



PROPOSTA PARA ATRIBUIÇÃO DE VARIABILIDADES NAS SAÍDAS DAS
FUNÇÕES DE UM MODELO FRAM DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA
INSTALAÇÃO NUCLEAR COMBINADA

Marco André Talarico

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Nuclear.

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e
Melo

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2023

PROPOSTA PARA ATRIBUIÇÃO DE VARIABILIDADES NAS SAÍDAS DAS
FUNÇÕES DE UM MODELO FRAM DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA
INSTALAÇÃO NUCLEAR COMBINADA

Marco André Talarico

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA NUCLEAR.

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Aprovada por: Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Prof. Roberto Schirru

Dr. Pedro Luiz da Cruz Saldanha

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho

Prof. Delvonei Alves de Andrade

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

FEVEREIRO DE 2023

Talarico, Marco André

Proposta para a Atribuição de Variabilidades nas Saídas das Funções de um Modelo FRAM do Processo de Obtenção de uma Instalação Nuclear Combinada/
Marco André Talarico – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2023.

XVII, 170 p: il.; 29,7cm.

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo.

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Nuclear, 2023.

Referências Bibliográficas: p. 123 -132.

1. Submarino Nuclear. 2. Sistemas Sociotécnicos. 3. Análise de Segurança. I. Frutuoso e Melo, Paulo Fernando Ferreira *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Deise e a meus filhos Marco e Gabriel.

AGRADECIMENTOS

No ano de 2011 fui apresentado ao Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, ocasião na qual iniciamos o traçado dos estudos na área da Engenharia Nuclear pela COPPE, de forma que a pesquisa desenvolvida produzisse frutos para o Programa de Submarinos da Marinha (PROSUB). A conclusão da presente Tese é a materialização do sucesso obtido ao longo de muitos anos, e ocorreu graças à sábia orientação e constante apoio do Prof. Paulo Fernando, a quem sou deveras grato.

Por parte da Marinha, ao longo dos anos de trabalho na Coordenadoria-Geral do Programa de Desenvolvimento de Submarino com Propulsão Nuclear (COGESN), agradeço o reconhecimento e confiança em mim depositada pelo Coordenador-Geral, o VA(RM1-EN) Sydney dos Santos Neves, pelos chefes navais VA(RM1-EN) Mario Ferreira Botelho, VA(EN) Celso Mizutani Koga, pelo Gerente do Empreendimento Modular do qual tenho o orgulho de fazer parte, o CA(RM1) Rogerio da Rocha Carneiro Bastos.

Ademais, agradeço ao VA(RM1) Newton de Almeida Costa Neto e ao CMG(RM1) Ricardo Ibsen Pennaforte de Campos pelo incentivo e apoio fundamental para que este Oficial iniciasse o Curso de Doutorado. Mantiveram esse suporte e incentivo os chefes que se seguiram, o CMG(RM1) João Ricardo dos Reis Lessa e CMG(RM1-EN) Júlio Cezar Simões Pimenta, a quem sou grato pela dedicação para que esse trabalho fosse bem conduzido.

Não posso deixar de mencionar que o presente trabalho de pesquisa não teria sido realizado sem o apoio do CMG(RM1) Yran Leite Maia, do CF(EN) Luiz Gonzaga de Freitas Neto, do Dr. Pedro Luiz da Cruz Saldanha, dos colegas físicos Ronaldo Monteiro Pessôa e Douglas Brandão Baroni, dos engenheiros José Antônio Barreto de Carvalho, Marcelo Zanette Torres, Célia Maria de Oliveira Nascimento, Leandro Moreira Araújo e Isis Silva de Oliveira.

Outrossim, faço menção honrosa aos colegas que convivem diariamente comigo na COGESN, e contribuíram sobremaneira para o desenvolvimento dessa pesquisa, o SO-RM1-ES Luiz Fernando Salazar Costa e a Sra. Nádia Maria de Jesus.

Aos amigos, companheiros de trabalho na COGESN, os engenheiros Ian Bortolotti Gomes e Mario Hugo Dias da Silva Botelho, agradeço pelas incontáveis horas durante as quais travamos diversos embates intelectuais que muito contribuíram para as soluções de problemas tanto da Marinha quanto desta pesquisa. Além disso, agradeço o longo período que os dois despenderam durante a revisão das diversas minutas do presente texto e do

artigo elaborado. Todos esses esforços se mostraram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Finalmente, gostaria de agradecer o amor, carinho e dedicação da minha esposa, Deise Coelho da Silva Talarico, para comigo, e, principalmente, pela compreensão pela minha ausência na rotina dos finais de semana durante esses anos de pesquisa, que foi desenvolvida em tempo parcial. Esse apoio constante e irrestrito foi vital para o sucesso desse trabalho. Aos meus filhos Marco André e Gabriel Coelho, agradeço a frequente demonstração de amor e carinho, o que é essencial para a minha vida.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

PROPOSTA PARA ATRIBUIÇÃO DE VARIABILIDADES NAS SAÍDAS DAS
FUNÇÕES DE UM MODELO FRAM DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA
INSTALAÇÃO NUCLEAR COMBINADA

Marco André Talarico

Fevereiro/2023

Orientador: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Programa: Engenharia Nuclear

Este estudo apresenta um novo caminho para a obtenção das variabilidades na saída das funções de um modelo elaborado pelo uso do Método de Análise de Ressonância Funcional (FRAM) por meio da adaptação do questionário usado no Método da Grade de Análise de Resiliência (RAG), que foi denominado no presente estudo de método indireto. Esse método não requer que os especialistas conheçam os detalhes do modelo FRAM, além de poder ser aplicado à distância, e de fornecer dados para análise da resiliência organizacional do modelo e de informações que podem complementar a análise FRAM. As variabilidades obtidas pelo método indireto foram comparadas com aquelas obtidas de modo similar ao usado no FRAM (aqui denominado de método direto) para o caso específico do modelo de obtenção de uma instalação formada por um submarino de propulsão nuclear e de sua instalação de apoio em terra (aqui nomeada Instalação Nuclear Combinada). Tal comparação resultou em 60,34% de variabilidades idênticas e, por meio do teste de independência do qui-quadrado, concluiu-se que as categorias de variabilidade independem do método usado para obtê-las, validando os resultados obtidos pelo método indireto.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

PROPOSAL FOR ASSIGNING VARIABILITIES IN THE FUNCTION OUTPUTS
OF A FRAM MODEL OF THE PROCESS OF OBTAINING A COMBINED
NUCLEAR FACILITY

Marco André Talarico

Setembro/2023

Advisor: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Department: Nuclear Engineering

