diversas diretrizes para elaboração do planejamento para emergências.

De acordo com Brasil (2018) o SIPRON, atualmente ligado ao Gabinete de Segurança Institucional, tem como atribuições:

I. coordenar ações para atender permanentemente às necessidades de proteção e segurança do Programa Nuclear Brasileiro - PNB;
II. coordenar ações para proteger os conhecimentos e a tecnologia detidos por órgãos, entidades, empresas, instituições de pesquisa e demais

organizações públicas ou privadas que executem atividades para o PNB; e

III. planejar e coordenar as ações, em situações de emergência nuclear, que tenham como objetivo proteger:
    a. as pessoas envolvidas na operação das instalações nucleares e na guarda, manuseio e transporte de materiais nucleares;
    b. a população e o meio ambiente situados nas proximidades das instalações nucleares; e
    c. as instalações e materiais nucleares.

O SIPRON é composto por um órgão central, responsável por sua coordenação; três centros de resposta a emergências nucleares; e quatro órgãos colegiados formados por representantes de órgãos, entidades, empresas, instituições e organizações (BRASIL, 2018).

Os centros de resposta são (BRASIL, 2018):

I. CNAGEN (Centro Nacional de Gerenciamento de Emergência Nuclear): localizado em Brasília / DF, tem o objetivo de prestar assessoria para decisão do Governo Federal, na ocorrência de uma situação de emergência nuclear; e supervisionar e coordenar o apoio dos órgãos federais, entidades públicas e privadas, nacionais ou internacionais, e governos estrangeiros, para complementar as ações empreendidas a nível estadual, municipal, e, quando necessário, das unidades operadoras, os meios utilizados na resposta no estado da federação onde ocorrer uma situação de emergência nuclear;
II. CESTGEN (Centro Estadual de Gerenciamento de Emergência Nuclear): localizado na cidade do Rio de Janeiro / RJ tem como missão implementar o Plano de Emergência Externo (PEE) do estado da federação onde ocorrer uma situação de emergência nuclear; prestar assessoria de alto nível para decisão do governo estadual, na ocorrência de uma situação de emergência nuclear; e coordenar o apoio do governo federal, órgãos federais, entidades públicas e/ou privadas sediadas em seu estado para complementar as ações empreendidas e os meios utilizados na resposta a uma situação de emergência nuclear;

III. CCCEN (Centro de Coordenação e Controle de Emergência Nuclear): localizados em Angra dos Reis / RJ e Resende / RJ, tem como meta coordenar a execução das ações que lhe são atribuídas no Plano de Emergência Externo (PEE); coordenar o apoio dos diversos órgãos, sediados no Município, com responsabilidade na resposta a uma situação de emergência nuclear; solicitar apoio aos órgãos municipais, estaduais e federais, sediados em sua área de influência, para implementar as ações necessárias e complementar os meios utilizados, na resposta a uma situação de emergência nuclear; e manter o Centro de Informações de Emergência Nuclear - CIEN, informado sobre a evolução da situação de emergência nuclear.

Os órgãos colegiados são (BRASIL, 2018):

a) CALON (Comitê de Articulação nas Áreas de Segurança e Logística do Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro);
b) COPREN/RES (Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear no Município de Resende);
c) COPREN/AR (Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear no Município de Angra dos Reis);
d) COPRON (Comissão de Coordenação da Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro) .

Em face de uma situação de emergência, foram elaborados os seguintes planos para a resposta às situações de emergência nuclear (BRASIL, 2018):

- Plano de Emergência Local (PEL) da ELETRONUCLEAR para as Unidades 1 e 2 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA);
- Plano de Emergência Local (PEL) das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) para a Fábrica de Combustíveis Nucleares (FCN);
- Plano para Situações de Emergência (PSE) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);
- Plano de Emergência Externo do Governo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ);

- Plano de Emergência Municipal (PEM) da Prefeitura Municipal de Angra dos Reis; e
- Planos de Emergência Complementares (PEC) dos Órgãos de Apoio do SIPRON.

Além disso, o SIPRON supervisiona exercícios que executam o planejamento existente para implementar uma resposta a determinada situação de emergência, tanto na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), quanto no transporte de combustível nuclear.

Conforme Brasil (2018), a periodicidade na realização dos exercícios é anual, sendo do tipo Parcial nos anos pares e do tipo Geral nos anos ímpares, sob a coordenação do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Neles são testadas as decisões referentes às ações previstas na NG-06 (Norma Geral para Instalação e Funcionamento dos Centros encarregados da Resposta a uma Situação de Emergência Nuclear), no Plano de Emergência Local (PEL) da ELETRONUCLEAR, no Plano para Situações de Emergência (PSE) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), no Plano de Emergência Externo do Governo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ), no Plano de Emergência Municipal (PEM) da Prefeitura Municipal de Angra dos Reis e nos Planos de Emergência Complementares (PEC) dos Órgãos integrantes do SIPRON.

4.3 Estabelecimento e gestão de operações de emergência nuclear ou radiológica

Conforme preconizado na Posição Regulatória 3.01/006 (CNEN, 2011), melhor explicado no item 4.4.5, a intervenção em situações de emergência nuclear ou radiológica deve ter o objetivo de nortear a implementação das diversas medidas de proteção para evitar ou reduzir a exposição da população à radiação. Os níveis de intervenção são expressos em termos da dose, que pode ser evitada num determinado período de tempo, correspondente à duração de uma ação protetora específica associada à intervenção.

Os níveis de intervenção e de ação estabelecidos são genéricos e visam orientar a tomada de decisão quanto à implementação de ações protetoras, em particular

aquelas para atender situações de acidentes em reatores nucleares, devendo ser otimizados para ações protetoras relevantes.

De acordo com a posição regulatória (*ibidem*) as decisões relativas à adoção de medidas urgentes de proteção à população, quando da ocorrência de um acidente nuclear, são baseadas na dose projetada. A dose projetada é a dose prevista que um indivíduo receberia, em um período de tempo determinado, se nenhuma ação protetora fosse implementada. A dose projetada é estimada com base nas condições da instalação, nas previsões de evolução do acidente, na probabilidade de liberações de materiais radioativos para o meio ambiente e nas condições de dispersão existentes.

Os valores adotados para níveis de intervenção e de ação devem ser igualmente aplicados à maior parte dos indivíduos do público, salvo alguns grupos especiais da população que estão sujeitos a riscos marcadamente diferentes em relação à adoção da medida como, por exemplo, a remoção de pessoas enfermas em hospitais que não possam se locomover prontamente, em que se é apropriado adotar valores diferenciados para esses níveis de tal forma que a adoção da medida de proteção, para esses pequenos grupos, seja justificada, isto é, se a relação entre os riscos envolvidos, considerando a dose evitada e os riscos associados à medida de proteção, resultar em benefício líquido (CNEN, 2011).

Conforme Santa Rita (2013), em caso de acidente, as ações de resposta à emergência radiológica e nuclear devem priorizar:

a) Retomar o controle da situação;
b) Prevenir ou mitigar as consequências do acidente na sua origem;
c) Prevenir a ocorrência de efeitos determinísticos;
d) Providenciar tratamento médico a acidentados;
e) Prevenir a ocorrência efeitos estocásticos;
f) Prevenir a ocorrência de efeitos não radiológicos;
g) Proteger o meio ambiente e as propriedades; e
h) Preparar o retorno às atividades sociais e econômicas.

As capacidades básicas necessárias para responder a uma emergência radiológica são: sistema de monitoramento de radiação para detectar, medir e reportar dose de radiação e taxas de exposição, além de pessoal treinado para receber, analisar e avaliar as informações fornecidas pelas equipes de monitoramento CNEN (CNEN, 2011).

As ações protetoras tomadas com base nas doses projetadas são justificadas nos casos em que os resultados indiquem transcorrer a probabilidade de ocorrerem sérios danos à saúde. Nessas circunstâncias, conforme CNEN (CNEN, 2011), qualquer decisão de não implementar a ação protetora deverá ser justificada. Entre as medidas protetoras imediatas de relevância, estão:

a) Arbitragem – permanecer no interior de prédios para reduzir a exposição externa à contaminação presente no ar e ao material radioativo depositado em superfícies;
b) Evacuação – o movimento dos indivíduos para fora do campo de radiação ou do caminho da nuvem radioativa, ou seja, envolve a retirada urgente de pessoas de seus locais normais de residência, trabalho ou lazer, em período curto de tempo;
c) Administração de iodo estável – podendo ser complementadas por ações adicionais, tais como controle de acesso, proteção e descontaminação. Os níveis de intervenção recomendados para essas medidas de proteção estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1: Níveis genéricos de intervenção para ações de proteção urgentes.

Ação de Proteção	Nível Genérico de Intervenção (dose evitada pela ação de proteção)
Abrigagem	10 mSv [1]
Evacuação	50 mSv [2]
Profilaxia por Iodo Estável	100 mGy[3]

[1] A abrigagem não é recomendada por um período superior a 2 (dois) dias.
[2] A evacuação não é recomendada por um período superior a 1 (uma) semana.
[3] Dose absorvida comprometida evitada na tiróide.

(Fonte: CNEN, 2011, p. 3).

Em uma emergência o atendimento aos aspectos não radiológicos deve ter prioridade sobre os radiológicos, como por exemplo salvar vidas, tratamento de lesões, combate a incêndio, proteção de pessoas, do meio ambiente e de propriedades. Uma vez que os aspectos não radiológicos tiverem sido estabilizados, os passos seguintes deverão

ser dirigidos para minimizar os riscos radiológicos para o público, trabalhadores de emergência e proteção ao meio ambiente (CNEN, 2011).

Marques (2011) afirma que o planejamento das ações a serem realizadas possibilita a organização genérica desta resposta e classifica os responsáveis da seguinte forma:

a) Iniciador da resposta: Primeiro profissional informado sobre uma emergência com autoridade para ativar um plano de emergência;
b) Coordenador da emergência: profissional designado para dirigir a resposta;
c) Controlador na cena: é o responsável pelo gerenciamento de todas as operações no local do acidente;
d) Assessor radiológico: é o responsável na cena pela monitoração de áreas e pessoas, controle da contaminação e o controle ocupacional dos trabalhadores de emergência, assim como, pela recomendação das ações de proteção a serem executadas; e
e) Primeiro respondedor: é a primeira pessoa ou equipe a chegar à cena com funções específicas de resposta ao acidente.

As ações devem primeiramente estabelecer um ponto de controle e logo após, acionar as equipes de emergência. Para isso o local deve estar radiologicamente limpo, pois é por eles que os responsáveis que irão atuar na ação de emergência acessam a área isolada devido a um acidente radiológico ou nuclear. Nesse momento, devem ser observados:

- Direção do vento e acessibilidade para monitoração controle de pessoas, equipamentos de medição e EPI;
- Localização do ponto de controle que tem que estar na fronteira com a área livre da influência do material causador da emergência radiológica ou nuclear.

A Figura 9 mostra como a área deve ser delimitada.

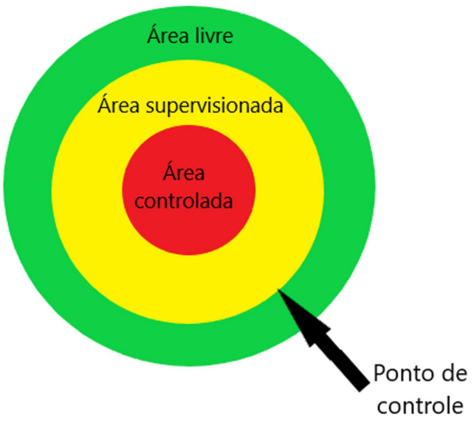

Figura 9: Delimitação da área de resposta.
(Fonte: adaptado de Santa Rita, 2013).

4.4 Referencial normativo

As atividades nucleares do mundo devem estar ancoradas nas recomendações da AIEA, que foi criada em 1954 como uma organização autônoma que tem como finalidade apoiar os usos seguros e pacíficos da energia atômica. A AIEA constitui um fórum intergovernamental para a cooperação científica e técnica do uso pacífico da tecnologia nuclear, sendo de extrema importância no tocante à segurança mundial, principalmente no que se refere ao uso de armas nucleares. Como vários países detém tecnologias voltadas para a geração de energia nuclear e produção de armas atômicas, ela se tornou fundamental para o controle e fiscalização deste tipo de energia.

A AIEA dispõe de várias normas voltadas para a proteção das pessoas e do meio ambiente além de uma área temática dedicada à Preparação de Resposta às Emergências (*Emergency Preparedness and Reponse*) composta por um documento chave de Requisitos de Segurança, acompanhado de três guias de segurança.

No nível de requisitos de segurança, o *GSR - General Safety Requirement- part 7: Preparedness and Response for Nuclear and Radiological Emergency* - Guia Geral de Requisitos de Segurança parte 7: Preparação e Resposta para Emergências Nucleares e Radiológicas – é um guia de segurança que preconiza os requisitos em nível adequado de preparação e resposta para uma emergência nuclear ou radiológica em qualquer lugar. Sua implementação destina-se a minimizar as consequências para pessoas, propriedade e ambiente de qualquer emergência nuclear ou radiológica.

O guia *Safety Guide nº GS-G-2-1- Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency* – Organização para a preparação para Emergências Nucleares e Radiológicas – fornece, inicialmente, os objetivos básicos de preparação e resposta de emergências radiológicas e nucleares, tanto quanto os princípios de intervenção que se aplicam na tomada de medidas para atender a esses objetivos. Dessa forma, estabelece os requisitos gerais que devem ser atendidos antes de iniciar os preparativos eficazes para a resposta à emergência, tal como define as categorias de ameaças para estes requisitos. Além disso, o guia estabelece também os requisitos para executar as funções críticas para uma preparação e resposta de emergência de forma eficaz.

O guia geral de segurança *General Safety Guide* nº GSB-2 - *Criteria for use in Preparedness and Reponse for Nuclear and Radiological Emergency* - Critérios para uso em Preparação e Resposta para Emergências Nucleares e Radiológicas - fornece recomendações e orientações sobre como cumprir com os requisitos de segurança, apresentando boas práticas para ajudar os usuários a alcançar níveis de segurança reconhecidos internacionalmente. As recomendações apresentadas neste Guia de Segurança dizem respeito aos valores e aos critérios genéricos necessários para desenvolver critérios operacionais para ações de proteção e outras ações de resposta para proteger os trabalhadores e o público do entorno em caso de emergência nuclear ou radiológica.

Por último, o guia de segurança *No. TS-G-1.2 (ST-3): Safety Guide Planning and Preparing for Emergency Reponse to Transport Accidents Involving Radioactive Material* - Planejamento e Preparação de Respostas a Emergências que envolvem transporte de material radioativo tem como objetivo auxiliar no estabelecimento da capacidade de responder à emergências desse tipo. Trata-se de uma orientação sobre vários aspectos como planejamento e preparação, atribuição de responsabilidades, tendo sido desenvolvido para lidar especificamente com os problemas associados a emergências de transporte envolvendo material radioativo. Tais acidentes são semelhantes aos de outras mercadorias perigosas, devendo, portanto, ser coordenados com aqueles necessários para responder a acidentes relacionados com transportes que envolvam outras mercadorias perigosas.

Com relação à segurança física de instalações nucleares, o Brasil tem uma organização correspondente, a CNEN é uma autarquia federal criada em 1956, para desenvolver a política nacional de energia nuclear. Trata-se de um órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, que estabelece normas e regulamentos em radioproteção e é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil.

Para atender as recomendações da AIEA, a CNEN desenvolveu normas divididas em 9 (nove) grupos. O grupo 1: Instalações nucleares e o grupo 2: Controle de Materiais Nucleares, Proteção Física e Proteção contra Incêndio correspondem a área *Facilities and Activities* (Instalações e Atividades) , *Governmental, Legal and Regulatory Framework - Safety Infrastructure* (Quadro Governamental, Legal e Regulamentar - Infraestrutura de Segurança) e *Site Evaluation* (Avaliação de Locais) ; o grupo 3: Proteção Radiológica atende a área *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources* (Proteção contra Radiação e Segurança de Fontes de Radiação); o grupo 4: Materiais, Minérios e Minerais Nucleares contempla a área *Fuel Cycle Facilities* (Intalações Para o Ciclo do Combustível); o grupo 5: Transporte de Materiais Radioativos compreende as áreas denominadas *Transport of Radioactive Material* (Transporte de Material Radioativo); o grupo 6: Intalações Radiativas está contemplado na área *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources* (Proteção contra Radiação e Segurança de Fontes de Radiação); o grupo 7: Certificação e Registro de Pessoas contempla a área *Governmental, Legal and Regulatory Framework - Safety Infrastructure* (Quadro Governamental, Legal e Regulamentar - Infraestrutura de Segurança); o grupo 8: Rejeitos Radioativos e o grupo 9: Descomissionamento atendem a área *Radioactive Waste Mangement, Rescommissioning and Remediation* (Gerenciamento de Resíduos Radioativos, Reacomissionamento e Remediação).

A área radiológica do CNI terá seu processo de licenciamento nuclear realizado pela CNEN, que deverá usar suas normas já existentes e elaborar novos documentos que atendam a este propósito.

De acordo com a norma CNEN 1.04 (CNEN, 2002), no processo de licenciamento “excluem-se aquelas atividades relacionadas com reatores nucleares utilizados como fonte de energia em meio de transporte, tanto para propulsão como para outros fins”. Portanto, o processo de licenciamento do submarino brasileiro com

propulsão nuclear não seguirá o padrão utilizado para as usinas nucleares. Ele será realizado pela Agencia Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ), que foi criada pela Marinha do Brasil em 2017 e ativada em 2018. Tal Agência tem como objetivo regular e fiscalizar a segurança nuclear e naval de meios navais com planta de propulsão nuclear, assim como garantir a qualidade no desenvolvimento tecnológico de produtos e sistemas navais de defesa.