This study presents a new path to obtain variabilities in the output functions of a Functional Resonance Analysis Method (FRAM) model by adapting the questionnaire used in the Resilience Analysis Grid Method (RAG), which was named in the present study as the indirect method. This method does not require specialists to know the details of the FRAM model, in addition to being able to be applied remotely, and providing data for analyzing the organizational resilience of the model and information that can complement the FRAM analysis. The variabilities obtained by the indirect method were compared with those obtained in a similar way to that used in the FRAM (here called the direct method) for the specific case of the model of obtaining a nuclear-powered submarine and its land support facility (hereafter called the Combined Nuclear Facility). This comparison resulted in 60,34% of identical variabilities and, via the chi-square independence test, it was concluded that the variability categories are independent of the method used to obtain them, validating the obtained results by the indirect method.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação	3
1.2. Originalidade	3
1.3. Relevância	4
1.4. Objetivo da Tese	4
1.5. Justificativa	5
1.6. Organização do Trabalho	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Regulamentação no Brasil – Programa de Submarinos	6
2.2. Regulamentação nos Estados Unidos da América – Propulsão Nuclear	7
2.3. Regulamentação na França – Propulsão Nuclear	7
2.4. Modelos de Acidentes	8
2.4.1 – Modelos Sequenciais	8
2.4.2 – Modelos Epidemiológicos	10
2.4.3 – Modelos Sistêmicos	11
2.4.4 – Análise de Confiabilidade Humana	12
2.5 – Filosofia de Modelagem	13
2.6 – Engenharia de Resiliência	15
2.7 – Uma Nova Perspectiva sobre o Conceito de Segurança	16
2.8 – STAMP (<i>Systems-Theoretic Model and Process</i>)	19
2.9 – FRAM (<i>Functional Resonance Analysis Method</i>)	20
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	23
3.1 - Princípios e Funções do FRAM	23
3.1.1 – Características das Funções e Acoplamentos	24
3.1.2 - Tipos de Função no FRAM	25
3.1.3 - Variabilidade na Saída das Funções	26
3.1.4 - Passos para a Construção do Modelo FRAM	27
3.1.4.1 – Passos 0 e 1 – Propósito e Identificação das Funções	28
3.1.4.2 – Passo 2 – Identificação da Variabilidade	32
3.1.4.3 – Passo 3 – Agregação da Variabilidade	37
3.1.4.4 – Passo 4 – Consequências da Análise	42
3.2 RAG - <i>Resilience Analysis Grid</i>	43

3.3. Opinião de Especialistas	46
3.3.1. Obtenção de opinião de especialista pela NUREG 1150 - Severe Accident Risks	47
3.3.2. Considerações sobre o método Web Delphi	49
3.3.3. Considerações quanto à agregação da opinião de especialistas	49
3.3.4. Considerações quanto ao número de especialistas	50
3.3.5. Considerações sobre consenso e vieses na obtenção de opinião de especialistas	50
3.4. Consistência de Questionários – Coeficiente Alfa de Cronbach	51
3.5. Análise de dados categóricos ordinais provenientes de questionários	52
3.5.1 Análise Exploratória de Dados e Estatística Descritiva	53
3.5.2 Teste de Independência do Qui-Quadrado	53
3.5.3 Coeficiente V de Cramer	55
3.6. Análise de dados categóricos nominais provenientes de questionários	56
4. METODOLOGIA	57
4.1 Construção do Modelo FRAM	57
4.2 Aplicação do Método Direto	57
4.3 Aplicação do Método Indireto	60
4.3.1 – Questões de escala do tipo Likert de cinco pontos	62
4.3.2 – Questões de grade de múltipla escolha	64
4.4 – Comparação entre o método direto e o método indireto	65
4.5. Análise FRAM considerando informações complementares	66
4.6 – Análise da Resiliência Organizacional pelo método RAG	66
4.7. Análise combinada dos resultados das análises RAG e FRAM	66
4.8. Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética	66
5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
5.1 Modelo FRAM da Instalação Nuclear Combinada	67
5.1.1. Entidades do empreendimento	67
5.1.2. Estabelecimento das funções do modelo FRAM e seus aspectos	71
5.2. Aplicação do método direto	89
5.3. Aplicação do método indireto	93
5.3.1 – Questões de escala do tipo Likert de cinco ponto	96
5.3.2 – Questões de grade de múltipla escolha	96

5.3.3. Obtenção das variabilidades para as funções	99
5.4. Comparação entre as variabilidades obtidas pelos métodos direto e indireto	101
5.5. Análise pelo FRAM de um cenário do sistema para a obtenção da INC	106
5.5.1. Comparação entre as análises que usaram variabilidades obtidas pelo método direto e pelo método indireto	106
5.5.2. Análise FRAM considerando informações complementares	109
5.6. Análise da resiliência organizacional do sistema para obtenção da INC	112
5.7. Combinação dos resultados das análises RAG e FRAM do sistema para a obtenção da INC	117
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	121
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
ANEXO A – Formulário - Método Direto	133
ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	134
ANEXO C – Representação gráfica do modelo FRAM da obtenção da INC	139
ANEXO D – Questionário elaborado com base no conjunto sugerido em HOLLNAGEL (2018)	141
ANEXO E – Contribuição dos itens do questionário para a análise do modelo FRAM e para a avaliação da resiliência organizacional	149
ANEXO F – Questionário – Método Indireto	153
ANEXO G – Respostas dos especialistas para as questões de múltipla escolha com uso da escala do tipo Likert de cinco pontos	166
ANEXO H – Agregação da variabilidade em relação ao tempo para cada função	169

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.4.1 – Modelo do tipo dominó (HEINRICH, 1941 <i>apud</i> BUSCH, 2018)	9
Figura 2.4.2 - Trajeto que leva a uma situação de acidente (REASON, 1997)	10
Figura 2.6 – Relação entre o grau de acoplamento de funções e a dificuldade de gerenciamento para diversos sistemas (HOLLNAGEL , 2009) e a área de concentração da engenharia de resiliência	16
Figura 3.1.1.1 – Representação de uma função no FRAM - I representa a Entrada (Input); O representa a Saída (Output); P – Precondições; R – Recurso; T – Tempo; e C- Controle (HOLLNAGEL, 2012)	24
Figura 3.1.1.2 – Representação de acoplamento de funções a montante e a jusante	25
Figura 3.1.3 – Representação da propagação da variabilidade entre funções para um dado cenário (com base em HOLLNAGEL e HILL (2016))	27
Figura 3.1.4.1.1 – Apresentação geral do FRAM Model Visualiser (HOLLNAGEL e HILL, 2016)	30
Figura 3.1.4.1.2 – Detalhes do FRAM Model Visualiser (HOLLNAGEL e HILL, 2016)	31
Figura 3.1.4.1.3 – Tabelas geradas pelo FRAM Model Visualiser (HOLLNAGEL e HILL, 2016)	31
Figura 3.2.1 – Exemplo de diagrama tipo radar usado no RAG (HOLLNAGEL, 2018)	46
Figura 5.1.1.1 – Diagrama das instituições às quais pertencem os responsáveis pela realização das funções	69
Figura 5.5.1.1 – Acoplamentos entre as funções do sistema de obtenção da INC	107
Figura 5.5.1.2 - Propagação de variabilidade das funções sob análise	109
Figura 5.6.1 – Potencial de resposta do sistema de obtenção da INC	113
Figura 5.6.2 – Potencial de monitoração do sistema de obtenção da INC	114
Figura 5.6.3 – Potencial de aprendizado do sistema de obtenção da INC	115
Figura 5.6.4 – Potencial de antecipação do sistema de obtenção da INC	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1.4.2.1 – Exemplos de variabilidade interna e externa para cada tipo de função (baseado em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)	33
Tabela 3.1.4.2.2 – Resumo da variabilidade interna - endógena (com base em HOLLNAGEL (2012)	34
Tabela 3.1.4.2.3 – Resumo da variabilidade externa - exógena (com base em HOLLNAGEL (2012)	35
Tabela 3.1.4.2.4 – Potencial variabilidade da Saída em relação ao tempo (HOLLNAGEL, 2012)	36
Tabela 3.1.4.2.5 – Potencial Variabilidade da Saída em relação à precisão (HOLLNAGEL, 2012)	37
Tabela 3.1.4.3.1 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Precondição (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)	39
Tabela 3.1.4.3.2 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Recursos (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)	39
Tabela 3.1.4.3.3 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Controle (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)	40
Tabela 3.1.4.3.4 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Tempo (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)	41
Tabela 3.1.4.3.5 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Entrada (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)	41
Tabela 3.2.1 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de responder (HOLLNAGEL, 2018)	44
Tabela 3.2.2 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de monitoração (HOLLNAGEL, 2018)	44
Tabela 3.2.3 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de aprendizado (HOLLNAGEL, 2018)	45