As principais normas da CNEN que se aplicam ao licenciamento e operação com segurança da área radiológica do CNI, ou promovem interface com o submarino de propulsão nuclear são apresentadas a seguir.

4.4.1 CNEN NE 1.04

A norma da CNEN NE 1.04 (CNEN, 2002) trata sobre o licenciamento de instalações nucleares. Ela se aplica ao licenciamento das seguintes instalações nucleares: reator nuclear; usina que utilize combustível nuclear para produção de energia térmica ou elétrica para fins industriais; fábrica ou usina para a produção ou tratamento de materiais nucleares, integrante do ciclo de combustível nuclear; usina de reprocessamento de combustível nuclear irradiado; depósito de materiais nucleares, não incluindo local de armazenamento temporário usado durante transportes.

O texto desta norma cita que a CNEN pode, através de Resolução, acrescentar requisitos adicionais conforme considerar necessário e apropriado. Além disso, prevê que na ausência de normatização brasileira adequada, devem ser utilizados, preferencialmente, materiais da AIEA e normas internacionais. O processo estabelecido nesta Norma se aplica às atividades relacionadas com a localização, construção e operação de instalações nucleares, abrangendo as seguintes etapas:

a) Aprovação do Local;

b) Licença de Construção (total ou parcial);

c) Autorização para Utilização de Materiais Nucleares;

d) Autorização para Operação Inicial;

e) Autorização para Operação Permanente;

f) Cancelamento de Autorização para Operação.

Esta norma será utilizada para o licenciamento da área radiológica do CNI Itaguaí pressupondo-se, dentre outros aspectos, que:

a) O requerente é a "pessoa jurídica, autorizada na forma da Lei, que requer ao Órgão Licenciador (OL) aprovação, licença, autorização, ou qualquer outro ato previsto nesta norma";

b) As variáveis, condições e outras características que por intermédio de análise de segurança fundamentarão as especificações técnicas da instalação devem ser descritas e justificadas;

c) Os itens da instalação devem ser objeto de descrição e análise que inclua seus requisitos de desempenho com as respectivas referências e justificativas técnicas;

d) Será implantado e mantido um Programa de Garantia da Qualidade do requerente e contratados principais;

e) Planos de emergência que assegurem que, na eventualidade de uma emergência, serão tomadas medidas apropriadas para garantir a saúde e a segurança do público além de prevenir danos ao meio ambiente e propriedades;

f) Que os itens devem ser projetados, fabricados, montados, construídos, ensaiados, testados e inspecionados tendo como fundamento normas técnicas, aceitas pela Autoridade de Segurança Nuclear, compatíveis com a importância da função de segurança desempenhada;

g) O estabelecimento de especificações técnicas;

h) Livre acesso do OL às instalações, registros, equipamentos e materiais do requerente e seus contratados principais para fins de auditoria;

i) A implantação de medidas que assegurem o entrosamento entre o pessoal técnico e administrativo, a fim de que não exista solução de continuidade de questões pertinentes à segurança;

j) Garantia de não haver risco indevido à saúde e à segurança da população como um todo, dos trabalhadores e ao meio ambiente; e

k) Que o requerente seja tecnicamente qualificado para condução das atividades.

Esta norma também prevê a elaboração, dentro da filosofia contida nas publicações da AIEA, de um Plano de Emergência Local, abrangendo a operação inicial e a operação em caráter permanente. Este documento deve demonstrar que, na eventualidade de uma emergência envolvendo radiação, serão tomadas medidas apropriadas para garantir a saúde e a segurança do público e prevenir danos a propriedades (CNEN, 2002).

4.4.2 CNEN NN 1.16

A norma CNEN NN 1.16 (CNEN, 2000) tem como objetivo determinar os requisitos a serem adotados no estabelecimento e na implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade para usinas nucleoelétricas, instalações nucleares e, conforme aplicável, também para instalações radiativas, bem como determinar a forma segundo a qual os Programas de Garantia da Qualidade devem ser preparados e submetidos à CNEN.

Ela se aplica às atividades que influem na qualidade de itens importantes à segurança, desenvolvidas no gerenciamento do empreendimento e em cada um dos seus diversos estágios: escolha de local, projeto, construção, comissionamento, operação e descomissionamento (CNEN,2000).

De acordo com a norma, é obrigatório, por parte do Requerente, o estabelecimento e a implementação de um Sistema de Garantia da Qualidade para o Empreendimento, de acordo com seus requisitos, segundo à natureza do Empreendimento e de forma a assegurar o controle das atividades associadas aos seus diversos estágios.

Além disso, a Segurança Nuclear, através das ações de análise de segurança, é o elemento fundamental a ser levado em consideração, pelo Responsável pelo Sistema, ou pelo Projetista, conforme aplicável, na identificação dos itens, serviços e processos a serem incluídos no escopo dos SGQ (CNEN, 2000).

Em suma, o SGQ deve contar com os seguintes itens sugeridos pela norma (CNEN,2000):

a) Controle de documentos;
b) Controle de projetos;
c) Controle de aquisições;
d) Controle de materiais;
e) Controle de inspeção e testes;
f) Controle de itens não-conformes;
g) Ações corretivas;
h) Registros de garantia da qualidade;
i) Auditoria.

4.4.3 CNEN NE 1.24

A norma CNEN NE 1.24 (CNEN, 1991) estabelece os requisitos de segurança nuclear e radioproteção aplicáveis à entrada e uso de portos, baías e águas sob jurisdição nacional por navios nucleares com vistas à obtenção de autorização governamental e ulterior fiscalização pelas autoridades competentes.

Ela abrange os requisitos de segurança no decorrer de operações normais durante a estadia, à documentação de segurança do navio nuclear, ao plano de operação do porto, ao processo de seleção de cais, terminais e fundeadouros, ao recarregamento de combustível nuclear, aos rejeitos radioativos, à monitoração radiológica ambiental, à monitoração radiológica relacionada a um acidente no reator do navio nuclear e à verificação a bordo das condições de funcionamento da instalação nuclear (CNEN, 1991).

Essa norma não aborda troca de combustível e proíbe alijamento de rejeitos radioativos, que somente deve ocorrer mediante a autorização da CNEN. No entanto ela poderá ser importante subsídio para possíveis normas na operação de navios com propulsão nuclear no Brasil em bases navais, em que se deve considerar (CNEN, 1991):

a) fatores que influem na possibilidade relativa de um acidente devido a causas externas, como: rotas de navegação, intensidade do tráfego marítimo,

localização de aeroportos e pistas de voo, condições meteorológicas e das marés afetando a navegabilidade, estatísticas de colisão e operações excepcionais nas docas;

b) fatores que interferem na capacidade de dispersão de radionuclídeos no meio ambiente, tais como: frequências e durações de condições meteorológicas dominantes e excepcionais, dos fluxos da maré, de inundações e de correntes marítimas; e
c) fatores que tenham influência nas consequências potenciais de um acidente, tais como: proximidade de terra, profundidade para facilitar o movimento do navio nuclear e facilidade de combate ao fogo, de reboque, de controle radiológico e de execução de outros serviços.

Esta norma pode servir de base para o licenciamento da área radiológica do CNI que deverá apresentar um Plano de Operação Específico que deve conter, detalhadamente, as seguintes informações:

a) localização e descrição geral da Base Naval, incluindo as condições meteorológicas normais e excepcionais;
b) administração e serviços da Base Naval, com definição precisa de responsabilidades executivas;
c) sequência dos procedimentos relativos ao submarino de propulsão nuclear quando fundeado na Base Naval;
d) zona controlada, zona de baixa população e zona de densa população da Base Naval;
e) fundeadouro remoto selecionado para receber o submarino com propulsão nuclear, no caso de um acidente nuclear;
f) precauções contra incêndio do submarino com propulsão nuclear;
g) organização de meios de comunicação entre o submarino com propulsão nuclear e as autoridades em terra;
h) agentes especiais de segurança da Marinha para impedir acesso não autorizado a área durante as 24 horas do dia;
i) facilidade de acesso ao navio nuclear por rebocadores de modo a não dificultar uma ação de emergência;

j) planos de emergência aplicáveis a todas as rotas de trânsito, cais, terminais e fundeadouros em condições de serem usados pelo navio nuclear, orientando como as autoridades locais e o pessoal qualificado serão organizados e utilizados para conduzir todas as operações necessárias após a ocorrência de um acidente, tomando como referência o acidente máximo postulado;
k) programa de monitoração radiológica ambiental da Base Naval.

Além disso, esta norma antecede cuidados para quando a base naval estiver em operação, dentre eles a observação contínua das condições de funcionamento da instalação nuclear com o monitoramento dos níveis de radiação no meio ambiente, executando as medições antes, durante e após a estadia do navio nuclear com a finalidade de determinar se algum material radioativo foi liberado e se os níveis de radiação aumentaram acima do normalmente existente; determinar a natureza e a extensão de qualquer liberação; avaliar os níveis de radiação e de contaminação radioativa no meio ambiente e em volta do navio nuclear; avaliar a magnitude e a natureza dos riscos resultantes de um acidente; e determinar quando uma liberação de material radioativo terminou e quando áreas afetadas retornaram às condições normais.

Esta norma também prevê o estabelecimento, para fins de planejamento, em Plano de Emergência, as seguintes Zonas de Planejamento de Emergência (ZPEs), para o caso de ocorrer acidente no reator do navio nuclear:

a) ZPE 1 - área próxima ao navio nuclear dentro da qual devem ser implementadas medidas protetoras, logo após a notificação de um acidente no reator;
b) ZPE 2 - área de risco de incorporação de radionuclídeos por inalação que inclui a ZPE 1 e onde devem ser implementadas medidas protetoras para evitar incorporações que excedam os critérios de dose individual estabelecidos na Norma CNEN-NE-3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção; e
c) ZPE 3 - área de risco de incorporação de radionuclídeos mediante a ingestão de água e alimentos contaminados e que inclui a ZPE 1 e a ZPE 2.

As fronteiras das ZPEs 2 e 3 podem variar de acordo com a severidade do acidente e as condições meteorológicas predominantes e, na prática, serão determinadas pelas medições dos níveis de radiação e de contaminação.

4.4.4 CNEN NE 1.26

A norma CNEN NE 1.26 (CNEN,1997) trata da Segurança na Operação de Usinas Nucleoelétricas e tem como objetivo estabelecer os requisitos mínimos necessários para garantir que a condução da operação de usinas nucleoelétricas seja mantida sem risco indevido à saúde e à segurança da população como um todo e ao meio ambiente.

Essa norma poderá ser adaptada ou ainda, servir de base uma norma similar poderá ser devolvida pela CNEN para bases navais como o CNI, que disporão de áreas radiológicas, abordando também os critérios que a organização operadora deverá atender e estabelecer antes do início do comissionamento e da operação da área. Ela também poderá servir de base para a AgNSNQ, uma vez que para licenciar o SN-BR será necessário apresentar em documento específico, tal como a norma, os seguintes itens:

a) Especificações Técnicas;
b) Comissionamento da Usina;
c) Estrutura da Organização Operadora;
d) Gerenciamento e Pessoal envolvido na Operação da Usina;
e) Instruções e Procedimentos de Operação;
f) Manutenção, Testes, Exames, Ensaios e Inspeções Periódicas;
g) Gerenciamento do Núcleo do Reator e Manuseio Dos Elementos Combustíveis;
h) Modificações de Projeto;
i) Radioproteção;
j) Gerenciamento de Efluentes E Rejeitos Radioativos;
k) Preparação para Emergências;
l) Garantia da Qualidade;
m) Proteção Física da Usina;
n) Proteção contra incêndio;
o) Registros e Relatórios;
p) Gerenciamento do Risco;
q) Reavaliação Periódica de Segurança.

Sobre segurança na operação de usinas nucleares estabelece que:

> A organização operadora deve estabelecer uma estrutura organizacional com número suficiente de gerentes e pessoal qualificados, técnica e administrativamente, e de tal forma preparados que tenham a consciência da importância de uma cultura de segurança (BRASIL, 1997, p.8).

É válido destacar que o documento (*ibidem*) determina que:

a) A organização deve possuir uma estrutura organizacional que aborde a avaliação da cultura organizacional.
b) Sejam conduzidas avaliações regulares da cultura de segurança, no intuito de assegurar que prevaleça a conscientização da importância primordial da segurança, e que não exista excessiva confiança ou complacência.
c) Deve ser realizado o acompanhamento do retorno de experiência, a fim de detectar tendências adversas à segurança e tratar eventos relacionados à segurança de modo a prevenir acidentes.

4.4.5 CNEN NN 3.01

A norma CNEN 3.01 (CNEN, 2014) se refere às diretrizes básicas de proteção radiológica, incluindo todas as fontes associadas a essas práticas, assim como na necessidade de intervenções. As práticas abrangem o manuseio, a produção, a posse e a utilização de fontes, como o transporte, o armazenamento e a deposição de materiais radioativos, compreendendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver exposição à radiação; e, ainda, aquelas que envolvam exposição a fontes naturais cujo controle seja considerado necessário pela CNEN.

Ela se aplica às seguintes intervenções: as decorrentes de situações de emergência, que requeiram uma ação protetora para reduzir ou evitar as exposições à radiação, as decorrentes de situações de exposições crônicas que requeiram uma ação remediadora para reduzi-las ou evitá-las bem como aquelas decorrentes de exposições a resíduos oriundos de atividades não submetidas ao sistema regulatório da CNEN (CNEN, 2014).

Conforme a norma (CNEN, 2014), os responsáveis pala instalação nuclear devem:

> a) implantar, implementar e documentar um sistema de *proteção radiológica*, em consonância com a natureza e extensão dos riscos associados com as *práticas* e *intervenções* sob sua responsabilidade, em conformidade com esta Norma e demais normas aplicáveis, estabelecidas pela *CNEN*;

> b) determinar as medidas e os recursos necessários para garantir o cumprimento das diretrizes de *proteção radiológica* desta Norma, assegurar que os recursos sejam fornecidos e que essas medidas sejam implementadas corretamente;
>
> c) rever, continuamente, tais medidas e recursos, identificar quaisquer falhas e deficiências na sua aplicação, corrigi-las e evitar suas repetições, além de verificar regularmente se os objetivos de *proteção radiológica* estão sendo alcançados;
>
> d) estabelecer mecanismos para facilitar a troca de informação e cooperação entre todas as partes interessadas com relação à *proteção radiológica,* incluindo a segurança das *fontes*;
>
> e) manter os registros apropriados relativos ao cumprimento de suas responsabilidades;
>
> f) tomar as ações necessárias para assegurar que os *IOE* estejam cientes de que sua possuem obrigações e responsabilidades tanto pela sua própria proteção como pela de terceiros (CNEN, 2014, p. 8).

A norma prevê, também, que as fontes e instalações devem ser mantidas em condições de segurança para prevenir roubos, avarias e quaisquer ações de pessoas físicas ou jurídicas não autorizadas, o que, para o CNI, é de responsabilidade da Marinha do Brasil (CNEN, 2014).

Quanto à proteção radiológica, a norma CNEN 3.01 (CNEN, 2014) estabelece os seguintes requisitos básicos:

a) Justificação: o benefício decorrente da adoção de uma prática deve se exceder ao detrimento radiológico que ela possa causar;
b) Limitação da dose individual: a exposição de uma pessoa à radiação ionizante decorrente de uma prática justificada deve ser controlada e limitada aos limites máximos preconizados;
c) Otimização: as doses originadas de fontes empregadas em uma prática justificada devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequível, tendo em conta fatores econômicos e sociais.

Por fim a norma CNEN 3.01 (CNEN, 2014) preconiza os requisitos para intervenção como as obrigações fundamentais, os requisitos de proteção radiológica, a exposição em situação de emergência e a exposição crônica. Esta norma foi melhor explicada na Posição Regulatória 3.01/006 que informa e orienta sua aplicação à intervenção em situações de emergência, conforme apresentado no item 4.4 deste trabalho.

5. ESTUDO COMPARATIVO DE PLANOS DE EMERGÊNCIAS EXTERNOS

5.1 Elaboração de Planos de Emergência

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei 12.608/ 12, prevê que as ações de proteção e defesa civil sejam organizadas pelas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Assim, para cada uma delas há responsabilidades específicas, ao mesmo tempo em que se considera que façam parte de uma gestão sistêmica e contínua (BRASIL, 2017).

O sistema de Proteção e Defesa Civil no Brasil é organizado por meio de um sistema, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC. A Lei 12.608/12 define a composição do SINPDEC com diferentes órgãos públicos responsáveis por sua gerência, prevendo ainda a possibilidade de participação da sociedade. É dessa organização que advém as orientações gerais para elaboração de planos de ação para o caso de acidentes.

De acordo com Brasil (2017) o roteiro de elaboração de um plano de emergênciadeve seguir os passos conforme figura seguinte:

Figura 10: Passos para elaboração de Planos de Emergência.
(Fonte: BRASIL, 2017).

1º PASSO – percepção de risco: a decisão de construir um plano de emergência reflete a percepção do risco local. Ele pode ser elaborado para um ou mais cenários de risco e consolidado em um único Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil do município ou Estado;

2º PASSO - constituição de um grupo de trabalho: a abrangência de ações que devem ser previstas e planejadas para constar em um plano de emergência envolvem várias instituições e responsáveis. Disso advém a importância de se realizar um planejamento participativo, com ações articuladas e previamente acordadas entre diversas instituições;

3º PASSO – análise do cenário de risco e cadastro de capacidades: ceder à análise de cada cenário. Esta etapa é essencial para o sucesso do plano de emergência, pois é o momento de conhecer em detalhes a realidade local, crucial para realizar o planejamento de ações e procedimentos para atuação integrada;

4º PASSO - definição de ações e procedimentos: para cada cenário de risco devem ser consideradas as ações e procedimentos a realizar desde o acionamento do plano de contingência até o encerramento da emergência, considerando os recursos disponíveis;

5° PASSO – aprovação: passo essencial antes de sua implantação efetiva, que é a aprovação do documento final. Os planejadores devem incentivar que o plano de contingência passe por aprovação formal (validação) por parte daqueles que devem implantar seus procedimentos, incluindo a sociedade civil, considerando que os mesmos participaram de sua elaboração;

6º PASSO - divulgação do plano: o documento final do plano de contingência deve ser de conhecimento público, em alinhamento às diretrizes de transparência. Há, porém, no documento final, informações sensíveis, como telefones de autoridades, por exemplo. Neste caso, a versão completa com todos os cadastros deve estar disponível aos órgãos responsáveis pelas ações de acionamento;

7º PASSO – operacionalização: a operacionalização do plano ocorre a cada simulado, alerta, alarme (em situação real ou em simulado) ou ocorrência de desastre, devendo seguir os procedimentos e ações previstos no documento final. É importante que após o término da emergência ou simulado a experiência sirva como instrumento de prevenção e de avaliação e revisão do plano.

8º PASSO – revisão: tendo em vista a imprevisibilidade de um acidente, é fundamental manter o plano de contingência atualizado, tarefa desafiadora, mas que pode ser cumprida com revisões regulares. O plano deve especificar a frequência das revisões e seus responsáveis.

Conforme Martins (2010), o plano de emergência deve ser elaborado com a colaboração de todos os atores sociais envolvidos e suas informações devem ser atualizadas, pelo menos uma vez por ano.

Os Planos de Emergência, sejam internos ou externos, irão traduzir as ações de defesa civil de forma sistêmica para os agentes que atuarão em caso de acidente. Ele deve responder a questões como, o que será necessário para fazer numa emergência diante dos cenários apresentados; onde as ações devem ser executadas; quando o Plano deverá ser deflagrado; como serão executadas as ações de proteção a população; quais serão seus executores etc (CARVALHO, 2017).

O plano de emergência tem foco nas atividades que devem ocorrer durante a emergência fazendo parte da gestão de crises, sendo constituído por um conjunto de

metodologias e ações coordenadas para minimizar a magnitude dos danos devido a incidentes e acidentes, bem como as perdas potenciais para o município ou para a instituição envolvida.

Para Almeida (2001), um plano de emergência pode ser dividido em dois tipos, um interno, voltado à resolução das emergências próprias da instituição, e outro externo, que considera a área externa à organização.

O plano de emergência interno é um documento de resposta contendo um conjunto de situações desencadeadas por potenciais eventos anômalos perigosos para dentro dos limites internos da organização. Ele contém ações para evitar ou minimizar os efeitos de um acidente e tem como um dos objetivos notificar todos os envolvidos no processo e orientar na execução das medidas imediatas que devem ser tomadas após o evento.

Já o plano de emergência externo se concentra na gestão da emergência relacionada ao ambiente fora da organização, sendo seu desenvolvimento uma responsabilidade das autoridades de Defesa Civil. Trata-se de um documento em que se identifica o que precisa ser feito em busca da segurança daqueles que estão em uma área de risco, bem como o meio ambiente do entorno (ALMEIDA, 2001).

O Plano de Emergência Externo para a região de Itaguaí deve contemplar acidentes que podem ocorrer nas instalações de trabalho radiológico do submarino com propulsão nuclear ou acidentes de transporte fora do local que possam ter um impacto na saúde pública e segurança dos cidadãos da região. Ele deve obedecer à orientação contida nas normas gerais da CNEN e recomendações do SIPRON, dentro da filosofia da AIEA, contendo, no mínimo, os seguintes elementos:

- a organização para fazer face a emergências envolvendo radiação e os meios de notificação as pessoas designadas para as diversas atribuições;
- os acordos e contratos realizados ou a serem realizados com autoridades locais, estaduais ou federais com responsabilidade em situações de emergência, incluindo a identificação das principais autoridades;

- as medidas a tomar em caso de acidentes, para garantir a saúde e segurança da população como um todo e evitar danos a propriedades, bem como ação prevista das autoridades externas no caso de emergência;
- os recursos de que será provida a instalação para os primeiros socorros no próprio local, incluindo serviço de monitoração de pessoal, instalações e provisões locais de descontaminação e transporte de emergência para estabelecimentos hospitalares externos;
- as provisões feitas para o tratamento, em estabelecimentos hospitalares externos, de indivíduos acidentados ou contaminados;
- as características de que será provida a instalação para assegurar a possibilidade de evacuação e de reentrada na instalação a fim de minorar as consequências de um acidente ou, se for o caso, continuar a operação;
- programa de treinamento para empregados, tal qual para a população do entorno, da organização licenciada ou operadora, cujos serviços possam ser necessários em casos de emergência.

Embora a probabilidade de ocorrência de uma emergência radiológica ou nuclear em instalações ou navios com propulsão nuclear seja remota, a prudência determina que sejam tomadas providências para lidar com a ocorrência.

Baseado no modelo descrito no item 5.1 e nas fases que deve conter em um PEE, os quadros a seguir apresentam uma comparação entre o Plano de Emergências Externo do condado de San Diego nos Estados Unidos (EOP San Diego), o Plano e Emergência do Estado do Rio de Janeiro (PEM-RJ) e o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (PEE- CNAAA).

A escolha do Condado de San Diego se deve ao fato da região conter uma usina de geração nuclear, em fase de descomissionamento desde 2013, *San Onofre Nuclear Generating Station,* e uma base naval para navios com propulsão nuclear constante do Programa de Propulsão Nuclear Naval (Naval Nuclear Propulsion Program – NNPP) da Marinha dos Estados Unidos. O plano de emergência adotado é de caráter geral e preconiza a construção de uma região resiliente, ou seja, capaz de resistir, absorver ou se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre, dentro de seus limites.

O Estado do Rio de Janeiro possui um Plano de Emergência Externo (PEM) de caráter geral e planos complementares para distintas situações de desastre, como o Plano de Emergência Externo aplicado à Emergência Nuclear nas Instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA).

Considerando que o PROSUB é um programa inédito no Brasil e que não há, no país, nenhum modelo de Plano de Emergência Externo que atenda especificamente regiões que contenham bases navais com área radiológica para operação de submarinos com propulsão nuclear, optou-se por estudar os Planos do Estado do Rio de Janeiro e apontar, a partir da comparação, aspectos que devem ser considerados na elaboração do Plano de Emergências Externo do CNI.

5.2 Introdução ao Plano

A introdução do Plano de Emergências Externo deve conter dados suficientes para que todos os envolvidos, acionadores ou respondedores, compreendam sua importância e seu objetivo inicial. O quadro 2 apresenta a comparação entre os três Planos escolhidos.

Quadro 2: Dados introdutórios

1- Dados introdutórios	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Identificação dos envolvidos na elaboração	Sim	*Unified San Diego County Emergency Services Organizations' Unified Disaster Council (UDC) and the County of San Diego Office of Emergency Services (OES).*	Sim	Secretaria de Estado de Defesa Civil do Rio de Janeiro (SEDEC - RJ).	Sim	Departamento Geral de Defesa Civil – DGDEC e Centro Estadual para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear – CESTGEN, ambos da Subsecretaria da Defesa Civil, da Secretaria de Estado e Defesa Civil – SEDEC do Estado do Rio de Janeiro.
Área de aplicação	Sim	Terremoto, inundação, seca, rompimento de barragens, incidentes nucleares, escassez de serviços essenciais, terrorismo, tsunami , incêndios, acidentes de trânsito, materias perigosos e deslizamentos.	Sim	Deslizamentos, inundações, alagamentos, quedas, tombamentos, rolamentos (blocos ou matacões),erosão de margem fluvial, vendaval, incêndios, colapso de edificações, desastres relacionados ao transporte de produtos perigosos, desastrares relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas, rompimento ou colapso de barragens.	Sim	Emergência nuclear na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA).
Relação da legislação vigente	Sim	Cita os códigos legais governamentais e especifica os pertinentes a cada área.	Sim	Instrução Normativa nº 02, de 20 de Dezembro de 2016, Lei Federal nº 12.983, de 01/06/2014, Lei Federal nº 12.608, de 10/04/2012, Lei Federal nº 9.608, de 18/02/1998, Lei Federal nº 12.340, de 01/12/2010, Decreto Federal nº 7.505, de 27/06/2011, Decreto Estadual n° 43.599, de 17/05/2012.	Sim	Decreto–Lei Federal n.º 1.809, de 07.10.80 ; Decreto Federal n.º 5.376, de 17.02.05; Decreto Federal n.º 2.210, de 22.04.97; Decreto Estadual n.º 40.908 de 17.08.07 RJ; NG–02 SIPRON; NG–06 do SIPRON; Demais NORMAS GERAIS do SIPRON; Diretriz Angra, do Ministério da Ciência e Tecnologia; PSE da CNEN; PES CNEN; PEL – ELETRONUCLEAR; instruções normativas CNEN; Plano De Comunicações Para Resposta a uma Situação de emergência na CNAAA; Política Nacional de Defesa Civil.
Ano de validação	Sim	2018	Sim	2019	Sim	2013
Definição de condições de aprovação, divulgação e revisão do plano	Sim	Aualização de quatro em quatro anos ou quando necessário. O plano básico e cada anexo é atualizado periodicamente pelo departamento apropriado.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Previsão de atualização do planejamento, bem como dos demais documentos dele decorrentes, sempre que necessário ou, no mínimo, uma vez a cada quatro anos.

Fonte: Elaboração própria

(2019)

1- Dados introdutórios	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Premissas de elaboração	Sim	Elenca seis premissas básicas para o desenvolvimento e aplicação do Plano.	Sim	Discorre sobre o aumento de riscos oriundos das ações antrópicas no meio ambiente , da industrialização, do desenvolvimento tecnológico além da possibilidade de desastres humanos relacionados com as convulsões sociais.	Sim	Visa atender às necessidades de proteção e segurança das atividades desenvolvidas na CNAAA, que garantam a integridade das instalações, do pessoal nelas empregado, da população e do meio ambiente.
Citação e relação com Planos complementares	Sim	As regiões do Condado são encorajadas a adotar o Plano unificado como próprio, com modificações apropriadas as características de cada uma. Referência a Planos Complementares. Cita Planos específicos para a Central Nuclear San Onofre e para o Programa de Propulsão Nuclear Naval (NNPP).	Sim	Cita apenas o Plano de Emergência Externo (PEE/RJ) para vulnerabilidades como desastres com substâncias e equipamentos radioativos em função da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), e previsão da Base Naval com estaleiro para construção de submarino de propulsão nuclear (CNI).	Sim	Concebido no intuito de servir de base para os Planos de Emergência Complementares (PEC) às instituições envolvidas. Cita o Plano de Emergência Local (PEL) da ELETRONUCLEAR, o Plano para Situações de Emergência (PSE) da CNEN, Plano de Emergência Municipal (PEM/AR).
Estrutura analítica da Operação Emergência	Sim	Apresenta quadro completo com departamentos e atores envolvidos.	Sim	Apresenta os órgão envolvidos na resposta a emergência conforme a legislação em vigor de acordo com os módulos de pré-impacto, impacto e pós-impacto.	Sim	Apresenta quadro completo com a organização operacional do SIPRON.
Critérios para ativação do Plano de Emergências	Sim	O Plano é automaticamente ativado quando dois ou mais governos locais ou o própro Condado solicitar.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Em situação de alerta deve-se ativar o Plano, que ativa os Centros de Emergência , ficando as Coordenações Operacionais de Emergência Nuclear (COpEN) em condições de atuar, mediante ordem do Centro de Coordenação e Controle de uma Situação de Emergência Nuclear (CCCEN).
Atenção ao envolvimento do setor privado	Sim	O Plano identifica as fontes externas apoio que pode ser prestado (através de ajuda mútua e autoridades estatutárias específicas) com o setor privado.	Sim	Cita que o SIEDEC é constituído por órgãos e entidades públicas e privadas para uma atuação integrada, coordenada, responsável e diretiva nas áreas de proteção e defesa civil.	Sim	Cita que o SIEDEC é constituído por órgãos e entidades públicas e privadas para uma atuação integrada, coordenada, responsável e diretiva nas áreas de proteção e defesa civil.

Fonte: Elaboração própria (2019)

De acordo com o quadro 2, comprende-se que os documentos comparados, no geral, atendem a estrutura básica para a introdução de um Plano de Emergências Externo.

Da comparação é possivel depreender que o EOP San Diego, que é de caráter geral e abrangente, se aplica também a emergências radioativas e nucleares, enquanto os Planos do Estado do Rio do de Janeiro são complementares. Isso indica que o Estado do Rio de Janeiro deverá elaborar um Plano complementar para o CNI, já que seu PEM, revisão 2019, não é específico e apenas cita a previsão da Base Naval com estaleiro para construção de submarino de propulsão nuclear na região da Costa Verde.

Outro ponto importante, a exemplo do previsto no EOP de San Diego, é que a atualização do Plano deve ser realizada no período previsto. O PEE para a CNAAA apresenta a previsão de atualização de quatro em quatro anos, porém, o documento encontra-se obsoleto desde 2017. Conforme o Centro Estadual para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear (CESTGEN) o PEE para a CNAAA encontra-se em fase de atualização e seu grupo de trabalhos deve finalizar suas atividades até o final e 2019. Sugere-se que a atualização para o Plano de Emergência Externo do CNI, seja estipulada para um prazo razoavelmente exequível e que os órgãos o façam rigorosamente.

No que diz respeito aos critérios de ativação do Plano, foi possível observar que o PEM do Estado do Rio de Janeiro não apresenta essa informação de forma clara. Para o caso do CNAAA, o PEE específico supre tal lacuna e o mesmo deve ser seguido para o Plano do CNI considerando a Marinha do Brasil como a primeira respondedora e acionadora da estrutura prevista no Plano de Emergências Externo.

Quanto a atenção ao setor privado como parceira nos casos de emergências, sugere-se que no Plano de Emergências Externo para o CNI sejam identificadas fontes externas de apoio em caso de necessidade, a exemplo do EOP de San Diego.

5.3 Fase de Prevenção

A prevenção a acidentes se dá através da identificação dos processos geradores de risco, evitando sua concretização. Assim, devem ser tomadas medidas necessárias de

prevenção sobre todos os fatores de risco, tão logo o risco futuro seja identificado, através de técnicas específicas de identificação e análise para cada área.

De acordo com Brasil (2017) os planos de contingência devem ser elaborados de acordo com cenários de riscos específicos, ainda que não seja possível determinar com exatidão seus impactos. Para tal, devem-se estudar os possíveis cenários de riscos de forma a pensar em impactos potenciais.

A análise de risco de instalações nucleares deve abranger o estudo de projetos e plantas, montagem, comissionamento, operação, manutenção, descomissionamento de unidades/equipamentos, incluindo procedimentos associados. Para tal finalidade, diversos são os métodos qualitativos e quantitativos disponíveis, capazes de antever com razoável precisão desvios e/ou deficiências de processo que possam produzir efeitos prejudiciais aos trabalhadores, instalações, comunidade local e meio ambiente, proporcionando informações essenciais para se atuar de modo preventivo nas causas destes eventos, assim como na atenuação das suas consequências (IPEN, 2018).

Com o estudo dos cenários de risco é possível postular para cada um os gatilhos para alerta, isto é, o que, especificamente, fará com que se implemente o plano de contingência. Tais cenários também viabilizam o estabelecimento dos tipos de emergências e a classificação dos desastres.

Além disso, a fase de prevenção, sobretudo para instalações radioativas e nucleares, deve se atentar ao cumprimento as normas pertinentes, previstas num Plano de Garantia da Segurança definido e aprovado.

O Plano de Garantia da Segurança tem como objetivo estabelecer a política, as diretrizes, a sistemática e os responsáveis pelo gerenciamento da segurança. Seu cumprimento assegura que a segurança seja sempre prioritária e considerada em todas as atividades desenvolvidas desde a concepção, passando pelo projeto, construção, comissionamento, operação, manutenção da área radiológica até o descomissionamento da instalação radioativa e nuclear.

A quadro 3 apresenta a comparação entre os três Planos escolhidos para a fase de prevenção:

Quadro 3: Fase de Prevenção

2- Fase de prevenção	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Estudo dos cenários de risco	Sim	Uma lista abrangente dos riscos possíveis no condado de San Diego considerando incendios florestais, inundações, tempestades, erosão , tsunami, terremoto, liquefação, deslizamentos, rompimento de barragens, secas, incidentes com materiais perigosos e terrorismo.	Sim	Em cada uma das oito REDEC (Regional de Proteção e Defesa Civil) apresenta os riscos a que estão sujeitas.	Sim	Citação dos riscos da fusão do núcleo e falha precoce da contenção do reator, que poderão resultar, a curto prazo, danos agudos à saúde dos indivíduos localizados em áreas bem próximas à usina. Estudo do grau de vulnerabilidade dos cenários.
Histórico de desastres	Sim	Citações dos maiores desastres do país.	Sim	Cita os desastres comuns de cada região sem especificar nenhum.	Não	Não é detalhado no documento.
Atendimento a normas de Garantia de Segurança e Qualidade da Área Nuclear	Sim	Atende às normas da NRC (Nuclear Regulatory Commission).	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Atende às Normas CNEN e SIPRON.
Indicação dos gatilhos para níveis de alerta	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Apresenta os gatilhos para níveis de alerta (meteorológico, geológico e hidrológico) com características específicas para os níveis de vigilância, observação, atenção, alerta, alerta máximo e transbordamento.	Não	Não é detalhado no documento pois é tratada como informação sigilosa.
Classificação da emergência	Sim	Emergência Local e Estado de Emergência (que inclui declaração presidencial).	Sim	Declaração de Situação de Emergência (SE) e Declaração de Estado de Calamidade Pública (ECP).	Sim	Evento não usual, Alerta, Emergência de Área e Emergência Geral.