Tabela 3.2.4 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de antecipação (HOLLNAGEL, 2018)	45
Tabela 3.5.2.1 – Exemplo de tabela de contingência (CONOVER, 1999)	53
Tabela 3.5.2.2 – tabela de contingência r x c (CONOVER, 1999)	54
Tabela 4.2.1 – Passos para a agregação da variabilidade de cada função	60
Tabela 4.3.1.1 –Intervalos dos valores da mediana em relação à escala Likert	63
Tabela 4.3.1.2 – Exemplos fictícios de afirmações que usam escala direta e indireta	63
Tabela 4.3.1.3 – Regra para a contribuição do valor das variáveis para os aspectos da variabilidade potencial de uma função	64
Tabela 4.3.2.1 – Intervalos de mediana para as questões de grade de múltipla escolha	64
Tabela 4.3.2.2 – Regra para a contribuição do valor das variáveis para os aspectos da variabilidade potencial de uma função	65
Tabela 5.1.1.1 – Entidades que fazem parte do modelo FRAM	68
Tabela 5.1.2.1 – Funções e entidades responsáveis por sua realização	71
Tabela 5.1.2.2 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar projeto da IAT>	73
Tabela 5.1.2.3 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar projeto do SNA>	74
Tabela 5.1.2.4 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA>	75
Tabela 5.1.2.5 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT>	75
Tabela 5.1.2.6 – Descrição e Aspectos da Função <Construir a IAT>	76
Tabela 5.1.2.7 – Descrição e Aspectos da Função <Construir o SNA>	76
Tabela 5.1.2.8 – Descrição e Aspectos da Função <Adquirir equipamentos para IAT>	77
Tabela 5.1.2.9 – Descrição e Aspectos da Função <Adquirir equipamentos para SNA>	77
Tabela 5.1.2.10 – Descrição e Aspectos da Função <Propor limites de projeto>	78
Tabela 5.1.2.11 – Descrição e Aspectos da Função <Propor limites para o	78

licenciamento>

Tabela 5.1.2.12 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar REM e RANS>	79
Tabela 5.1.2.13 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar documento de interface com IAT>	79
Tabela 5.1.2.14 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar documento de interface com SNA>	80
Tabela 5.1.2.15 – Descrição e Aspectos da Função <Atualizar arcabouço normativo da IAT>	81
Tabela 5.1.2.16 – Descrição e Aspectos da Função <Atualizar arcabouço normativo do SNA>	81
Tabela 5.1.2.17 – Descrição e Aspectos da Função <Estabelecer base de projeto IAT>	82
Tabela 5.1.2.18 – Descrição e Aspectos da Função <Estabelecer base de projeto SNA>	82
Tabela 5.1.2.19 – Descrição e Aspectos da Função <Contratar pessoal para a equipe da IAT>	83
Tabela 5.1.2.20 – Descrição e Aspectos da Função <Contratar pessoal para a equipe do SNA>	83
Tabela 5.1.2.21 – Descrição e Aspectos da Função <Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT>	83
Tabela 5.1.2.22 – Descrição e Aspectos da Função <Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA>	84
Tabela 5.1.2.23 – Descrição e Aspectos da Função <Avaliar o Relatório de Segurança da IAT>	84
Tabela 5.1.2.24 – Descrição e Aspectos da Função <Avaliar o Relatório de Segurança do SNA>	85
Tabela 5.1.2.25 – Descrição e Aspectos da Função <Cumprir exigências do projeto da IAT>	86
Tabela 5.1.2.26 – Descrição e Aspectos da Função <Cumprir exigências do projeto do SNA>	86
Tabela 5.1.2.27 – Descrição e Aspectos da Função <Gerenciar a Obtenção da INC>	87
Tabela 5.1.2.28 – Descrição e Aspectos da Função <Estabelecer um	87

cronograma geral>

Tabela 5.1.2.29 – Descrição e Aspectos da Função <Verificar a evolução dos projetos>	88
Tabela 5.1.2.30 – Descrição e Aspectos da Função <Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto>	88
Tabela 5.2.1 – Passos para a agregação da variabilidade de cada questão	91
Tabela 5.2.2 – Contagens obtidas para as categorias de variabilidade na saída de cada função	91
Tabela 5.2.3 – Variabilidades na saída de cada função obtida pelo método direto	92
Tabela 5.2.4 – Frequências para cada categoria obtidas pelo método direto	93
Tabela 5.3.1 – Valores de Alfa de Cronbach para o questionário	95
Tabela 5.3.2.1 – Respostas dos especialistas para as questões de grade de múltipla escolha n° 13 e n° 14	96
Tabela 5.3.2.2 – Respostas dos especialistas para a questão de grade de múltipla escolha n° 15	98
Tabela 5.3.2.3 – Percentuais da falta e escassez de recursos para as entidades	99
Tabela 5.3.3.1 – Contribuição das questões para a inferência da variabilidade na saída das funções	99
Tabela 5.3.3.2 – Agregação da variabilidade em relação à precisão para cada função	100
Tabela 5.4.1 – Variabilidades para cada função do modelo obtidas por ambos os métodos	101
Tabela 5.4.2 – Tabela de contingência	103
Tabela 5.4.2 – Tabela de contingência colapsada (valores observados)	104
Tabela 5.4.3 – valores esperados	105
Tabela 5.5.1.1 – Comparação entre ambas as análises para as variabilidades obtidas pelo método direto e indireto	108
Tabela 5.5.2.1 – Itens do questionário que fornecem informações complementares e respectivas medianas e modas das respostas obtidas	110
Tabela 5.6.1 – Valores da mediana para os aspectos dos potenciais de resiliência organizacionais	112