2- Fase de prevenção	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Classificação dos desastres	Sim	Quatro níveis de ativação do Plano de Emergência de acordo com o tipo de emergência. Nível 1 - Desastre catastrófico,; Nível 2: desastre de larga escala; Nível 3: Desastre pequeno ou moderado; Nível 4: Operações de monitoramento.	Sim	Desastre Nível A - Emergência Local , Desastre nível 1 - Pequena intensidade, Desastre nível 2- Média intensidade, Desastre nível 3 - Grande Intensidade	Não	Não é detalhado no documento pois é tratada como informação sigilosa.
Atenção serviços de Inteligência	Sim	A Sessão de Inteligência é responsável por rastrear a emergência e fornecer informações ao comando da Emergência. Eles auxiliam a seção de Planejamento com o desenvolvimento do planos e documentos do período operacional.	Sim	Cita, sem detalhar, a articulação com os Serviços de Inteligência e de Segurança Pública , após a entrada no Nível A – Emergência Local.	Sim	Os Serviços de Inteligência e de Segurança Pública deve ter representantes para o CCCEN e CESTGEN, a partir da situação de alerta para assessorar no planejamento, na coordenação e no controle das informações, assim como nas providências necessárias à manutenção do sigilo das comunicações de segurança.
Definição do sistema de alerta e alarme	Sim	O sitema de alerta e aviso abrange as 19 jurisdições, com um sistema robusto de voz e dados sem fio interagências, além de um rede de rádio pública de 800 MHz.	Sim	Aborda a estratégia de monitoramento das ameaças, com vistas ao envio de sinais de Alerta e Alarme e os critérios de classificação do tipo de Emergência.	Sim	Sistema de Alarme por Sirenes. Este sistema, instalado nas ZPE 3 e 5, é composto de 08 (oito) torres dotadas de sirenes eletrônicas de alta potência.
Articulação do sistema de alerta com o sistema de monitoramento dos riscos	Sim	Cada área do Plano especifica, de maneira sucinta, o monitoramento aos riscos citando os sistemas utilizados.	Sim	Realizado pelo Centro Estadual de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN-RJ) nos âmbitos geológico, hidrológico e meteorológico no Estado de Rio de Janeiro.	Sim	O monitoramento do risco é de responsabilidade da CNAAA, guardados os sigilos inerentes à átividade nuclear.

Fonte: Elaboração própria (2019)

A comparação exposta no quadro 3 mostra que todos os Planos de Emergência analisados apresentam um estudo do cenário de risco, embora não muito detalhados. Uma sugestão para o PEE do CNI é a apresentação do histórico disponível de desastres semelhantes aos identificados pelos cenários estudados, a exemplo do EOP de San Diego.

No que diz respeito ao atendimento às normas, as citadas no item 4.4 deste trabalho servirão como balizadores para prevenção de acidentes na área radiológica do CNI, sobretudo envolvendo pessoas. Para o meio ambiente, é importante destacar que a Lei Nº 6.938, de 1981, e suas alterações, o Decreto Nº 99.274, de 1990, e suas alterações, a Lei Nº 9.966, de 2000, a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente, e as Normas Técnicas Ambientais da Autoridade Marítima (NORTAM) estabelecem uma série de preceitos, requisitos, obrigações e determinações que devem, quando aplicáveis, ser observados na elaboração do projeto do submarino com propulsão nuclear e da área radiológica do CNI.

O PEE para a CNAAA não apresenta os gatilhos de falha no reator devido a característica de sigilo inerente à área nucelar, estando presentes no Plano de Emergência Local (PEL) da Eletronuclear. A CNAAA é responsável por acionar o Plano de Emergência Externo caso o dano ultrapasse a área interna da instalação e da mesma forma ocorrerá com a Marinha do Brasil, que será, além de Operadora, a primeira respondedora em caso de emergência e acionará a situação de emergência externa de acordo com sua análise e após o acionamento de seu PEL.

Quanto à classificação da emergência, todos os Planos estudados possuem uma classificação clara de acordo com as características do evento. Para o PEE do CNI, a Marinha do Brasil deve estabelecer as classes de emergências, de acordo com a elaboração de seu PEL.

No que diz respeito a classificação do desastre, o PEE para a CNAAA não traz nenhum detalhamento, o que não se pode inferir que segue o estabelecido pelo PEM do Estado do Rio de Janeiro, uma vez que sua primeira edição é de 2018. A classificação se encontra em documentação reservada do PEL da Eletronuclear. Para o PEE para o CNI sugere-se que fique claro onde se pode encontrar a classificação do desastre, uma vez que pode contar apenas da documentação de caráter reservado da Marinha do Brasil.

Com relação a atenção aos serviços de inteligência, tanto o PEM do Estado do Rio de Janeiro quanto o PEE para a CNAAA não são específicos quanto ao papel da Inteligência, apenas citando a necessidade de representante nos Centros de Resposta. Embora o Brasil não seja comumente alvo de ações terroristas, é interessante especificar o papel da Inteligência para prevenir outros riscos durante a operação de resposta.

Quanto a articulação do sistema com o sistema de monitoramento dos riscos, os três (3) Planos estudados apresentam uma explanação do sistema de alerta e alarme. Isso deve ser seguido para o PEE para o CNI, que terá a Marinha do Brasil como responsável pelo monitoramento de suas instalações radiológicas e nucleares, mesmo que não expostas no Plano as técnicas utilizadas, tendo em vista o sigilo da atividade militar e nuclear.

Dentre as medidas de prevenção propostas pelo SIPRON, um sistema de alarme por sirenes pode ser instalado com o propósito de orientar, no caso da ocorrência de uma emergência radiológica ou nuclear, a população residente nas áreas próximas ao CNI. Identificada a localização da população potencialmente atingível, o sistema sonoro deve ser capaz de atingir com sinal e canal de voz audíveis a toda a região. O acionamento das sirenes pode ser realizado por controle remoto, modo manual ou programa computacional, com recursos para emitir sinal sonoro e mensagens pré-gravadas ou em viva voz. As sirenes estariam localizadas em pontos estratégicos, com o objetivo de possibilitar uma abrangência sonora em toda a área habitada dentro da Zona de Planejamento de Emergência.

5.4 Fase de Mitigação e Preparação

A preparação para a emergência radioativa e nuclear da região deve ser baseada em ações de desenvolvimento institucional e de recursos humanos. Todas as organizações envolvidas devem ter seus próprios Planos de Emergência Complementares.

É importante que haja uma cooperação entre as instituições no sentido de implementar projetos para o sistema de Defesa Civil em especial no âmbito local, objetivando a melhoria na qualidade do atendimento da população da região não só em caso de emergência, como também na rotina diária.

A criação de um sistema colegiado para definir as ações de resposta e os atores envolvidos é crucial, assim como qual instituição coordenará as ações, sendo a mais indicada a Instituição que tem mais experiência para lidar com produtos perigosos (CARVALHO, 2015). Para o autor (2017) na relação dos atores envolvidos deve conter:

- Órgão de Proteção e Defesa Civil responsável pela emissão do plano;
- O responsável pela instalação radiológica ou nuclear;
- Órgãos Estaduais: Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil ou órgãos correspondentes;
- Órgãos Setoriais: os órgãos da administração pública federal, estadual, municipal, que se articulam com os órgãos de coordenação, com o objetivo de garantir atuação sistêmica;
- Órgãos de Apoio: órgãos públicos e entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não-governamentais e associações de classe e comunitárias, que atuam no apoio aos demais órgãos integrantes do sistema.

Cada ator deverá ter seu plano complementar, que detalhe suas funções. Um coordenador para a emergência deve ser estabelecido previamente, bem como o modelo do Sistema de Controle e Operações (SCO).

O PEE para o CNAAA afirma que os Planos de Emergência Complementares deverão estar em consonância com o Plano de Emergências Externo, obedecendo a legislação própria de cada organização, além de:

- Conter os procedimentos específicos para as ações de preparação e de resposta, compreendidas em seu escopo;
- Apresentar a forma de acionamento do plano;
- Descrever seus sistemas de comunicações, evidenciando o potencial de meios disponíveis;
- Estabelecer as atribuições e composição das equipes nas ações de resposta, assim como sua interface com equipes de outras organizações que participam de ações similares; e
- Estabelecer as atividades de preparação das equipes que têm responsabilidade no planejamento, incluindo a periodicidade e o programa de exercícios.

O quadro 4 mostra o comparativo entre os Planos estudados com as informações específicas que delimitam o escopo e os arranjos das respostas a emergências.

Quadro 4: Fase de Mitigação e Preparação

3- Fase de Mitigação e Preparação	***Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)**		**Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)**		**Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)**	
Mapas - cartas geotécnicas	Sim	Apresenta dados básicos.	Sim	Apresenta os mapas detalhados de cada região do Estado.	Sim	Apresenta os mapas da região e as Zonas de Planejamento de Emergência (ZPE).
Dados hidrológicos e metereológicos	Sim	Apresenta informações básicos, sem dados.	Sim	Apresenta informações básicas, sem dados.	Não	Não é detalhado no documento.
Dados demográficos - população geral	Sim	Apresenta dados detalhados.	Sim	Apresenta dados detalhados.	Sim	Apresenta dados básicos.
Análise dos riscos (ameaças, vulnerabilidades, consequências)	Sim	Citadas e demonstrados estatisticamente as ameaças da região de forma geral e particular, para cada área abordada.	Sim	Apresentado Mapa de Ameaças Naturais do Estado do Rio de Janeiro. Citadas as ameaças tecnológicas.	Sim	O Plano afirma que um amplo espectro de acidentes foi consideardo no planejamento de emergência, desde aqueles considerados na base de projeto.
Atenção ao envolvimento da comunidade na cultura de segurança	Sim	Apresenta diretrizes básicas para desenvolver a percepção de risco da população.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Apresenta diretrizes básicas para desenvolver a percepção de risco da população.
Delimitação das Zonas de Planejamento de Emergência (ZPE)	Sim	Apenas cita a necessidade de delimitação de cada área de acordo com o tipo de evento.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	As ZPE são delimitadas, uma vez que o Plano é específico.

3- Fase de Mitigação e Preparação	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Organização dos exercícios simulados (do plano e dos alarmes)	Sim	Citado Plano de Treinamento e Exercício que deve se adaptar a cada área do Plano.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Previsão de realização anualmente de exercícios simulados, parciais e gerais, objetivando não só o treinamento das instituições envolvidas, como também o aperfeiçoamento do Plano.
Indicação e arranjo de recursos humanos, equipes técnicas e de voluntários, recursos materiais (próprios e de terceiros)	Sim	Baseia- se em modelo nacional para habilitar os órgãos federais, estaduais e locais para que governos e organizações privadas e não-governamentais trabalhem juntos efetivamente. Destaca a importância do setor privado, uma vez que podem suprir recursos à cena da emergência.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Citados os recursos, de acordo com a instituição responsável.
Detalhamento da infraestrutura de transporte, da saúde e outros equipamentos sociais	Sim	Citados os recursos, de acordo com a área do Plano.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Citados os recursos, de acordo com a instituição responsável.
Indicação de recursos financeiros (ordinários ,extraordinário , doações)	Sim	Todas as áreas citadas no Plano citam a origem dos recursos financeiros para cada tipo de operação.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.
Atenção a assessibilidade para portadores de necessidades especiais	Sim	Abrange transporte, assistência a animais, restrições alimentares, comunicação assessível, assitência a evacuação, restauração a serviços essenciais e serviços de tradução.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.

3- Fase de Mitigação e Preparação	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Referência ao local para gestão da crise	Sim	Descreve e define as ações do Centro de Emergência, das ações imediatas às de curto e médio prazos. Nomeia seis lideranças necessárias: Chefe Geral, Chefe de Seção, Chefe da Seção de Planejamento, Chefe da Seção de Informações e Inteligência, Chefe de Seção de Logística e Chefe de Seção de Finanças/Administração.	Sim	Cita o Gabinete de Gestão de Crise (GGC-E), sem prover detalhes.	Sim	Cita que o Centro de Coordenação e Controle de Emergência Nuclear (CCCEN) e o Centro Estadual para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear (CESTGEN) devem estar aptos a funcionar a qualquer momento.
Designação de locais alternativos para gestão da crise	Sim		Sim	O Gabinete de Gestão de Crise (GGC-E), que poderá ser remanejado para o Centro Integrado de Comando e Controle (CICC).	Sim	Há dois locais que podem ser usados, o Centro de Coordenação e Controle de Emergência Nuclear (CCCEN) e o Centro Estadual para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear (CESTGEN), além do Centro Intergrado de Comando e Controle (CICC) do Estado.
Modelos de comunicação de alerta e para declaração de emergência	Sim	Cinco modelos de documentos apresentados para declaração de emergência e continuidade de emergência.	Sim	Apresenta modelos de comunicação de alertas de desastre para vigilância, sobreaviso, prontidão e alarme, bem como os níveis de desastre (Nível A, Nível 1, Nível 2, Nível 3, Nível 4).	Não	Não é detalhado no documento.
Tempo desejado de atuação de cada respondedor	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Cada atividade dos módulos de pré-impacto, impacto e pós impacto apresenta um responsável e o prazo da ação em horas.	Não	Não é detalhado no documento.
Critérios de desmobilização das ações do Plano de Emergência	Sim	A equipe responsável deve proclamar o cessação da emergência local o mais cedo possível.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.

Fonte: Elaboração própria (2019)

Conforme a comparação das informações para a fase de Mitigação e Preparação compreende-se que, no geral, tanto os planos brasileiros quanto o americano apresentam os dados geográficos e demográficos suficientes para a análise do cenário do risco identificado na fase de prevenção. Contudo, sugere-se que o PEE para o CNI apresente também os dados meteorológicos e hidrológicos da região, o que não tem no PEE para o CNAAA. Tais dados são de fundamental importância para instalações radioativas ou nucleares, pois os rejeitos da operação com estes materiais podem ser carreados pela chuva ou, ainda, transportados pelo ar.

É nessa fase que os cenários de risco identificados são analisados. Na comparação entre os Planos, observa-se que os três (3) apresentam a análise de maneira geral, porém satisfatória. Para o PEE do CNI deve-se adotar a análise de risco realizada por especialistas de áreas diversas como a nuclear, geológica, meio ambiente entre outras.

O Plano do CNAAA afirma que um amplo espectro de acidentes foi considerado no planejamento de emergência, desde aqueles considerados na base de projeto, com pequenas consequências para o público e para o meio ambiente, até os acidentes muito graves, de muito pequena probabilidade de ocorrência (acidentes além da base de projeto). Isso pode ser desenvolvido também para ao CNI.

No que diz respeito ao envolvimento com a comunidade, os Planos comparados não abordam com detalhes o assunto. É importante destacar, de acordo com Martins (2010) as populações com potencial risco de serem afetadas devem ser cadastradas e minimamente instruídas. As pessoas devem saber que, se determinado nível de alerta for divulgado, elas deverão abandonar as suas casas.

No que diz respeito à informação ao publico, sugere-se que para o CNI seja montada uma operação que pode ser realizada através de campanhas de esclarecimento sobre procedimentos a serem adotados em caso de emergência na instalação. Para isso o SIPRON, que é responsável por assegurar o planejamento integrado do Programa Nuclear Brasileiro (PNB), pode auxiliar a Marinha do Brasil numa ação conjunta para a execução continuada de providências que visem a atender às necessidades de segurança e de seu pessoal, tão logo da população e do meio ambiente com ele relacionados.

Quanto à delimitação das ZPE, sugere-se que um trabalho similar ao do PEE para a CNAAA seja realizado para o CNI. As áreas de emergências devem observar os riscos proporcionais a potência do reator do submarino com propulsão nuclear, 48 MW, quando atracado no CNI.

Para o CNI, a Marinha do Brasil, deve assistir as autoridades estatais e locais na avaliação da necessidade de qualquer pré-planejamento nas proximidades das instalações navais onde a embarcação pode estar atracada. Para tal deve-se estudar o grau de vulnerabilidade dos cenários da região e designar ZPE.

As ZPE da CNAAA são divididas, a partir da Unidade I entre ZPE de Ação Preventiva (3 e 5km de raio externo); ZPE de Controle Ambiental (10 e 15km de raio extreno); ZPE de Acompanhamento Ambiental (50 km de raio externo). Foi realizado um estudo com o auxílio da AIEA sobre o comportamento da radiação nas condições geográficas do Estado do Rio de Janeiro que atestam que num raio de 5km a dose da liberação cai a menos de 1 msv (dose inofensiva para as pessoas). Essa é a base de projeto que foi usada para estabelecer a ZPE de 5 km (SEVALHO, 2018).

Para a Base Naval de San Diego é seguida a seguinte classificação:

- Zona de exclusão - o navio com propulsão nuclear;

- Zona de Contramedidas Automáticas - se estende por 500 metros ao redor do submarino. Esta zona circular ao redor do reator requer sua tripulação para tomar as medidas especificadas no caso de uma emergência ser declarada (emergência interna);

- Zona de Planejamento de Emergência Detalhada (ZPE) - é uma área circular de raio de 1,5 km da base operacional sobre os ambientes terrestres marinhos e não-cultivados;

- Zona de extensibilidade - esta zona se estende a 5 km da base operacional. Contramedidas dentro desta zona não são suscetíveis de ser uma preocupação imediata, mas são mais propensas a serem implementadas à medida que o incidente ou acidente se desenvolve. O planejamento do esboço dentro desta zona deve estabelecer princípios gerais para contramedidas, como abrigos e conselhos de segurança alimentar.

No que diz respeito a organização de exercícios simulados, o EOP de San Diego possui uma abordagem específica, o Plano de Treinamento e Exercício, o que pode ser uma ideia bastante útil para o PEM do Estado do Rio de Janeiro no geral. O PEE para o CNAAA prevê que a realização anual de simulados para dotar a população do senso de risco são imprescindíveis para fomentar uma cultura de segurança. A percepção do risco é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento social de uma comunidade.

Para o PEE do CNI, sugere-se a realização de ações de promoção à mudança cultural do entorno da região. Sem a percepção de risco, é difícil que a população se engaje em campanhas de esclarecimento do Plano de Contingencia. Dessa forma, as campanhas podem ser:

- Palestras conjuntas entre a Marinha do Brasil e a Defesa Civil abordando a importância do complexo naval, do submarino com propulsão nuclear, sua estrutura, agentes envolvidos e enfocando a participação da população;
- Confecção de material impresso e audiovisual de fácil compreensão, com ilustrações que visam atingir a toda população;
- Campanhas de manutenção do conhecimento devem ser periodicamente programadas, se possível, antes dos exercícios simulados;
- Programa de treinamento específico para professores e líderes comunitários que poderão atuar como multiplicadores das informações e instruções recebidas (adaptado de CARVALHO, 2017).

Ainda, devem ser realizados, periodicamente, exercícios simulados, parciais e gerais, que possibilitem o treinamento das instituições envolvidas, bem como a melhoria contínua do Plano. Os exercícios podem ser de vários tipos, conforme Carvalho (2017):

- Exercício de comunicação do plano de chamada das instituições envolvidas para verificar o tempo de atendimento e o sucesso no contato;
- Exercícios de mesa do centro de crise com a convocação de todas as instituições que compõe o Plano. Tal exercício serve para avaliar o tempo de atendimento à convocação e o conhecimento sobre as atribuições de cada componente utilizando uma sequência de eventos;
- Exercício individual de cada instituição para verificação das ações de seus Plano Complementares;

- Exercício simulado envolvendo a população potencialmente afetada ou parte dela com a participação de todas as instituições envolvidas. Nesse exercício, todos os seus recursos planejados devem ser empregados por cada ator e devem ser avaliados os tempos de resposta, o fluxo de comunicação e as táticas para atendimento às emergências postuladas;
- Exercícios de acionamento das sirenes em datas e horários fixos com prévio conhecimento da população.

Com relação aos arranjos dos meios, recursos humanos e materiais e procedimentos, o EOP de San Diego se apoia num modelo nacional que estabelece a interação das diferentes esferas do governo com as demais organizações privadas e não governamentais. O PEM do Estado do Rio de Janeiro não estabelece tais arranjos, o que, para a CNAAA, é complementado pelas ações do PEE específico.

Para o PEE do CNI, sugere-se que o escopo e a extensão dos arranjos em preparação à resposta de emergências reflitam a probabilidade das possíveis consequências das emergências, as características dos riscos, a natureza e localização das instalações e atividades. Tais arranjos devem conter critérios previamente estabelecidos para determinar a adoção das diferentes ações de proteção e a capacidade de tomar ações para proteger e informar o pessoal no cenário e, se necessário, o público, durante a emergência.

A infraestrutura de transporte, equipamentos de atendimento médico e outros de cunho social também devem ser detalhados. O Condado de San Diego o faz no Plano geral enquanto o Estado do Rio de Janeiro coloca seus recursos nos Planos específicos, a exemplo do PEE para o CNAAA.

Dessa forma, para o PEE do CNI sugere-se que além de detalhar a infraestrutura de atendimento, haja também uma condição de verificação periódica da disponibilidade dos recursos para assegurar que estão prontos para uma resposta efetiva no cenário da emergência, independentemente do nível. Deve-se prezar para que nos incidentes e acidentes previsíveis os riscos sejam mínimos.

No que se refere aos recursos financeiros para execução do Plano de Emergência, o EOP de San Diego cita a origem dos recursos sejam eles ordinários, extraordinários

ou de doações. Diferente disso, nenhum dos Planos do Estado do Rio de Janeiro, PEM e PEE para o CNAAA , apresentam tal informação.

No Brasil, a Lei Federal nº12.340 de 2010 (BRASIL, 2010) estabelece os critérios e normas para que a transferência de recursos financeiros para a execução de ações de prevenção em áreas de risco e em áreas atingidas por desastres aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios. A execução dos recursos federais repassados para ações de resposta é realizada exclusivamente por meio do Cartão de Pagamento de Defesa Civil (CPDC). A explicitação da forma de requisição e pagamento desses recursos é uma sugestão de melhoria para o PEE do CNI.

Uma informação que chama atenção no EOP de San Diego é a atenção à acessibilidade para portadores de necessidades especiais, bem como a estrangeiros. Os Planos do Estado do Rio de Janeiro não registram isso. É importante que o PEE para o CNI aborde a questão dos recursos para atendimento dessas necessidades.

O Plano de Emergência Externo deve ter o detalhamento da montagem da Sala de Crise, conforme apresentado pelos os três (3) Planos analisados. Essa sala deve ser montada de forma simples e funcional e deve ter seu acesso fora da área de alcance do acidente, mas o mais próximo possível das áreas atingidas. Nela deve haver representantes de cada órgão capazes de tomar decisão, estejam permanentemente na Sala ou de sobreaviso. Para compor este centro haverá um Plano de Convocação, que deve estar sempre atualizado. Os convocados devem estar familiarizados com todos os recursos existentes no ambiente.

Conforme Carvalho (2017), é importante que a sala, que deve ter controle de acesso, possua um sistema de mídia com recursos de projeção, sinal de TV, rádio, internet, comunicação fixa e móvel, gerador de energia, sala para apoio, copa, computadores e copiadora. O Centro de Crise deve possuir recursos necessários para as primeiras intervenções na fase inicial do acidente, deixando a obtenção de reforços para as fases posteriores, se necessário. Um local alternativo para essa Sala deve também estar previsto, como no Plano de San Diego.

Na fase de preparação é necessário também se atentar aos modelos de comunicação durante a emergência. Tanto o EOP de San Diego quanto o Plano do

Estado do Rio de Janeiro apresentam modelos, o que não se pode observar no PEE para o CNAAA. O PEE para o CNI deve apresentar tal informação.

Um critério interessante, apontado somente pelo PEM do Estado do Rio de Janeiro, é o estabelecimento do tempo desejado para atuação do respondedor em caso de emergência. Isso pode ser importante para o PEE para o CNI, uma vez que ajudará na mitigação dos impactos do acidente, risco diminuindo o tempo de exposição dos possíveis afetados à radiação.

Por fim, é importante que na fase de preparação esteja previsto no Plano de Emergências Externo os critérios para desmobilização da Emergência, conforme explicitado no Plano de San Diego. Os Planos do Estado do Rio de Janeiro não contêm tal detalhamento.

5.5 Fase de Resposta

Os níveis de resposta são determinados de acordo com as condições reais e com as características dos cenários prospectados, considerando-se a potencial dimensão do impacto em caso de acidente.

É importante destacar que a resposta sempre começará na localidade do evento, portanto, deve-se assegurar a capacidade de resposta inicial a esse nível. Sendo assim, a capacidade da esfera local deve ser aumentada com planos claros de como os recursos internos da instalação radiológica ou nuclear serão mobilizados para fornecer apoio. Tem-se então a necessidade de pessoal treinado, laboratórios especializados e melhores sistemas de comunicação tanto internamente na instalação quanto em todos os níveis de governo e no setor privado (FORTES, 2012).

A fase de resposta é o início da ação dos responsáveis dada a ocorrência da emergência. Inicialmente ela se dá pelo intervalo de tempo entre o prenúncio e o desencadeamento do acidente. Nesse momento ocorre o alerta do evento: ele pode alterar o funcionamento da instalação e pode evoluir para situação mais grave e trazer risco a segurança dos trabalhadores da organização, população do entorno ou meio ambiente.

No momento seguinte a ocorrência do evento propriamente dito deve ser declarada emergência da área, uma vez que pode comprometer os trabalhadores da organização. Para o CNI deve-se remover a tripulação e demais trabalhadores locais. Após isso, caso necessário, deve-se declarar emergência geral, quando pode ocorrer vazamento de radiação para a população externa e ao meio ambiente, devendo-se acionar a Defesa Civil.

O quadro 5 apresenta a comparação realizada entre os Planos estudados quanto a fase de Resposta.

Quadro 5: Fase de Resposta

4- Fase de Resposta	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Definição de atribuições e responsabilidades	Sim	Tabela com função de cada parte envolvida com ações classificadas como primárias e de suporte. Os envolvidos estão divididos em Políticas, Operações, Planejamento, Inteligência, Finanças, Administração e Recosntrução.	Sim	Definidos através do órgão que atende a emergência de acordo com sua fase: pré-impacto, impacto e pós-impacto.	Sim	Especificadas a partir de cada órgão envolvido na resposta ao desastre, apresentando sua localização, seu funcionamento, os representantes e suas atribuições.
Identificação de linha de sucessão de autoridades	Sim	Cabe a todos os níveis de governo estabelecer uma linha de sucessão de autoridade para o caso do responsável oficial não ser capaz de cumprir suas responsabilidades.	Sim	A cada fase (pré-impacto, impacto e pós-impacto) é citado o membro titular e o membro suplente para o Gabinete de Gestão de Crise .	Não	Não é detalhado no documento.
Definição das operações para socorro às vítimas	Sim	Diretrizes gerais para enfrentamento de emergências com intuito de fornecer um controle e coordenação centralizado das operações de emergência.	Sim	Expõe as ações para gestão da crise através de matrizes de atividades x responsabilidades.	Sim	Definição das ações de socorro de acordo com a fase do impacto, buscando limitar os danos e operacionalizar as ações de salvamento.
Detecção dos agentes de risco	Sim	O órgão de Saúde Pública está encarregado de identificar os agentes de risco biológicos, químicos, nucleares e radiológicos.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	O plano é específico para agente radioativo e nuclear.
Atenção as operações de evacuação e pontos de encontro	Sim	Prevê evacuação de pessoas e animais com transporte apropriado, considerando, inclusive, portadores de necessidades especiais.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Prevê um Grupo Operacional de Evacuação, que realizará ações rodoviárias, aéreas e marítimas.
Atenção as rotas de deslocamento e dos pontos seguros no momento do desastre	Sim	Prevê a elaboração de rotas e meios de deslocamento de pessoas de acordo com a área do desastre.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Prevê a elaboração de rotas e meios de deslocamento de pessoas de acordo com a ZPE específica.

4- Fase de Resposta	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Atenção aos pontos de abrigo após a ocorrência de desastre	Sim	Tem o objetivo de prestar socorro às pessoas temporariamente deslocadas por emergências ou desastres naturais, tecnológicos ou causados pelo homem. Define as responsabilidades coletivas e individuais do Governo e das organizações não-governamentais que respondem ou agem em apoio ao atendimento em massa e operações de abrigos.	Sim	Prevê o monitoramento dos Pontos de Apoio e de Abrigos Temporários.	Sim	Prevê um Grupo Operacional de Abrigos que tem como atribuição executar todas as atividades desenvolvidas nos abrigos, a partir do momento da ordem para sua ativação.
Previsão de descontaminação da área	Sim	Cita descontaminação de áreas, pessoas e animais.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.
Definição das ações de atendimento médico-hospitalar	Sim	Destina dois anexos Operações de Saúde Pública descrevendo oS conceitos básicos, políticas e procedimentos para prestação de serviços de saúde pública em caso de grande emergência ou desastre, bem como estabelece responsabilidades organizacionais, políticas e procedimentos para o funcionamento do Departamento e Exames Médicos médico durante emergências extraordinárias envolvendo múltiplas mortes, particularmente após grandes desastres naturais, incidentes tecnológicos, terrorismo ataques ou um incidente nuclear.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Especifica o Hospital Naval Marcílio Dias para recebimento dos radioacidentados e a presença de médicos e enfermeiros nos abrigos, sem detalhar as ações.
Definição das ações de atendimento médico-hospitalar e psicológico aos atingidos	Sim	Descreve os conceitos básicos, políticas e procedimentos para fornecer resposta de saúde mental das vítimas para qualquer tipo de desastre.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.
Definição do serviço de apoio a animais	Sim	Estabelece as responsabilidades organizacionais, políticas gerais e procedimentos para o cuidado e controle de animais durante desastres naturais e provocados pelo homem.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.

4- Fase de Resposta	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Atenção a coleta de informações, disseminação e comunicação pós-desastre	Sim	Indica atores responsaveis. A informação recolhida na cena da emergência através dos respondentes e centros de comunicação , a mídia e o público em geral serão analisadas por partes interessadas, departamentos, agências e organizações envolvidas.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Cita os meios de comunicação. O detalhamento do funcionamento do Sistema de Comunicações de cada Centro deverá ser previsto em seus procedimentos, tendo como base o Plano de Comunicações do SIPRON. Deverá haver teste de comunicações, a especificação dos integrantes do sistema e o registro de informações.
Atenção ao recebimento de doações e suprimentos	Sim	Prevê um plano de gerenciamento de doações.	Sim	Prevê a articulação com os pontos de recolhimento e distribuição de donativos .	Não	Não é detalhado no documento.
Atenção ao terrorismo	Sim	Define a abordagem e o protocolo de ações que devem ser tomadas em situações de terrorismo. É um modelo para o desenvolvimento de esforços para responder e combater o terrorismo, com especial ênfase nos atos terroristas que empregam material químico, biológico ou nuclear, além de armas (bombas), ataques veiculares e ataques de lobos solitários.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.
Atenção ao manejo de vítimas fatais e equipe de médicos legistas	Sim	Departamento de médicos legistas é responsável por criação da sistemática de avaliação das vítimas, necrotérios temporários e busca e equipes de recuperação de restos mortais.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.
Atenção ao controle de documentos durante a resposta a emergência	Sim	Realizada pelo setor de Planejamento que é composto por representantes de vários departamentos.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Os Manuais de Procedimentos do CCCEN e do CESTGEN deverão estar em consonância com o PEE/RJ, os PEC e o Plano de Emergência Municipal de Angra dos Reis e devem constar , dentre outros, o controle de documentação e atualização dos documentos.
Atenção às Lições aprendidas	Sim	Enquanto a Seção de Operações está preocupada com imediata estratégica resposta ao desastre, a Seção de Planejamento é responsável por manter informações sobre o esforço geral de resposta e desenvolver o Plano de Ação para a próxima período operacional.	Não	Não é detalhado no documento.	Não	Não é detalhado no documento.

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para as ações de resposta, aos agentes envolvidos devem ser atribuídas e distribuídas as responsabilidades de forma clara e ampla. Nas ações internas, o operador da instalação radiológica ou nuclear deve classificar a emergência, proteger sua tripulação, incluindo a remoção dos mesmos, se necessário, e notificar os órgãos externos da classe da emergência. Os agentes externos, por sua vez, devem implantar o centro de crise, apoiar a instalação no que for solicitado, tomar as ações previstas no Plano para notificar a população do entorno.

Todos os Planos analisados apresentam as responsabilidades e funções de cada agente durante a resposta a emergência. O PEE para o CNI deve conter uma matriz de ações x responsabilidades o mais completa possível. Uma sugestão é apresentada no Anexo 1 deste trabalho.

Uma informação imprescindível que deve acompanhar os dados sobre os responsáveis por cada ação é a linha de sucessão das autoridades. O EOP de San Diego e o PEM do Estado do Rio de Janeiro apresentam os substitutos em caso de falta de algum ator, o que não se pôde observar no PEE para o CNAAA. Para o CNI, sugere-se que tais informações sejam apresentadas para que o substituto também esteja preparado e não haver surpresas durante a fase de resposta. É importante também que os contatos telefônicos dos responsáveis, sejam os titulares ou os substitutos, estejam devidamente atualizados. Esta informação pode ser reservada às autoridades, não constando do Plano de domínio público.

De acordo com a análise dos três (3) planos estudados, todos apresentaram as diretrizes para as ações de socorros às vítimas, devendo-se o PEE para o CNI seguir a mesma linha, buscando mitigar danos e operacionalizar ações de salvamento.

O início das operações de resposta ocorre quando a Defesa Civil é notificada e acionada. Para o caso de desastres tecnológicos, a operação inicia-se a partir de atividades relativas à detecção, seguindo a descontaminação, apoio ao atendimento de saúde e remoção das pessoas, quando for o caso (BRASIL, 2014).

A detecção é o processo de identificar a presença de agente nuclear ou radiológico quando nocivo aos seres vivos ou ao ambiente. Detectado o agente, e identificados os aglomerados populacionais potencialmente atingíveis, já previstos no

Plano de Emergência Externo, o sistema de alerta e alarme por sirenes para notificação da população de uma possível ou real condição de acidente deve ser acionado, com a certeza de que é capaz de atingir todas estas pessoas. Os equipamentos e a configuração do sistema devem contemplar a redundância dos seus acionamentos e transmissão dos sinais seja por rádio, telefonia móvel, internet ou satélite (CARVALHO, 2017).