LISTA DE SIGLAS E ABREVIÇÕES

AEC	Comissão de Energia Atômica (<i>Atomic Energy Commission</i>)
AgNSNQ	Agência Naval de Segurança Nuclear e de Qualidade
ANSN	Autoridade Nacional de Segurança Nuclear
ASN	Autoridade de Segurança Nuclear (<i>Autorité de Sûreté Nucléaire</i>)
ASND	<i>Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense</i>
ASNN	Autoridade de Segurança Nuclear do Navio
ASNT	Autoridade de Segurança Nuclear de Terra
ATHEANA	<i>A Technique for Human Error Analysis</i>
CME	Complexo de Manutenção Especializada
CNAAA	Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DoD	<i>Department of Defense</i>
DoE	<i>Department of Energy</i>
EC	Elemento Combustível
ETN	Empresa Eletrobrás Termonuclear S.A.
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FMV	<i>FRAM Model Visualiser</i>
FRAM	<i>Functional Resonance Analysis Method</i>
HAZOP	<i>Hazard and Operability Study</i>
HEP	<i>Human Error Probability</i>
HRA	<i>Human Reliability Analysis</i>
IAT	Instalação de Apoio em Terra
INC	Instalação Nuclear Combinada
NRC	<i>Nuclear Regulatory Commission</i>
OMN	Organização Militar do Navio
OMT	Organização Militar de Terra
PROSUB	Programa de Submarinos da Marinha do Brasil
PSF	<i>Performance Shaping Factors</i>
RANS	Requisitos de Alto Nível de Sistemas
RAS	Relatório de Análise de Segurança
REM	Requisitos de Estado Maior
SNA	Submarino Nuclear de Ataque
SN-BR	Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro
STAMP	<i>Systems-Theoretic Model and Process</i>
THERP	<i>Technique for Human Error Rate Prediction</i>

1. INTRODUÇÃO

Desde 2008, por meio do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), a Marinha do Brasil (MB) conduz o desenvolvimento do primeiro submarino de propulsão nuclear (SN-BR) (BRASIL, 2021a) e da instalação que presta suporte ao submarino, o Complexo de Manutenção Especializada (CME) (BRASIL, 2020a).

Além das dificuldades tecnológicas do objeto precípua, a complexidade na obtenção do SN-BR e do CME também reside na atuação de diversas entidades que compõem o empreendimento (e.g. Marinha do Brasil, a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), criada por meio de cisão da Comissão Nacional de Energia Nuclear, a Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade (AgNSNQ), e na existência de duas instituições distintas para que se conduza o processo de licenciamento nuclear, a saber, a AgNSNQ para o projeto e obra de construção do submarino, e a ANSN para o projeto e obra da instalação de apoio em terra (RUIVO, 2018 e BRASIL, 2021d).

Ao longo do tempo, pesquisas têm sido desenvolvidas sobre o tema de submarino de propulsão nuclear e suas instalações de apoio em terra. Um exemplo dessas pesquisas é a publicação de uma síntese de doutrina de segurança para projeto e operação de submarinos nucleares por GUIMARÃES (1999), por meio da qual foram apresentados os princípios básicos e critérios de segurança, bem como diretrizes para o estabelecimento de um arcabouço regulador para permitir o processo de licenciamento de Submarinos de Propulsão Nuclear. Outro exemplo é a apresentação de uma proposta de conjunto de requisitos para orientar a realização de projetos de Instalações de Apoio em Terra com o propósito de orientar o processo de licenciamento dessas instalações, que consta de TALARICO (2015).

Em continuação aos trabalhos de pesquisa, no presente texto, foi observado como sendo um sistema sociotécnico complexo a situação real do empreendimento conduzido no Programa de Submarinos da Marinha do Brasil, que tem a finalidade de obter o primeiro submarino com propulsão nuclear e sua instalação de apoio em terra, em consonância com compromisso de uso pacífico da energia nuclear (BRASIL, 2020b). Assim, foi elaborado um modelo desse sistema usando-se o método FRAM (*Functional Resonance Analysis Method*), no qual a aqui denominada Instalação Nuclear Combinada (INC) é o conjunto formado pela Instalação de Apoio em Terra (IAT), dotada de cais, diques e oficinas, e pelo Submarino Nuclear de Ataque (SNA), que usa a energia nuclear somente na sua propulsão.

No âmbito da investigação de acidentes, HOLLNAGEL (2012) menciona que a modelagem de um sistema pela filosofia dos modelos sistêmicos (não lineares) oferece um ponto de vista fundamentado tanto na compreensão dos acoplamentos dinâmicos do sistema como na ressonância funcional. Assim, a melhor forma de entender a ocorrência de acidentes seria vê-los como resultados dos processos dinâmicos do sistema (HOLLNAGEL, 2012). No caso de sistemas sociotécnicos complexos, o FRAM representa uma abordagem pela qual o modelo gerado está de acordo com esse conceito (HOLLNAGEL, 2012), cujo foco está nas funções a serem desempenhadas em vez de estruturas organizacionais. Porém, o método FRAM no presente trabalho de pesquisa foi usado para avaliação das variabilidades em um sistema novo ou modificado, conforme especificado em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014).

A criação do modelo FRAM para a obtenção da INC teve o propósito de permitir a análise de processo e desvios em relação às ações ideais - variabilidade no desempenho (PATRIARCA, 2021), bem como a identificação das potenciais fontes de resiliência do sistema (PATRIARCA, 2021). Desta forma, com base em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), foi possível identificar perigos que possam prejudicar o sistema em atingir seu propósito. Adicionalmente, as variabilidades na saída de cada função foram obtidas por meio de entrevista com especialistas na área de coordenação do projeto brasileiro, e que possuíam condições de opinar sobre as funções do modelo (com base em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)). Assim como em TALARICO *et al.* (2023), esse método foi aqui denominado de método direto – aquele no qual as variabilidades na saída de cada função foram obtidas conforme previsto pelo método FRAM.

Por outro lado, existe um método usado para avaliar os potenciais de resiliência de um sistema, o método da grade de análise de resiliência (RAG) (PATRIARCA, 2021), e tem por características a simplicidade (LINHARES, MAIA e FRUTUOSO E MELO, 2021) e a possibilidade de adaptação do rol de questões sugerido pelo método (HOLLNAGEL, 2018). Assim, tendo em vista que tanto o RAG como o FRAM permitem a avaliação de características relacionadas à resiliência de sistemas sociotécnicos (PATRIARCA, 2021), assumiu-se a hipótese de que o questionário do método RAG poderia ser adaptado para fornecer informações que permitam a inferência da variabilidade de cada função do modelo FRAM da INC, sem que os especialistas tivessem a necessidade de conhecer as funções constituintes do modelo (baseado em LINHARES, MAIA e FRUTUOSO E MELO, 2021). Surgiu, dessa forma, o denominado método indireto (usado em TALARICO *et al.*

(2023)), que é aquele no qual o modelo FRAM foi gerado com base em informações documentais (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014) obtidas da literatura, e as variabilidades da saída de cada função foram obtidas por meio de inferência das respostas do questionário adaptado do método RAG.