O EOP de San Diego informa que o órgão de Saúde Pública do Condado é o encarregado de identificar os agentes de risco biológicos, químicos, nucleares e radiológicos. No PEM do Estado do Rio de Janeiro não há nenhum detalhamento neste sentido, mas o PEE para o CNAAA, que é específico para emergências radiológicas e nucleares, atende a esta demanda. Sugere-se que seja seguida a mesma forma na elaboração do futuro PEE para o CNI.

Quando detectado o agente de risco, devem ser iniciados os procedimentos de evacuação, observando as pessoas potencialmente atingíveis, que devem se locomover para os pontos de encontro estipulados para a população que não possui meios de transporte próprios. De acordo com Carvalho (2017) os acessos devem ser sinalizados, iluminados, com sinal de telefonia móvel, com capacidade para manobra de veículos longos e mantidos em bom estado pela Prefeitura ou Estado.

O autor (*ibidem*) afirma ainda que os moradores que desejarem utilizar sua própria condução para evacuação deverão fazê-lo conforme divulgado em campanhas de esclarecimento e orientações impressas previamente distribuídas, além de obedecer às orientações das autoridades policiais que atuarão nesta operação.

Para o PEE para o CNI, a evacuação através de meios navais também deve ser pensada, seja de pessoas ou veículos, através de desembarque anfíbio, por se tratar de uma região cercada pelo mar.

O EOP de San Diego detalha as operações de evacuação e cita estabelecimento de pontos de encontro para cada situação de desastre específico. O PEM do Estado do Rio de Janeiro não apresenta nenhum detalhamento quanto a isso, mas para o caso da CNAAA, seu PEE estabelece a evacuação preventiva da população como medida de proteção eficaz até um raio de 5 Km em torno da usina e detalha os pontos de reunião e

embarque para cada ZPE, assim como as equipes responsáveis. Sugere-se que o PEE para o CNI siga o modelo especificado pelo PEE para a CNAAA.

Após a evacuação inicia-se a fase de abrigar os desabrigados, que serão levados para os abrigos temporários. Estes abrigos devem ser previamente selecionados e estarem em locais fora da área possível de ser atingida pelo acidente radiológico ou nuclear. Eles podem ser implantados em edificações públicas ou privadas e devem conter os seguintes recursos: ambientes cobertos e com possibilidade de separação por grupos; local para triagem e cadastro; banheiros com chuveiros separados por gênero; capacidade de armazenamento de água; cozinha para o preparo de refeições; energia elétrica de emergência; sinal de telefonia móvel; ambiente para algum tipo de recreação; área para estocagem de produtos de higiene e alimentação com capacidade de refrigeração destes (CARVALHO, 2017).

Os três (3) Planos analisados detalham as operações de abrigagem e o mesmo deve ser seguido pelo PEE do CNI, apresentando o máximo de detalhes possíveis.

Após evacuado o local deve-se iniciar a descontaminação. A descontaminação é o processo de tornar inofensiva, para o pessoal desprotegido, uma determinada área ou material, pela remoção, absorção ou destruição do agente nuclear ou radiológico, ou mesmo tornando-o inoperante.

Segundo Martins (2010) um perímetro de segurança deve ser criado e mantido para evitar que as pessoas regressem a residência ou área comercial ou que seus pertences sejam saqueados por criminosos oportunistas, além de haver risco de proteger a população de contaminação radiológica.

É importante destacar que como a contaminação por radiação não pode ser vista, sentida, não possui cheiro e nem sabor, as pessoas no local de um incidente não conseguirão identificar quais materiais radioativos foram envolvidos sem nenhum equipamento (BRASIL, 2014). É necessário retirar a população da área contaminada imediatamente e leva-las para um local seguro mais próximo, definido pelas autoridades locais, atentando-se para as roupas dos atingidos, que devem ser mantidas afastadas das pessoas, o que reduzirá a contaminação externa e diminuirá o risco de contaminação interna, além de reduzir o período de tempo em que a pessoa ficará exposta à radiação,

além de lavar todas as partes expostas do corpo usando sabão e água morna para remover a contaminação externa. Depois que os profissionais de saúde/especialistas determinaram que pode ter ocorrido contaminação interna, a população deve ser orientada a tomar medicamentos para reduzir o material radioativo em seu corpo, como o iodo estável.

O EOP de San Diego prevê a descontaminação de áreas atingidas, pessoas e animais. Já os Planos do Estado do Rio de Janeiro, PEM e PEE para o CNAAA não fazem menção a estas operações, que são de extrema importância. O PEE para o CNI deve se atentar para isso para limitar a contaminação, garantindo que os procedimentos de atendimento sejam seguidos.

O atendimento das vítimas inclui as ações imediatas, destinadas a eliminar ou minimizar os efeitos de um evento por agente radiológico ou nuclear. Tanto o EOP de San Diego quanto o PEE para o CNAAA, em complemento ao PEM do Estado do Rio de Janeiro, estabelecem as operações de atendimento, designando os locais para direcionamento das vítimas. Para o Estado do Rio de Janeiro, estas ações serão realizadas pelas equipes do Serviço de Atendimento Móvel às Urgências (Samu 192) e pelos hospitais de referência, como o Hospital Naval Marcílio Dias na cidade do Rio de Janeiro, se necessário, que deve estar permanentemente preparado.

Esta mesma estrutura servirá para o PEE do CNI, o qual deve garantir que as equipes tenham treinamento adequado para agir rapidamente na descontaminação de pessoas e/ou equipamentos e contribuir para a triagem de vítimas.

Além disso, deve-se atentar para o fato de que a possibilidade de as pessoas serem atingidas por material de origem radiológica ou nuclear gera um estresse durante a emergência, em função, muitas vezes, das pessoas terem que deixar de forma compulsória seus lares e locais de trabalho. Isso gera uma demanda adicional de atendimento médico e psicológico. Assim, a Secretaria de Saúde Estadual deve emitir o seu plano complementar definindo seus pontos de atendimento identificando equipes, equipamentos, instrumentos e medicamentos que deverão estar disponíveis nestes pontos.

O EOP de San Diego dá atenção a este aspecto, o que não é observado pelo PEM do Estado do Rio de Janeiro e do PEE para o CNAAA. Isso deverá constar no PEE para o CNI, uma vez que é de suma importância tendo em vista o medo que as pessoas têm de substâncias radioativas e nucleares ocasionado por acidentes passados no mundo.

No caso da necessidade da evacuação de uma unidade de saúde, deve ser estabelecida no plano complementar desta unidade ações preventivas como a avaliação médica e a logística para transferência de pacientes sem condição de alta hospitalar e a interrupção prévia, se a situação e o tempo permitirem, das atividades ambulatoriais e eletivas.

O serviço de apoio aos animais, que está presente somente no Plano de San Diego, deve ser considerado para o CNI. Na preocupação intensa de salvar vidas humanas, a questão dos animais muitas vezes pode ser subjugada no Brasil. Contudo, é necessário se atentar para o fato de que os donos dos animais podem tentar recuperá-los, mesmo sem autorização dos responsáveis pela emergência, e recontaminarem-se caso eles não sejam tratados também.

A gestão da comunicação deve ter alta relevância para a execução de um Plano de Emergência Externo, independente da fase. Deve-se haver um centro de informações, o mais próximo possível do centro de crise para que se possa interagir com cada responsável nas operações. Este centro deve possuir logística e infraestrutura adequada e deve contar com um porta-voz treinado para o relacionamento com a imprensa bem como um representante da instalação e de um membro da organização que coordena a resposta à emergência.

No EOP de San Diego a gestão da comunicação é executada pelo Escritório de Comunicações do Condado de San Diego. As responsabilidades incluem todos os aspectos da notificação pública, programar *briefings* regulares para os meios de comunicação, escrever e distribuir boletins informativos, coordenar entrevistas com os funcionários locais, manter ligações com as autoridades públicas municipais, estaduais e federais.

Tanto o PEM do Estado do Rio de Janeiro quanto o PEE para o CNAAA não delimitam bem as ações de comunicação durante o desastre. Sugere-se que, a exemplo

do Plano de San Diego, o PEE para o CNI detalhe a execução das comunicações ao longo do desastre. A divulgação deve ser realizada através de várias formas de dispositivos de comunicação, canais e métodos. Deve-se informar a responsabilidade durante uma emergência ou desastre de fornecer ao público informações e instruções precisas. Esta equipe deve trabalhar com os meios de comunicação social, as redes sociais e os parceiros públicos e regionais de informação.

Além dos aspectos apresentados para a fase de resposta, outros aspectos importantes foram observados no EOP de San Diego e merecem ser mais desenvolvidos para o PEE do CNI:

a) Recebimento de doações e suprimentos: o PEM do Estado do Rio de Janeiro prevê a articulação com os pontos de recolhimento e distribuição de donativos no período de pós-impacto do desastre, mas sem nenhum detalhamento;
b) Atenção ao terrorismo: por se tratar de áreas estratégicas, instalações nucleares podem ser alvo de ataques terroristas. Para o CNI a atenção deve ser redobrada, por se tratar de uma área militar;
c) Atenção ao manejo de vítimas fatais e equipe de médicos legistas: requisito que deve estar previsto no PEE do CNI, uma vez que devem ser observados cuidados especiais para que os corpos que sofreram radiação não contaminem pessoas vivas e meio-ambiente;
d) Atenção ao controle de documentos durante a resposta a emergência: o PEE para o CNI deve seguir os mesmos procedimentos adotados no PEE do CNAAA, estando em consonância com os Manuais de Procedimentos do CCCEN e do CESTGEN e devendo constar, dentre outros, o controle de documentação e atualização dos documentos;
e) Atenção às lições aprendidas: documentos, fotos, comunicados e organização durante a fase de resposta a emergência servirão de retorno de experiência para melhoria contínua do próprio Plano de Emergências Externo e devem estar previstos no PEE no CNI.

5.6 Fase de Reconstrução

As operações de reconstrução da área atingida por um acidente de qualquer natureza incluem desenvolvimento, coordenação e execução de serviços para as comunidades impactadas, assim como a reconstituição dos serviços públicos da região.

O quadro 6 apresenta a comparação entre os três (3) Planos de Emergências Externos estudados:

Quadro 6: Fase de Reconstrução

5- Fase de Reconstrução	*Operational Area Emergency Plan - Unified San Diego County Emergency Services Organization* (Estados Unidos)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (Brasil)		Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro para caso de emergência nuclear nas instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)	
Atenção à avaliação dos danos	Sim	Consta da sessão de Operações de Construção e Engenharia que se encarrega de obras públicas. As atividades dentro do escopo desta função incluem realização de avaliações da infraestrutura pré e pós-desastre.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Citado em Reabilitação do Cenário, que compreendem as atividades de: avaliação de danos; vistoria e elaboração de laudos técnicos; limpeza, descontaminação do ambiente; reabilitação dos serviços essenciais.
Descrição dos critérios de recuperação da infraestrutura e reestabelecimento dos serviços essenciais	Sim	A sessão de Operações de Construção e Engenharia tem como escopo sete (7) atividades para completa reabilitação da área envolvida no desastre.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Cita, sem prover muitos detalhes, o Programa de Reconstrução (PRRC) e Projetos Específicos, tal como o Regulamentação de Convênios de Reconstrução.
Estrutura de operações de engenharia e reconstrução	Sim	Consiste no setor responsável por obras relacionadas à engenharia, suporte, transporte e utilitários.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Não é detalhado no documento.
Definição de operações de abrigagem pade curto, médio e longo prazos	Sim	Destaca o sistema de abrigagem para períodos diferentes.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Cita os reassentamentos temporários (relocação) e os definitivos.
Atenção a segurança pública	Sim	A sessão de Operações da Aplicação da Lei de Auxílio Mútuo aborda os muitos diferentes agentes capazes de fornecer segurança para a região durante e após as operações durante a resposta ao desastre.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	É colocada como missão do Plano promover a segurança dos bens públicos e privados, localizados nas áreas sob emergência.
Atenção a contaminação de água e alimentos	Sim	O Plano dedica duas sessões para prevenir a contaminação e realizar a descontaminação.	Não	Não é detalhado no documento.	Sim	Citado no Plano, mas sem prover detalhes já que não é considerada uma medida urgente.
Indicação dos meios de financiamento à reconstrução	Sim	Cita as seguintes fontes financiadas pelo Congresso: *State Contractors Licensing Board* , o *State Franchise Tax Board* e o *State Housing and Community Development for Community Development Block Grant – Disaster Recovery* (CDBG-DR).	Sim	Cita a Lei Federal nº 12.340, de 01/12/2010 - Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e sobre o Fundo Especial para Calamidades Públicas.	Sim	Indica previsão de recursos para as ações de Defesa Civil, não apenas no Orçamento Geral da União, como também no do Estado e dos Municípios. Cita também o Fundo Especial para Calamidades Públicas – FUNCAP.

Fonte: Elaboração própria (2019)

As medidas de reconstrução após um acidente devem estar detalhadas num plano que estabelece responsabilidades, organização da reconstrução, bem como linhas de comunicação. A premissa básica do plano de Reconstrução é que se o planejamento for realizado antes de um desastre, a região pode, mais rápidamente, voltar à normalidade. As metas de recuperação contidas neste Plano devem incluir avaliação de danos; informação de avaliação, estimativa do valor financeiro das perdas e dos custos de recuperação, aplicação rápida para fundos estaduais e federais de auxílio a desastres, restauração oportuna da comunidade serviços e infraestrutura para a condição de normalidade e medidas de mitigação viáveis.

Tanto o EOP de San Diego quanto o PEE para o CNAAA, que é complementar ao PEM do Estado do Rio de Janeiro, citam a avaliação de danos como premissa para o plano de reconstrução. O mesmo deve ser feito para o PEE do CNI. A decisão de se reconstruir a área deve ocorrer após a análise do desastre, mas as ações já devem minimamente previstas.

A reconstituição dos serviços pode ser realizada por meio de assistência coletiva ou individual através de programas que identifiquem as necessidades e definem recursos, fornecem alojamento e promovam o tratamento das pessoas afetadas. Além disso, a recuperação envolve o reestabelecimento de organizações geradoras de recursos financeiros, identificação e implementação de medidas de mitigação para reduzir ou eliminar os efeitos de futuros incidentes, assim como avaliar as lições aprendidas.

O EOP de San Diego contém uma sessão de engenharia e construção para cuidar da reconstrução pós-desastre. O PEE para o CNAAA, apenas cita, sem prover muitos detalhes, o Programa de Reconstrução Brasileiro. Uma sugestão é que o Plano para o CNI detalhe o Programa, já que as ações de reconstrução devem começar logo após o a ocorrência do acidente. Quanto à estrutura de engenharia e reconstrução, o EOP de San Diego expressa atividades bem definidas dentro de seu escopo que incluem a realização de avaliações pré e pós-incidentes de obras públicas e infraestrutura; apoio a contratos de emergência para serviços essenciais, gerenciamento de construção e contratação e serviços imobiliários e fornecimento de reparação de emergência a infraestruturas danificadas e instalações críticas. Nos Planos do Estado do Rio de Janeiro, PEM e PEE para o CNAAA, não há esta informação, entretanto, é importante

que o PEE para o CNI contemple pelo menos um direcionamento para as ações de reconstrução.

As ações de reconstrução geralmente são divididas em duas fases de curto e longo prazos. O PEE para o CNAAA, em complemento ao PEM do Estado do Rio de Janeiro, estão incompletos quanto a isso, dividindo as ações apenas quanto ao reassentamento de pessoas. Para o PEE do CNI sugere-se uma abordagem mais ampla de acordo com os objetivos de cada uma.

Os principais objetivos das operações de recuperação de curto prazo são: restaurar moradias, empregos, serviços e instalações de forma rápida e eficiente. Essas operações incluem:

- Restauração dos serviços de saúde e assistência social;
- Restabelecimento dos serviços públicos;
- Restauração de rotas de transporte;
- Remoção de detritos e operações de limpeza;
- Inspeção de segurança das construções do entorno; e
- Redução e demolição de estruturas afetadas.

Nas operações de curto prazo também consta o reassentamento temporário das pessoas atingidas (relocação). Esta medida visa a remoção organizada e deliberada de pessoas de uma área afetada por um acidente por um período longo (alguns meses), porém limitado, para evitar, principalmente, a exposição devido a material depositado e a inalação de material suspenso.

Com relação às operações de recuperação a longo prazo o maior objetivo é reconstruir com segurança a região, reduzindo riscos futuros e otimizar as melhorias da comunidade incluindo:

- Reconstrução de instalações públicas;
- Coordenação da entrega de serviços sociais e de saúde de longo prazo;
- Melhor planejamento e implementação do uso da terra;
- Uma melhoria do Plano de Emergências, dadas as lições aprendidas;
- Restabelecimento da economia local para níveis anteriores ao acidente;

- Recuperação de custos relacionados ao acidente; e
- Integração efetiva de estratégias de mitigação no planejamento e operações de recuperação.

Uma informação que deve conter no Plano de Emergências Externo é a preocupação com a segurança pública da área de emergência. Considerando que a área afetada por um acidente radiológico ou nuclear deve ser restrita, é importante que haja uma política de segurança para o local até sua descontaminação, se for o caso. As pessoas podem ignorar os riscos e tentar voltar para o local para recuperar bens, por exemplo. O PEE para o CNI deve englobar essa ressalva, tal como o EOP de San Diego e o PEE para o CNAAA.

O PEE para o CNAAAA afirma que que a CNEN e AIEA apenas recomendam níveis de intervenção para a restrição à comercialização de produtos alimentares, em condições onde suprimentos alternativos de alimentos estejam disponíveis. Sugere-se que PEE para o CNI dê mais atenção a essa questão a exemplo do EOP de San Diego que estabelece uma sessão de Alimentação e Agricultura que é reponsável por monitorar e descontaminar a água e a comida da região afetada, bem como a sessão de Operações na Meio Ambiente e Saúde é a responsável por evitar que a contaminação chegue ao lençol freático.