Foi realizada a comparação entre as variabilidades obtidas pelos dois métodos por meio da análise exploratória de dados e pela aplicação do teste de independência do qui-quadrado, por meio do qual foi verificado se a variabilidade depende do método usado para sua obtenção (direto ou indireto). Ainda, considerando-se um cenário (*instantiation*) particular do modelo FRAM, foi realizada a comparação entre as variabilidades obtidas pelo método direto e pelo método indireto, propagadas através dos acoplamentos funcionais do cenário analisado.

Adicionalmente, usando-se os dados obtidos pelo método indireto, foi apresentada uma análise FRAM do mesmo cenário usado para comparar a propagação de variabilidades, que incluiu os dados de informações complementares e a análise dos potenciais de resiliência organizacional, feita pelo método RAG.

1.1. Motivação

A criação do modelo FRAM para um sistema sociotécnico complexo engloba a realização de entrevistas como ferramenta principal, preferencialmente *in loco*, junto ao pessoal que desempenha as atividades que subsidiariam as funções do modelo (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Entretanto, recentemente diversos países, incluindo o Brasil, sofreram com as políticas de isolamento social por conta da pandemia de Covid-19 motivaram a criação de métodos para a obtenção de informações à distância, evitando-se a realização de reuniões presenciais. Dessa forma, surgiu a ideia de obtenção das variabilidades das funções do modelo FRAM pela aplicação à distância de um questionário adaptado do método RAG.

1.2. Originalidade

A pesquisa envolveu a proposição de um método (denominado de Método Indireto) para adquirir informações sobre as variabilidades das funções de um modelo FRAM por meio da adaptação do grupo de questões provenientes do método RAG. Esse método foi aplicado para inferir as variabilidades na saída das funções do modelo FRAM,

elaborado para modelar o processo de obtenção da Instalação Nuclear Combinada (INC), o que caracteriza a originalidade do trabalho.

1.3. Relevância

A experiência brasileira no campo da construção e do processo de licenciamento de reatores nucleares de potência consiste no empreendimento das usinas nucleoeletricas situadas no Complexo Nuclear Almirante Alvaro Alberto no Município de Angra dos Reis – RJ, que são duas instalações erigidas e operadas em terra firme. Atualmente, na área militar, o ambicioso empreendimento de obtenção do primeiro submarino de propulsão nuclear e de sua instalação de apoio em terra prevê a realização de todas as fases: projeto, construção, operação, acompanhadas de processo de licenciamento específico, por meio de duas autoridades de segurança nuclear distintas.

Frente ao desafio imposto na obtenção dessas instalações, a criação de um modelo FRAM que espelha tal empreendimento para auxiliar na identificação do surgimento de ressonância funcional no sistema modelado é *per se* relevante. Considerando-se, ainda, a possibilidade do uso de ferramentas eletrônicas para auxiliar na aquisição de dados à distância para compor o modelo FRAM (para o qual originalmente são recomendadas entrevistas *in loco* (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014), pode-se abrir um caminho para um novo meio de computar as variabilidades no modelo FRAM, de uma forma simples, de baixo custo e que pode mitigar o efeito deletério de futuras políticas de isolamento social para a obtenção de informações para compor modelos FRAM.

1.4. Objetivo da Tese

O estudo teve o propósito principal de comparar as variabilidades na saída das funções de um modelo FRAM obtidas por dois métodos (aqui denominados de método direto e pelo método indireto). Essa comparação se deu por meio da análise exploratória de dados, onde se pôde constatar o percentual de dados idênticos entre os dois métodos, e pela aplicação do teste de independência do qui-quadrado, por meio do qual foi verificado se a variabilidade depende do método usado para a sua obtenção (direto ou indireto).

Além disso, apresentou-se o efeito qualitativo do uso das variabilidades obtidas pelo método direto e pelo método indireto e de sua propagação pelos acoplamentos funcionais de um cenário particular.

Adicionalmente, usando-se os dados obtidos pelo método indireto, foi apresentada uma análise qualitativa, conforme previsto pelo FRAM (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD

e COLLIGAN, 2014), do mesmo cenário usado para comparar a propagação de variabilidades, incluindo na análise FRAM os dados de informações complementares obtidas pelo questionário e os resultados da análise dos potenciais de resiliência (obtidos de acordo com o método RAG).

1.5. Justificativa

A falta de um arcabouço normativo específico, experiência no campo da engenharia brasileira, bem como preparo das organizações, e, conseqüentemente, de jurisprudência sobre o tema no Brasil, face ao atual período de desenvolvimento de instalações nucleares similares à denominada INC no presente trabalho de pesquisa, justifica a modelagem do empreendimento usando-se uma abordagem sistêmica (como é o caso do FRAM) e da possibilidade de obtenção dos dados de variabilidade na saída das funções do sistema de forma simples, com baixo custo e à distância.

1.6. Organização do Trabalho

O Capítulo 2 apresenta a pesquisa feita na bibliografia que abarca os assuntos de interesse para o tema em questão. No Capítulo 3 são apresentados os fundamentos teóricos. A metodologia usada consta do Capítulo 4. No Capítulo 5 está apresentada a aplicação da metodologia no problema investigado e a discussão dos resultados. Por fim, no Capítulo 6 são tecidas conclusões e recomendações extraídas dos resultados obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Regulamentação no Brasil – Programa de Submarinos

No Brasil foi criada em 1956 a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, uma autarquia federal ligada ao Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação, que foi o órgão responsável por regular as atividades nucleares do Brasil (CNEN, 2015), como por exemplo, a condução do processo de licenciamento da Unidade 2 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), comumente conhecida como Angra 2.

A despeito de a CNEN ter sido a responsável pelo licenciamento dessas duas usinas nucleares que atualmente encontram-se em operação, no ano de 2008, conforme BRASIL (2021a), o Programa de Submarinos da Marinha do Brasil (PROSUB) trouxe um novo desafio para o país: o desenvolvimento do projeto do Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro (SN-BR) e do Complexo de Manutenção Especializada (CME) para prestar suporte em terra (BRASIL, 2020a).

Nesse contexto, em 05 de fevereiro de 2018 ocorreu a ativação da Agência Naval de Segurança Nuclear e de Qualidade (AgNSNQ), representando mais um passo para o acesso a tecnologias estratégicas, cujo objetivo foi o de garantir a segurança da propulsão nuclear e um meio operativo *sui generis* no Brasil (com base em BRASIL (2018)); e posteriormente, por meio da sanção presidencial da Lei nº 13.976/2020 (BRASIL, 2020c), a AgNSNQ passou a se posicionar como órgão licenciador de meios navais com propulsão nuclear, o futuro submarino brasileiro com propulsão nuclear.

Por fim, em 15 de outubro de 2021, a Lei nº 14.222 (BRASIL, 2021d) revogou a Lei nº 13.976 e criou a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN) por meio de cisão da CNEN, assim, a ANSN tem o propósito de monitorar, regular e fiscalizar a segurança nuclear das instalações nucleares. Coube ao Comando da Marinha a regulação e licenciamento de meios navais com plantas nucleares embarcadas (por meio da AgNSNQ, conforme BRASIL (2021e)).

Ambas a autoridades de licenciamento de instalações nucleares em terra e de licenciamento de plantas nucleares embarcadas firmaram em 2018 um protocolo de cooperação (CNEN, 2020), a espelho do que ocorre em outros países, como, por exemplo, os EUA e a França.

2.2. Regulamentação nos Estados Unidos da América – Propulsão Nuclear

Nos Estados Unidos da América, o órgão regulador denominado *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) é responsável pelo licenciamento de reatores para fins comerciais, enquanto os reatores navais, aqueles que se destinam à propulsão nuclear para meios navais ficam a cargo de um programa conjunto entre os dois departamentos: *Department of Energy* (DoE) e *Department of Defense* (DoD), que são responsáveis por todo o processo de tudo o que estiver relacionado a esses reatores (USGAO, 2018).

Conforme KING *et al.* (2011), o Departamento de Energia (DoE) e o Departamento de Defesa (DoD) norte-americanos estão autorizados somente a regulamentar instalações nucleares sob a Seção 91b do *Atomic Energy Act*, que versa sobre as autorizações para aplicação militar da energia nuclear.

O DoD foi criado em 1947 (BRITANNICA, 2020), trinta anos depois, foi criado o DoE, no ano de 1977 (USDOE, 2022), já a NRC foi criada no ano de 1974 após a extinção da antiga Comissão de Energia Atômica (*Atomic Energy Commission* – AEC), e o memorando fundamental para o aumento da cooperação entre NRC e DoE, no qual se encontram estabelecidos os papéis de cada parte no compartilhamento de experiência técnica e conhecimento avançado sobre as tecnologias de reatores nucleares e inovação no campo da energia nuclear, foi assinado em 2019 (USDOE, 2007), (USDOE, 2019).

2.3. Regulamentação na França – Propulsão Nuclear

Na França a *Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense* (ASND) é o órgão que controla as atividades das instalações nucleares relacionadas à defesa, e é chefiado pelo Delegado de Segurança Nuclear e de Radioproteção das Instalações e Atividades Relacionadas à Defesa (FRANÇA, 2019a). A ASND define a regulamentação e controle sobre as atividades de tais instalações, e atua de forma coordenada com a *Autorité de Sûreté Nucléaire* (ASN) (FRANÇA, 2010). A ASN, por sua vez, tem o papel de regulamentar, controlar e prestar informações ao público acerca das atividades nucleares (FRANÇA, 2019b).

As chamadas Instalações Nucleares de Base sob a égide da regulamentação da ASN são, conforme FRANÇA (2018), aquelas que por sua natureza ou devido à quantidade de substâncias radioativas ou atividades envolvendo esse tipo de material estão sujeitas a um regime de controle específico definido nos termos da lei francesa de transparência e segurança nuclear (tais como reatores nucleares; instalações de enriquecimento, fabricação,

processamento ou armazenamento de combustível nuclear), de acordo com FRANÇA (2016).

Assim como no caso dos Estados Unidos da América na França também existem dois órgãos reguladores separados para a área de defesa (ASND) e para a área não militar (ASN), e em ambos os casos existe uma cooperação entre os órgãos.

2.4. Modelos de Acidentes

Modelos de acidentes são em geral usados para realização de previsões da ocorrência de acidentes durante o desenvolvimento de um sistema de segurança (QURESHI, 2007). Em HOLLNAGEL (2012) são apresentadas três tipos de filosofias para os modelos de acidentes:

- Os modelos sequenciais (dominó), que têm por princípio básico a causalidade, ou seja, a busca pelas causas de efeitos observados ou imaginados. As recomendações são a eliminação das causas para que não ocorram os efeitos;
- Modelos epidemiológicos (queijo suíço) baseiam-se em fatores latentes, e a busca pelas combinações dos atos inseguros com os fatores latentes é o propósito da investigação. O foco das recomendações é o reforço das barreiras de segurança; e
- Os modelos sistêmicos têm por base os acoplamentos dinâmicos entre as partes e a detecção da ressonância funcional que pode surgir entre as partes do modelo do sistema. A busca pelos acoplamentos que geram o fenômeno da ressonância é o objetivo da investigação, e as recomendações giram em torno do monitoramento e gerenciamento do desempenho do sistema.

2.4.1 – Modelos Sequenciais

Esses modelos fazem parte das abordagens ditas por QURESHI (2007) como sendo tradicionais, e, segundo ALVARENGA *et al.* (2014), essa é a categoria na qual se encaixam aqueles modelos comumente usados na maioria das técnicas de análise de confiabilidade humana (*Human Reliability Analysis – HRA*), e está baseada na hipótese de que os acidentes ocorrem da evolução de uma sequência pré-definida de eventos, e que o sistema pode ser decomposto em partes menores (princípio da decomposição), e a falha humana é tratada como a falha de um componente; e os valores de risco são combinações lineares de falhas, como observado pela árvore de falhas (método dedutivo) ou pela árvore

de eventos (método indutivo). ALVARENGA *et al.* (2014) ressaltam que tais hipóteses são adequadas para sistemas tecnológicos, cujo projeto e comportamento das partes são bem conhecidos e a previsão dos modos de falhas é confiável.

Para FERRY (1988) os modelos sequenciais explicam os acidentes como uma cadeia discreta de eventos que ocorrem segundo uma ordem temporal. O modelo do dominó (Figura 2.4.1), proposto por HEINRICH (1944), por exemplo, explica por meio de cinco pedras de dominó a base para a sequência de eventos que leva a um acidente, iniciando-se pela primeira pedra, o ambiente social – condições que fazem aceitar o risco da realização de uma atividade; segue-se a falha de uma pessoa; ato inseguro; acidente; e a última pedra: o dano decorrente do acidente. A intervenção em uma das pedras impediria a sequência de ser completada, ou seja, a ocorrência do dano ou a mitigação de suas consequências.

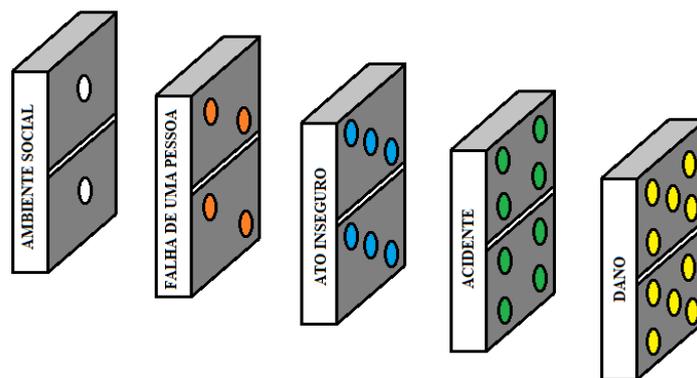


Figura 2.4.1 – Modelo do tipo dominó (HEINRICH, 1941 *apud* BUSCH, 2018)

Conforme QURESHI (2007), esses modelos do tipo dominó (ou sequenciais) podem ser adequados para compreender falhas de componentes físicos ou erros humanos de sistemas simples para uma cadeia singular de eventos.