Nesse processo de reconstrução deve-se destacar também o controle de alimentos, que embora não seja considerada uma medida urgente, deve ser implementada a tempo em caso de contaminção por radiação.

Por fim, é importante que esteja Previsto no PEE do CNI, a exemplo dos 3 (três) Planos analisados, os recursos de financiamento para a reconstrução da região afetada. É previsto no Orçamento da União um Programa de Reconstrução que é constituído por dois subprogramas:

- Subprograma de Recuperação Socioeconômica das Áreas Afetadas;
- Subprograma de Recuperação dos Serviços Públicos Essenciais Afetados por Desastres.

Os subprogramas do Programa de Reconstrução compreendem os seguintes projetos principais:

- Projetos de Relocação Populacional e de Construção de Moradias para a população de baixa renda afetada por desastres;
- Projetos de Recuperação de áreas degradadas;
- Projetos de Recuperação dos serviços públicos essenciais.

É importante destacar que deve ser elaborada uma estimativa inicial de danos que já deve ser desenvolvida durante a fase de resposta a emergências para apoiar o pedido de apoio à União. Durante a fase de recuperação, esta avaliação é refinada para um nível mais detalhado, sendo necessária para solicitar assistência financeira aos órgãos responsáveis.

O Governo Federal tem um Fundo Especial para Calamidades Públicas – FUNCAP, que é um instrumento financeiro previsto para o atendimento emergencial, em ações de Resposta aos Desastres. De acordo com o Art. 148, inciso I, da Constituição Federal, "A União, mediante lei complementar, poderá instituir empréstimos compulsórios para atender às despesas extraordinárias, decorrentes de calamidade pública, de guerra externa ou em sua iminência" (BRASIL,1988).

O plano também deve identificar as fontes de apoio externo que podem ser fornecidas, através de ajuda mútua, por outros órgãos estaduais e federais bem como o setor privado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusão

A regulação da segurança nuclear é uma responsabilidade nacional. No entanto, os riscos de radiação podem transcender as fronteiras nacionais e a cooperação internacional serve para promover e melhorar a segurança globalmente, trocando experiências e melhorando a capacidade de controlar perigos, prevenir acidentes, responder a emergências e mitigar quaisquer consequências prejudiciais.

No Brasil, a CNEN é a responsável por normatizar, licenciar e fiscalizar atividades radioativas e nucleares em instalações em terra. Todo o trabalho desenvolvido pelo órgão baseia-se nas recomendações da AIEA e foram adaptados às especificidades brasileiras. A CNEN será responsável pelo licenciamento da área radiológica do CNI e a Marinha do Brasil com o suporte da AgNSNQ pelo submarino propriamente dito, uma vez que se trata de uma instalação nuclear móvel e naval. A AgNSNQ foi criada para prover normas e regulamentos internos a Marinha não somente para a condução das diversas atividades de licenciamento, construção e manutenção do primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro, mas também para o acompanhamento dos indivíduos e meio ambiente inseridos neste processo.

Através das normas da CNEN estudadas neste trabalho – NE 1.04, NN 1.16, NE 1.24, NE 1.26 e NN 3.01- foi possível depreender que elas são aplicáveis ao licenciamento e operação da área radiológica do CNI, uma vez que a CNEN já licencia e regula instalações similares aos prédios e piscinas de rejeitos que serão construídos. A maior diferença entre as instalações já reguladas pela CNEN e o CNI é a presença de cais e diques voltados para o submarino com propulsão nuclear, que exigirão interpretação e adaptação das normas devido ao seu ineditismo no país.

Ao aprimorar seus regulamentos e guias, sugere-se que a CNEN considere os comentários das partes interessadas e seus retornos da experiência, além das normas e recomendações internacionalmente reconhecidas, como os guias de segurança da AIEA.

Quanto a classificação brasileira dos desastres, é importante que a COBRADE seja revisada para atender ao projeto do CNI, abrangendo meios e instalações navais com conteúdo nuclear.

Uma questão importante que deverá ser abordada pela CNEN é que a construção do CNI e do SN-BR vai, de certa forma, trazer à tona uma questão ainda não resolvida no Brasil: a delimitação e construção e um depósito final de rejeitos radioativos. Os rejeitos das usinas eletronucleares de Angra dos Reis/RJ, são, até o momento, guardados em depósitos temporários na própria usina ou no Centro de Gerenciamento de Rejeitos em Angra dos Reis. O Depósito de Abadia de Goiás, foi uma solução específica para rejeitos gerados do acidente com Cs-137 em Goiânia em 1987.

No que diz respeito às emergências radiológicas e nucleares externas no Brasil, a Defesa Civil desempenha o papel de coordenadora das ações de resposta, com o apoio da CNEN e do SIPRON. As três instituições, juntamente com a organização operadora da instalação radiológica ou nuclear, no caso a Marinha do Brasil para o CNI, devem ser capazes de assegurar os objetivos práticos das respostas a emergência

Um PEE bem elaborado é essencial para a execução de ações de resposta bem-sucedidas. As concepções errôneas predominantes sobre emergências nucleares e radiológicas e sobre os possíveis efeitos na saúde da exposição à radiação podem levar a ações inapropriadas. Consequentemente, um pré-planejamento com base em princípios estabelecidos de segurança é essencial.

O Plano de Emergências Externos deve contemplar as fases de Prevenção, Mitigação e Preparação, Resposta e Reconstrução, contemplando a Lei 12.608 de 2010. Um PEE bem elaborado ajuda a criar confiança de que uma resposta de emergência será gerida, controlada e coordenada de forma eficaz. Os arranjos para ações de resposta a emergências, tanto dentro como fora das instalações ou noutro local sob o controle do operador, deve - se realizar com base em regulamentação específica.

A preparação para as ações dos órgãos envolvidos deve sempre ter um caráter antecipatório. Uma notificação pré-acidente pode deixar os envolvidos numa condição de sobreaviso na qual uma equipe mínima para as ações iniciais e tomadas de decisão permaneçam na sua base de trabalho.

Além disso, o Estado deve assegurar que os órgãos destinados à resposta tenham os recursos necessários para lidar com quaisquer consequências de emergência radiológica ou nuclear no domínio público, determinando antecipadamente a alocação de responsabilidades pela gestão de intervenções em situações de emergência situações entre os órgãos reguladores nacionais e locais.

Um fato importante que deve ser levantado é a disponibilidade da rede dos serviços de saúde no Estado do Rio de Janeiro para atendimento de vítimas de um possível desastre radiológico ou nuclear no CNI, uma vez que em condições normais - sem nenhum desastre - já não se mostra mostra suficiente, sendo uma fragilidade nacional. O local de referência para acidentes radioativos e nucleares é o Hospital Naval Marcílio Dias, que não possui leitos de UTI suficientes para um evento de grande magnitude. Mesmo considerando-se o apoio da Fundação Eletronuclear de Assistência Médica (FEAM), que é referência na área, a rede pode não ser suficiente em caso de acidente.

É importante salientar que no caso de emergência externa no CNI, a Marinha do Brasil tem papel duplo: a de operadora da instalação radioativa e nuclear e a de respondedora da emergência tanto no âmbito local quato externamente. No entanto, para que isso seja um diferencial no momento de resposta a emergência, é necessário que ela tenha bem delimitado um plano com suas ações internas e externas.

A atualização deste Plano, bem como dos demais documentos dele decorrentes, deve ocorrer periodicamente, ou sempre que necessário. A integração de todas as partes envolvidas é fundamental para que se possa dispor de uma instalação radiológica ou nuclear segura.

A comparação entre o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro e o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro - para o caso de Emergência Nuclear nas Instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - com o Plano de Emergências Externo de San Diego nos Estados Unidos, condado que sedia uma usina nucleoelétrica e uma base naval com área radiológica para navios nucleares, mostrou caminhos pertinentes a serem seguidos para a elaboração do PEE para o CNI já explicitados no item cinco (5) deste trabalho.

O PEE para o CNI deve conter uma breve descrição da base naval com características técnicas em nível ostensivo com área, população, equipe interna de resposta a emergência, dentre outras.

A classificação das emergências e o critério de alerta para cada uma devem estar bem delimitados, assim como os procedimentos para ativação e implementação do Plano. As ZPE também devem estar adequadamente definidas, de acordo com estudo de impacto específico para o reator do submarino em questão.

O fluxo de comunicação deve ser bem definido no PEE para o CNI pois o tempo é um fator crucial na resposta a qualquer emergência. Quanto mais rápidas forem processadas as informações pelo responsável da tomada de decisão, a decretação da situação de emergência, bem como um planejamento de contingência objetivo e constantemente testado, a resposta a uma emergência será mais eficaz.

A operacionalização eficiente e eficaz do PEE para o CNI depende do diálogo adquado com a população , uma vez que empreendimentos nucleares encontram resistência das pessoas em função de um grande desconhecimento geral e dos acontecimentos catástróficos envolvendo energia nuclear. Associações de beirro, Igrejas, Escolas e Sistema Único de Saúde podem atuar como sensiblizadores e mediadores doc onheciemnto para construção da cultura de segurança na região.

O PEE para o CNI deve detalhar os procedimentos e as autorizações para entrada no local atingido seja na fase de resposta ou na fase de reconstrução, se for o caso. A áreas controladas devem ser restritas, inclusive para embarcações. Isto previne a contaminação de mais pessoas.

Para a fase de reconstrução, o PEE do CNI deve indicar os membros necessários para a elaboração tempestiva do Plano de Reconstrução. A etapa de descontaminação também deve ser contemplada.

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Os aspectos normativos estudados neste trabalho indicam que a necessidade de desenvolvimento de normas para licenciamento e operação se volta especificamente

para o submarino com propulsão nuclear propriamente dito, o que está a cargo da Marinha do Brasil suportada pelas análises e recomendações da AgNSNQ. Uma sugestão de trabalho futuro é um estudo que fundamente a elaboração das normas.

Quanto a elaboração do Plano de Emergências Externas, recomenda-se que para o CNI seja formado um grupo de trabalho multidisciplinar, um Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear (COPREN) específico. O uso do PEE para a CNAAA como exemplo durante sua elaboração será proveitoso, entretanto, é preciso atentar-se para as especificidades navais e militares, assim como as características do empreendimento, sendo o EOP de San Diego um bom exemplo.

Outra sugestão de desenvolvimento futuro é o estudo técnico do risco e do impacto do primeiro submarino com propulsão nuclear brasileiro quando em operação no CNI, o que servirá de base para classificação das ZPE e das emergências na região do município de Itaguaí.

É possível também indicar para trabalho futuro um estudo similar para o Reator Multipropósito Brasileiro um empreendimento cuja execução está sob a responsabilidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) com o objetivo principal de de produção de radioisótopos e radiofármacos visando suprir toda a demanda nacional da medicina nuclear, que não são produzidos no país.

Por fim, pode-se também pensar no estudo de risco e requisitos da Base Naval do CNI para receber um meio naval com propriedade nuclear avariado por algum evento em alto mar. É importante um estudo que determine os critérios para recebimento do navio ou submarino avariado em condições seguras para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Israel de Oliveira. Franco e Silva, Márcio Magno de Farias. HILLEBRAND, Giovanni Roriz Lyra. FRANCO, Luiz Gustavo Aversa. **Submarino Nuclear Brasileiro: Defesa Nacional e Externalidades Tecnológicas.** Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 2018.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA. Criteria for use in preparedness and response for a nuclear or radiological emergency: general safety guide / jointly sponsored by the Food and Agriculture Organization of the United Nations … [et al.]. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011. Disponível em: < https://www.iaea.org/publications/8506/criteria-for-use-in-preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency> Acesso em: out de 2018.

ALMEIDA, Antônio Betâmio de. **Emergência e gestão do risco. In: Curso de Exploração e Segurança de Barragens.** Instituto Nacional da Água (INAG). Lisboa, 2001.

ALMEIDA, 2015. **A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: os desastres como problema político.** In: 1º Seminário Internacional de Ciência de Política. Disponível em <https://www.ufrgs.br/.../ALMEIDA-Paula-Emília-G.-A-Política-Nacional-de-Proteção>. Acesso em abril de 2019.

ARAGÃO, Ricardo Jorge Cruz de. **O apoio logístico ao submarino nuclear brasileiro.** ESG**,** Rio de Janeiro, 2013.

AZEVEDO. Eduardo M. ; ESTRADA, Júlio J. S.; KNÖFEL Tom M. J.; RÉCIO, João C. A. e ALVES, Rex N.. **A saga das emergências nucleares e radiológicas no Brasil.** Comissão Nacional de Energia Nuclear, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Disponível em < https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/1999/PDF/CG12AR.PDF> Acesso em nov de 2018.

BARBARINI, Luiz Henrique Maiorino. **Análise de risco para embarcações com sistemas de alarmes com foco nos fatores humanos e organizacionais.** Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

BRASIL . Decreto nº 623, de 4 de agosto de 1992. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D0623.htm> Acesso em novembro de 2018.

_____. Constituição Federal de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituição.htm>. Acesso em outubro de 2018.

_____. Lei nº 10.256 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade . Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm > Acesso em agosto de 2018.

_____. Lei nº 12. 340, de 1º de dezembro de 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12340.htm> Acesso em abril de 2019.

_____. Estratégia Nacional de Defesa. Ministério da Defesa. Brasília, 2012a. Disponível em < https://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

_____. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Lei 12.608, de 11 de abril de 2012b. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm> Acesso em agosto de 2018.

_____. Instrução Normativa 01 do Ministério da Integração Nacional, de 24 de Agosto de 2012c. Disponível em < http://www.lex.com.br/legis_23679234_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_1_DE_24_DE_AGOSTO_DE_2012.aspx> Acesso em fevereiro de 2019.

_____. Lei nº 12.731, de 21 de novembro de 2012. Institui o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro – SIPRON. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12731.htm#art6> Acesso em abril de 2019.

_____. Lei nº 12.983, de 02 de junho de 2014. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L12983.htm> Acesso em janeiro de 2019.

_____. SIPRON. Disponível em < http://gsi.gov.br/sipron-1/sipron>. Acesso em abril de 2019.

_____. Elaboração de Plano de Contingência : livro base. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BUZAN, Barry. **People, states and fear:** an agenda for international security studies in the post-cold war era. 2. ed. Boulder, Col.: Lynne Rienner, 1991.

BUZAN, Barry; WÆVER, Ole. **Regions and power:** the structure of international security. São Paulo: Cambridge University Press, 2005.

CARVALHO, Paulo Roberto Werneck de. **Plano de contingência para instalações industriais que processam e estocam produtos perigosos: uma abordagem a partir do modelo para instalações nucleares de geração de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, 2015.

CARVALHO, Paulo Roberto Werneck de. Plano de Ações Emergenciais – o papel da Defesa Civil. In: XXXI - Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte – MG, 2017.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Manual de Planejamento em Defesa Civil.

vol II. . Secretaria de Defesa Civil. Ministro da Integração Nacional. Brasília, 1999.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR**. Uso de Portos, Baías e Águas sob Jurisdição Nacional por Navios Nucleares**. CNEN NE 1.24. Rio de Janeiro: CNEN , 1991.

_____. **Segurança na Operação de Usinas Nucleoelétricas.** CNEN-NE-1.26. Rio de Janeiro: CNEN, 1997.

_____. **Garantia da Qualidade para a Segurança de Usinas Nucleoelétricas e outras Instalações**. CNEN-NN-1.16. Rio de Janeiro: CNEN, 2000.

_____. **Licenciamento de Instalações Nucleares.** CNEN-NE-1.04. Rio de Janeiro: CNEN, 2002.

_____. **Medidas de proteção e critérios de intervenção em situações de emergência.** Posição Regulatória 3.01/006. Rio de Janeiro: CNEN, 2011.

_____. **Descomissionamento De Usinas Nucleoelétricas.** CNEN NN 9.01 . Rio de Janeiro: CNEN, 2012.

_____. **Critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção radiológica.** CNEN NN 3.01. Rio de Janeiro: CNEN, 2014.

BOTELHO , Mário Hugo Dias Silva. **Estrutura Conceitual para o Licenciamento Nuclear do Complexo Radiológico do Submarino Brasileiro Com Propulsão Nuclear.** Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2016.

CORRÊA, Fernada das Graças. **O projeto do submarino nuclear brasileiro**. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2010.

COSTA, Célia Maria Leite. Acordo Nuclear Brasil-Alemanha. Disponível em <https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/AcordoNuclear> Acesso em abril de 2018.

COUNTY OF SAN DIEGO. Emergency Operations Plan. Unified San Diego County Emergency Services Organizat ion And County Of San Diego. San Diego, 2018.

CRUZ DE ARAGÃO, Ricardo Jorge. **O Apoio Logístico ao Submarino Nuclear Brasileiro.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Superior de Guerra. Rio de Janeiro, 2013.

DERTONI, Marcio José de Macedo. BARROS, Airton Bodstein de. **Proposta de modelo de elaboração de planos de contingência de referência. In I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres: "Gestão Integrada em RRD no Brasil e o Marco de SENDAI para a Redução do Risco de Desastres 2015 – 2030".** Curitiba, 2016.

DERTONI, Marcio José de Macedo. **Proposta de modelo para elaboração de planos de contingência para riscos diversos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, 2016.

FORTES, Marcelo de Azambuja. **A política pública para resposta às ameaças químicas, biológicas, radiológicas, nucleares e explosivas.** Dissertação (Mestrado) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas - Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2012.