HOLLNAGEL (2012) destaca que nesse tipo de modelo, que é baseado no princípio da análise da causa raiz (*root cause analysis*), a forma de prevenção de acidentes ocorre pela eliminação das causas potenciais por meio da interrupção das conexões entre causas e efeitos, e, segundo QURESHI (2007), essa relação de causa-efeito entre os eventos consecutivos é linear e determinística, que não se mostra uma análise adequada para os complexos sistemas sociotécnicos, nos quais múltiplos fatores podem se combinar para resultar em falhas do sistema e acidentes.

2.4.2 – Modelos Epidemiológicos

Os modelos epidemiológicos, conforme QURESHI (2007) consideram que os eventos que levam a uma condição de acidente se alastram como uma doença contagiosa, assim, o acidente seria o resultado de uma combinação de fatores classificados como fatores latentes e de fatores que se manifestam.

REASON (1997) discorre sobre segurança organizacional e sobre o modo como podem falhar as defesas contra acidentes, e desse trabalho surgiu a famosa representação do modelo do queijo suíço (Figura 2.4.2) que retrata a combinação de fatores que atravessam as barreiras de proteção e acarretam uma situação de acidente, na qual as fatias de queijo suíço representam as defesas e os buracos nas fatias representam falhas latentes e ativas (que se manifestam), e quando ocorre o alinhamento desses buracos existe a condição para que o perigo se transforme em acidente.

Nesse modelo, REASON (1997) diz que os acidentes organizacionais são definidos como situações nas quais um acidente decorre da combinação de condições latentes (fatores latentes) como decisões gerenciais, por exemplo, e podem permanecer adormecidas até encontrarem a condição ideal para destruir a barreira de segurança prevista; eventos gatilhos adversos (como clima, posicionamento, etc); e falhas ativas cometidas pelo pessoal da linha de frente, da interface homem-máquina da organização, como violação de procedimentos, por exemplo, e seus efeitos são imediatos, ao contrário das condições latentes.

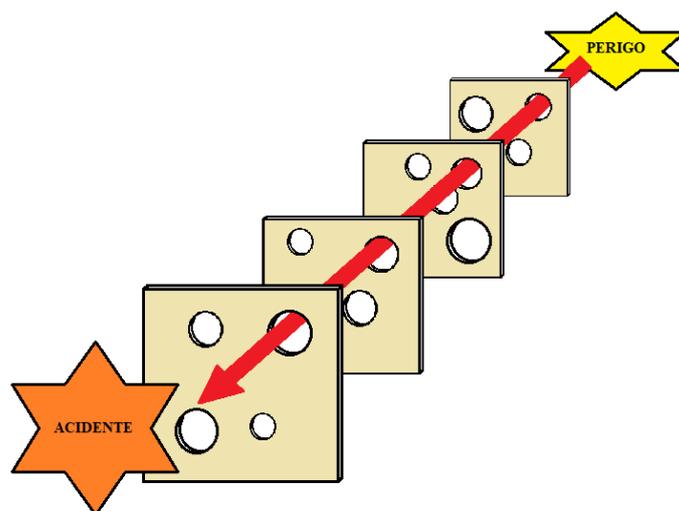


Figura 2.4.2 - Trajeto que leva a uma situação de acidente (REASON, 1997)

Segundo HOLLNAGEL (2012), o modelo epidemiológico é do tipo sequencial e complexo por conta das combinações entre as supracitadas condições latentes e atos contra a segurança, que representam as falhas nas barreiras de proteção, e que o foco desse modelo é o reforço das defesas e a detecção e neutralização das falhas latentes.

De acordo com ALVARENGA *et al.* (2014), são também baseados nos princípios da decomposição e da linearidade, mas a combinação de falhas e fraquezas nas barreiras de segurança tornam o modelo mais complexo. A combinação de falhas (humanas ou de componentes) em conjunto com a consideração de problemas na manutenção, projeto, gerenciamento, etc (falhas latentes), degradam as barreiras de segurança afetando o conceito adotado de defesa em profundidade. Nesse modelo, a segurança é alcançada pela monitoração das barreiras de segurança (ALVARENGA *et al.*, 2014).

2.4.3 – Modelos Sistêmicos

Os sistemas complexos consideram a interação dos seres humanos com os equipamentos (parte tecnológica) na produção de resultados, e os resultados dessa colaboração não podem ser atribuídos a humanos ou máquinas, separando-se essas partes e analisando-as isoladamente (QURESHI, 2007). Os modelos sistêmicos, de acordo com HOLLNAGEL (2012) buscam entender como ocorrem os acoplamentos entre humanos e organizações humanas e equipamentos que integram o sistema e compreender sua dinâmica de funcionamento.

Segundo ALVARENGA *et al.* (2014), os sistemas sociotécnicos são complexos, não lineares, não obedecem ao princípio da decomposição (princípio no qual a descrição do sistema todo é a soma das partes individuais) e são emergentes, ou seja, devido às interações entre as funções que são realizadas no sistema (ressonância funcional) os resultados não guardam proporção com as entradas. Por meio dessa abordagem, deixa-se de observar as falhas individuais para analisar a dinâmica do sistema como um todo.

Faz-se outra observação em relação ao termo emergente: nas situações nas quais processos já conhecidos resultam em algo que não podemos explicar, é, então, dito que tais resultados são oriundos de processos internos do sistema, assim, HOLLNAGEL (2012) afirma que tais resultados são emergentes em vez de resultantes do sistema. O fenômeno da ressonância entre as funções do modelo FRAM, por exemplo, é uma forma de

compreender esses resultados emergentes (que não podem ser explicados pela relação entre causa e efeito), segundo HOLLNAGEL (2012).

Os modelos sistêmicos têm sua origem na teoria de sistemas onde os sistemas compreendem a interação entre os componentes que mantêm um equilíbrio através de realimentação de informação e controle, segundo QURESHI (2007). Ainda, segundo este autor, pela teoria de sistemas, os processos que ocorrem entre as partes são dinâmicos e se adaptam continuamente para atingir os objetivos estabelecidos, reagindo às mudanças internas e àquelas advindas do ambiente. A segurança, neste caso é mantida pela adaptação às alterações dinâmicas que ocorrem.

Em se tratando dos modelos sistêmicos, LEVESON (2011) afirma que os acidentes resultam de falhas nos processos que envolvem interações entre pessoas e estruturas organizacionais, atividades de engenharia e componentes do sistema físico que levam à violação das restrições de segurança do sistema.