FREEDMAN, Lawrence. *The Official History of the Falklands Campaign* (em inglês). **II**. Londres: Routledge, 2005.

GALANTE, Alexandre; POGGIO Guilherme. (org). **O Prosub e o submarino nuclear brasileiro SN-BR.** Poder Naval. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2018/02/20/o-prosub-e-o-submarino-nuclear-brasileiro-sn-br/> Acesso em janeiro de 2019.

GALANTE, Alexandre; POGGIO Guilherme. (org). **Submarinos convencionais e nucleares de ataque.** Poder Naval. Disponível em: https://www.naval.com.br/blog/2013/05/25/submarinos-convencionais-e-nucleares-de-ataque/ Acesso em maio de 2019.

GANEM, Roseli Senna. **Gestão de desastres no Brasil.** Consultoria Legislativa. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília, 2012.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Síntese de doutrina de segurança para projeto e operação de submarinos nucleares.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 1999.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Estratégias de implementação e efeitos de arraste dos grandes programas de desenvolvimento tecnológico nacionais: experiências do Programa de Propulsão Nuclear da Marinha do Brasil. **Revista Marítima Brasileira**, n. 16, 2003. [**Pesquisa Naval**, suplemento especial da revista]

IPEN. Análise de Risco de Acidentes em Instalações Potencialmente Perigosas. Disponível em < https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=2379&campo=7530>. Acesso em novembro de 2018.

LINHARES, Tuxaua Quintella de. **Uma proposta de modelo de gerenciamento da cultura de segurança para o submarino brasileiro com propulsão nuclear.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2016.

LUIS, Camila Cristina Ribeiro.. **O Poder Naval na Construção do Poder Marítimo Brasileiro. RBED**, v. 2, nº 1, jan./jun. 2015

MAIA, Yran Leite. **Uma proposta para o descomissionamento de submarinos nucleares no Brasil.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, COPPE. Rio de Janeiro, 2015.

MARQUES, Paulo. **Os deletérios impactos da crise nuclear no Japão.** Estudos Avançados. v. 26, n. 74, p. 309-312. São Paulo, 2012.

MARINHA DO BRASIL. **100 anos da Força de Submarinos do Brasil**. Rio de Janeiro : FGV Projetos, 2014.

_____. **Estaleiro e Base Naval**. Disponível em < https://www.marinha.mil.br/prosub/estaleiro-e-base-naval - Acessado em agosto de 2018.

_____. **Amazônia Azul.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/content/amazonia-azul> Acesso em setembro de 2018.

_____. **Responsabilidade Social.** Disponível em < https://www.marinha.mil.br/prosub/responsabilidade-social> Acesso em setembro de 2018.

_____. **Benefícios Tenológicos do PROSUB.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/prosub/beneficios-tecnologico>. Acesso em novembro de 2018.

_____. **Amazônia Azul**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/amazoniaazul> Acesso em julho de 2019. (2019a)

_____. **Brasil incorpora 170 mil km2 de área de Plataforma Continental e tem sua "Amazônia Azul" ampliada.** Disponível em <https://www.marinha.mil.br/noticias/brasil-incorpora-170-mil-km2-de-area-de-plataforma-continental-e-tem-sua-amazonia-azul>. Acesso em julho de 2019. (2019b)

MARTINS, Leonardo Braga. **Pequeno dicionário de Planos de Emergência.** In: Revista Insight Inteligência. Rio de Janeiro, 2010.

MORAES, Giovani. **Sistema de Gestão de Riscos: Estudo de Análise de Riscos.** Gerenciamento Verde Editora. Rio de Janeiro, 2013.

OLGAARD, P.L..***Nuclear Ship Accidents Description And Analysis. In:*** The Technical University Of Denmark Department Of Electrophysics, Lyngby, 1993.

OLIVEIRA, Marcos de. **Gerenciamento de Desastres.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2010.

PINHEIRO, José Carlos. AGUIAR, Paulo Roberto. **Impacto da Construção da Base de Submarinos na Economia de Itaguaí – RJ.** In: UNOPAR Cient. Exatas Tecnol., Londrina, v. 11, n. 1, p. 31-40, Nov. 2012.

REVISTA PODER NAVAL . O mais longo de todos os programas. 2009. Disponível em < https://www.naval.com.br/blog/2009/12/02/o-mais-longo-de-todos-os-programas/ >. Acesso em agosto de 2019.

_____ . Submarinos convencionais e nucleares de ataque. 2013. Disponível em <https://www.naval.com.br/blog/2013/05/25/submarinos-convencionais-e-nucleares-de-ataque/>. Acesso em abril de 2019.

RIO DE JANEIRO. Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro: para o caso de Emergência Nuclear nas Instalações da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Secretaria de Estado de Defesa Civil. Rio de Janeiro, 2013.

_____. Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Estado de Defesa Civil. Rio de Janeiro, 2019.

RODRIGUES, Amanda de Souza. **Método para elaboração de um plano de avacuação emergencial em uma usina nuclear utilizando microssimulação de tráfego.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2014.

SANTIAGO, André. **Efeitos da Radiação no Corpo Humano.** Rádio Proteção na Prática. 2017. Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano/> Acesso em março de 2019.

SEVALHO, Maria Clara Valverde. **O Plano de Emergência da Central Nuclear de Angra dos Reis-RJ: avaliação sobre os riscos para o turismo no distrito de Mambucaba.** Dissertação de Mestrado em Turismo, UFF, Niterói, 2018.

TOMÉ. Marcello; SEVALHO, Maria Clara. **Turismo e Segurança: a Central Nuclear de Angra dos Reis-RJ**. Anais do Seminário da ANPTUR. Rio de Janeiro, 2016.

TRENTINI, Bruno; NOVELLI, Douglas; BREDA, Juliana. **A Aplicação de Políticas Públicas na Busca pela Ampliação da Plataforma Continental Brasileira: Resultados e Desafios.** In : Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais, v.1, n.2, Set-Dez/2016, pp.02-17

VIEIRA NETO, Antônio Souza; CORREA, Francisco. **Visão geral de métodos de analise de risco aplicados a instalacoes perigosas.** In: 11th Meeting on Reactor Physics and Thermal Hydraulics, Encontro Nacional de Fiscal de Reatores e Termo - Hidráulica, August 18-22, 1997, Poços de Caldas, MG. p. 592-597

XAVIER, Allan Moreira; LIMA, André Gomes de; VIGNA, Camila Rosa Moraes; VERBI, Fabíola Manhas; BORTOLETO, Gisele Gonçalves; GORAIEB , Karen; COLLINS, Carol Hollingworth; BUENO , Maria Izabel Maretti Silveira. **Marcos da história da radioatividade e tendências atuais.** In Quím. Nova vol.30 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2007.

ANEXO

Quadro 7: Exemplo de matriz de responsabilidade para o PEE do CNI

AÇÕES/ATORES	Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC)	Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC)	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ)	Subsecretaria Adjunta de Operações Aéreas do Estado do RJ (SAOA)	Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ)	Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro (PCERJ)	Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria Estadual de Infraestrutura e Obras do Rio de Janeiro	Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social e Direitos Humanos do Rio de Janeiro	Complexo Naval de Itaguaí (CNI) - Marinha do Brasil	Comando Militar do Leste (CML)	Terceiro Comando Aéreo Regional (III COMAR)	Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)	Superintendência Regional da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)	Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)	Polícia Rodoviária Federal (PRF)	Prefeitura Municipal de Itaguaí	Cruz Vermelha Brasileira	Cia. De Energia Elétrica local	Cia de Água e Saneamento Básico local
Colaborar com o Grupo de Socorro de Emergência do CBMERJ	x																						
Enviar para as áreas de abrigo ambulâncias, médicos e enfermeiros	x																						
Estabelecer plantões médicos nos abrigos	x																						
Instalar nos abrigos uma infraestrutura para atendimento médico	x																						
Enviar, para cada abrigo ativado, um médico especialista	x																						
Manter agentes qualificados, treinados e em número suficiente		x																					
Abrigar parcela da população removida das ZPE especificadas em abrigos estaduais		x																					
Apoiar as ações do CCCEN		x																					
Enviar reforço operacional para apoiar as ações do CCCEN e das COpEN		x																					
Apoiar com pessoal e meios as ações do CCCEN e do CESTGEN			x																				
Apoiar operacionalmente o CCCEN e as COpEN			x																				
Atender as necessidades de transporte do CCCEN			x																				
Executar as ações de combate a incêndio, busca e salvamento			x																				
Apoiar, caso necessário, o Sistema de Comunicações do CCCEN			x																				
Apoiar as ações das COpEN e da Coordenação de Abrigos			x																				
Manter, em caráter permanente, suas aeronaves e tripulações				x																			
Realizar o transporte de pessoal técnico para o desenvolvimento das operações				x																			

AÇÕES/ATORES	Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC)	Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC)	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ)	Subsecretaria Adjunta de Operações Aéreas do Estado do RJ (SAOA)	Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ)	Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro (PCERJ)	Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria Estadual de Infraestrutura e Obras do Rio de Janeiro	Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social e Direitos Humanos do Rio de Janeiro	Complexo Naval de Itaguaí (CNI) - Marinha do Brasil	Comando Militar do Leste (CML)	Terceiro Comando Aéreo Regional (III COMAR)	Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)	Superintendência Regional da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)	Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)	Polícia Rodoviária Federal (PRF)	Prefeitura Municipal de Itaguaí	Cruz Vermelha Brasileira	Cia. De Energia Elétrica local	Cia de Água e Saneamento Básico local
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CESTGEN					x																		
Apoiar a remoção da população, sob coordenação do CCCEN					x																		
Controlar o acesso e o trânsito nas áreas interditadas e nas ZPE não atingidas					x																		
Manter a segurança dos bens públicos e privados localizados nas áreas evacuadas					x																		
Realizar a segurança nos abrigos					x																		
Preservar a ordem pública na área considerada sob emergência					x																		
Empregar o Posto da Polícia Militar nas atividades de controle de trânsito					x																		
Ficar em condições de escoltar elementos do SAER (Serviço Aeropolicial)					x																		
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CESTGEN						x																	
Apoiar a PMERJ, caso solicitada, na manutenção da segurança dos bens públicos e privados localizados nas áreas evacuadas						x																	
Assegurar o cumprimento da lei, a manutenção da ordem pública, a proteção de bens e pessoas						x																	
Prevenir a prática dos ilícitos penais e atribuições da Polícia Judiciária, na situação de emergência nuclear ou radiológica						x																	
Colocar à disposição do CCCEN o pessoal, os meios e os estabelecimentos de ensino, para funcionarem como abrigos							x																
Enviar ônibus, com motoristas, objetivando o transporte de pessoal								x															
Colaborar com a Equipe de Atividades de Transportes no recebimento dos ônibus								x															
Compor a Coordenação de abrigos, devendo manter em condições de funcionamento as instalações hidráulicas e sanitárias dos abrigos									x														
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CESTGEN e o CCCEN										x													
Deixar de sobreaviso todo o serviço de emergência da Secretaria para um pronto atendimento a qualquer ocorrência nociva ao meio ambiente										x													
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CESTGEN											x												
Designar Assistentes Sociais para compor a Coordenação de Abrigos											x												
Designar funcionários da Fundação Leão XIII para compor a Coordenação de Abrigos											x												
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN, CIEN e CESTGEN												x											
Notificar a CNEN, o GBM e a Defesa Civil da situação de emergência												x											
Deslocar e colocar a disposição quantidade de ônibus suficiente para efetuar a remoção da população da ZPE especificada												x											
Colocar à disposição da Defesa Civil mais ônibus , se necessário												x											
Cooperar com a Defesa Civil no cadastramento dos residentes												x											
Remover os ilhéus das ZPE especificadas, conduzindo–os para o local especificado												x											
Interditar a navegação na ZPE especificada												x											
Apoiar os militares na atividade de controle de trânsito												x											
Abrigar a parcela da população removida das ZPE especificadas que eventualmente venha a exceder a capacidade dos abrigos estaduais e municipais												x											
Manter dois helicópteros na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia – RJ em condições de serem empregados,mediante solicitação do CESTGEN												x											
Apoiar o transporte de equipes da CNEN para Itaguaí												x											
Enviar uma ambulância com enfermeiros e médicos necessários												x											
Alertar o Hospital Naval Marcílio Dias												x											
Alertar o apoio necessário no Hospital Marcílio Dias recebendo e tratando vítimas												x											

AÇÕES/ATORES	Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC)	Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC)	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ)	Subsecretaria Adjunta de Operações Aéreas do Estado do RJ (SAOA)	Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ)	Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro (PCERJ)	Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria Estadual de Infraestrutura e Obras do Rio de Janeiro	Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social e Direitos Humanos do Rio de Janeiro	Complexo Naval de Itaguaí (CNI) - Marinha do Brasil	Comando Militar do Leste (CML)	Terceiro Comando Aéreo Regional (III COMAR)	Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)	Superintendência Regional da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)	Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)	Polícia Rodoviária Federal (PRF)	Prefeitura Municipal de Itaguaí	Cruz Vermelha Brasileira	Cia. De Energia Elétrica local	Cia de Água e Saneamento Básico local
Apoiar, empregando grupos de militares, na montagem de barracas fornecidas pelo CESTGEN													x										
Apoiar o CCCEN na instalação dos abrigos													x										
Ficar em condições de passar à disposição do CESTGEN viaturas com reboques, com os respectivos motoristas, destinadas ao transporte pessoal e material													x										
Cooperar com a Polícia Rodoviária Federal na atividade de controle de trânsito, sob coordenação do CCCEN													x										
Manter dois helicópteros em condições de serem empregados													x										
Ficar em condições de apoiar as atividades de levantamento aeroradiométrico													x										
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e CESTGEN													x										
Empregar, mediante solicitação do CESTGEN, a Companhia de Defesa Química, Biológica e Nuclear em apoio às ações da CNEN e do CCCEN													x										
Instalar um sistema de comunicações para ligação entre o CML e o CESTGEN e, também, com as Organizações Militares envolvidas													x										
Ficar em condições de empregar o Hospital de Campanha (HCmp) apoiando as ações de defesa civil													x										
Expedir Notificação Aérea Militar (NOTAM), quando necessário, para interditar o Espaço Aéreo sobre a ZPE especificada														x									
Restringir o Tráfego Aéreo para Itaguaí e região delimitada														x									
Interditar aeródromos da região em caso de emergência														x									
Autorizar o pouso de aeronaves nos aerodromos da região, por solicitação do CESTGEN														x									
Autorizar, por solicitação do CESTGEN, o tráfego aéreo na região em condições especiais														x									
Transportar, utilizando um helicóptero, equipes da CNEN do Rio de Janeiro para Itaguaí														x									
Colocar à disposição do CESTGEN um helicóptero para transporte de pessoal e/ou material para Itaguaí														x									
Manter helicópteros em Itaguaí para apoiar o CCCEN, com a possibilidade de realizar evacuação aeromédica, inclusive de radioacidentado para o Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD)														x									
Proporcionar as comunicações e auxílio ao vôo para as aeronaves da FAB, da MB e do EB														x									
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e CESTGEN														x									
Integrar–se ao sistema de comunicações do SIPRON para o Município de Itaguaí															x								
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e CESTGEN																x							
Assessorar no planejamento, na coordenação e no controle das informações, assim como nas providências necessárias à manutenção do sigilo das comunicações de segurança																x							

AÇÕES/ATORES	Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC)	Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC)	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ)	Subsecretaria Adjunta de Operações Aéreas do Estado do RJ (SAOA)	Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ)	Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro (PCERJ)	Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria Estadual de Infraestrutura e Obras do Rio de Janeiro	Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social e Direitos Humanos do Rio de Janeiro	Complexo Naval de Itaguaí (CNI) - Marinha do Brasil	Comando Militar do Leste (CML)	Terceiro Comando Aéreo Regional (III COMAR)	Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)	Superintendência Regional da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)	Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)	Polícia Rodoviária Federal (PRF)	Prefeitura Municipal de Itaguaí	Cruz Vermelha Brasileira	Cia. De Energia Elétrica local	Cia de Água e Saneamento Básico local
Notificar o DGDEC e o Órgão Central do SIPRON quando da ocorrência de uma situação de emergência																	x						
Manter plantonistas qualificados, treinados e em número suficiente para executar prontamente as ações previstas nos procedimentos de notificação																	x						
Coordenar as ações do CIEN																	x						
Coordenar as ações de radioproteção no atendimento a emergências																	x						
Manter em condições de utilização imediata o material para a notificação da população																	x						
Recomendar as medidas de proteção a serem implementadas em cada classe de emergência																	x						
Recomendar, em casos específicos, a distribuição de iodo estável, observadas as diretrizes do Ministério da Saúde																	x						
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CESTGEN																		x					
Realizar o controle de trânsito empregabdo guarnições e viaturas especificadas																		x					
Coordenar, através do CCCEN, a atuação dos militares da Polícia do Exército e do Posto da Polícia Militar empregados na atividade de controle de trânsito																		x					
Ficar em condições de empregar os motociclistas do Setor de Policiamento e Segurança Rodoviária																		x					
Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CIEN																			x				
Colocar à disposição do CCCEN pessoal, meios e instalações dos Estabelecimentos de Ensino Municipais para funcionarem como abrigos																			x				
Manter atualizado o cadastramento dos residentes nas ilhas das ZPE especificadas																			x				
Abrigar parcela da população removida das ZPE especificadas em abrigos municipais, sob orientação da Coordenação de Abrigos																			x				
Manter plantonistas qualificados, treinados e em número suficiente, para executar prontamente as ações previstas no Plano de Emergências Municipais																			x				
Designar representante para o CCCEN e CESTGEN																				x	x	x	
Desencadear as ações previstas no respectivo Plano de Emergências Complementar (PEC)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: Elaboração própria (2019)