2.4.4 – Análise de Confiabilidade Humana

A seguir, apresenta-se um breve histórico da evolução da consideração dos fatores humanos e organizacionais na modelagem dos sistemas sociotécnicos. Com relação ao termo, a Análise de Confiabilidade Humana (*Human Reliability Analysis* – HRA) é definida, no contexto de Análise Probabilística de Segurança (PRA) para centrais nucleares, conforme USNRC (1985), como a identificação rigorosa e sistemática de níveis de dano que podem ser concebidos como resultado da operação de uma usina nucleoeletrica e a avaliação quantitativa da probabilidade de tais eventos ocorrerem.

Segundo ALVARENGA *et al.* (2014), a maioria das técnicas de HRA usa técnicas que seguem a filosofia dos modelos sequenciais. Por exemplo, o modelo THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) pertencente à primeira geração de modelos de HRA, fruto colhido como resposta após o acidente de Three Mile Island, em 1979 (HOLLNAGEL, 2012). O desempenho humano, pelo THERP é representado tanto em situações normais como anormais, mas apenas algumas combinações entre as características humanas e do sistema foram consideradas para estimativa da probabilidade de erro humano (USNRC, 1985).

Os fatores que influenciam o desempenho humano para o THERP foram preconizados em USNRC (1985), e foram denominados Fatores de Forma de Desempenho (*Performance Shaping Factors* – PSF). São exemplos de PSF dos sistemas homem-máquina a qualidade do ambiente (ar, iluminação, umidade, temperatura, radiação); troca de turno;

estrutura organizacional; método de trabalho; comunicação escrita e oral. ALVARENGA *et al.* (2014) ressaltam que o THERP não considera as características sociotécnicas da central nuclear que poderiam ser levadas em conta na análise qualitativa e quantitativa dos PSF.

Um exemplo da segunda geração de modelos de HRA, a ATHEANA (*A Technique for Human Error Analysis*) trata-se da técnica que não dispõe de uma lista de Fatores de Forma de Desempenho (PSF) a priori disponível para o analista ajustar a Probabilidade de Erro Humano (*Human Error Probability* - HEP) por meio de fatores de multiplicação, mas preconiza o desenvolvimento de um processo de identificação de quais Fatores de Forma de Desempenho e condições da Central Nuclear são relevantes para a ação humana que devem ser usados (ALVARENGA *et al.*, 2014). Porém, com base em HOLLNAGEL (2012), é muito difícil incluir a organização no cálculo de probabilidades, assim não faz sentido pensar em probabilidade de erro na organização humana.

Após o desastre de Chernobyl e da perda do ônibus espacial Challenger na década de 80, o foco mudou de fatores humanos para fatores organizacionais e cultura de segurança, e ao observar o sistema pela perspectiva funcional em vez de analisá-lo por meio da decomposição de sua estrutura em partes menores, deixa-se de perguntar se o sistema está normal ou falho para questionar se o seu funcionamento atingiu o seu propósito (HOLLNAGEL, 2012).

2.5 – Filosofia de Modelagem

De acordo com QURESHI (2007), os modelos sequenciais e epidemiológicos apresentaram sua contribuição para a compreensão dos acidentes, porém, não são adequados para visualizar a dinâmica e a complexidade de um sistema sociotécnico, enquanto que os modelos sistêmicos enxergam os acidentes como fenômenos emergentes, que surgem das complexas e não lineares interações entre os eventos.

É importante reconhecer as limitações dos modelos e suas condições de aplicação. Com relação à completude da descrição de um sistema, aqueles denominados sistemas tratáveis demandam poucos detalhes em sua descrição, e os princípios de funcionamento são completamente conhecidos. Desta forma tais sistemas podem ser modelados usando-se modelos sequenciais ou epidemiológicos, para os quais são válidas as hipóteses a seguir relacionadas (com base em (HOLLNAGEL (2012)):

- a) Princípio da Decomposição - o sistema pode ser decomposto em partes ou componentes de modo similar, eventos podem ser decompostos em etapas individuais;
- b) Componentes podem tanto atuar como falhar, e a probabilidade de falha pode ser analisada e descrita para cada componente, de modo individual;
- c) A ordem de ocorrência dos eventos é predeterminada e fixada, conforme descrito na representação escolhida; e
- d) As combinações de cada evento são ordenadas e lineares, e podem ser descritas por operadores lógicos padrões.

Por sua vez, os sistemas intratáveis exigem uma descrição muito rica em detalhes, de modo que se assume a impossibilidade de obter-se a descrição completa dos componentes e de suas interligações que integram um sistema desse tipo (e.g. sistemas sociotécnicos). Consequentemente, as hipóteses acima, que embasam os modelos sequenciais e epidemiológicos, não se verificam para os sistemas sociotécnicos (com base em HOLLNAGEL (2012)).

HOLLNAGEL (2012) propôs uma perspectiva diferente para a descrição de um sistema intratável. Pelo seu ponto de vista, o sistema poderia ser descrito como um conjunto de funções mutuamente dependentes. Um modelo sob essa perspectiva funcional pode ser construído conforme os seguintes princípios: as falhas e sucessos provenientes do sistema são equivalentes, podem ter a mesma explicação (princípio da equivalência); o desempenho de rotina do sistema se ajusta conforme as condições ambientais (princípio dos ajustes aproximados); é impossível atribuir as causas para todos os resultados do sistema (princípio da emergência); ocorre o fenômeno de ressonância funcional entre as funções do sistema (princípio da ressonância) (HOLLNAGEL (2012) e HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)).

Como o sistema que foi analisado no presente trabalho de pesquisa encaixa-se nas características de um sistema sociotécnico, o modelo usado pertence à classe filosófica dos modelos sistêmicos, como o STAMP e o FRAM. O primeiro tem sua base na teoria de sistemas e controle e provê base teórica para o desenvolvimento de ferramentas de modelagem para a construção de sistemas resilientes (HOLLNAGEL *et al.*, 2006), enquanto que o último tem sua base na engenharia de resiliência (HOLLNAGEL, 2012).

2.6 – Engenharia de Resiliência

A engenharia de resiliência (que forneceu fundamentos para o FRAM) provê a base para a abordagem de sistemas ditos intratáveis - ou seja, aqueles que os analistas não são capazes de descrever completamente - que é constituída pela descrição das características das funções do sistema e pela procura de meios para aprimorar a capacidade de resposta, de monitoração, aprendizado e antecipação de problemas (HOLLNAGEL, 2012).

A definição do termo resiliência que melhor se aplica à engenharia de resiliência seria a capacidade de um sistema em manter ou recobrar rapidamente a estabilidade, de modo a permitir a contínua operação durante um cenário após uma ocorrência acidental ou em situação onde haja contínuo e significativo estresse. Assim, o propósito da engenharia de resiliência é o desenvolvimento e provimento de ferramentas para que o sistema possua tal capacidade (com base em HOLLNAGEL *et al.* (2006)).

Essas ferramentas são usadas para aprimorar a segurança do sistema frente às ameaças repentinas e ao estresse contínuo, como, por exemplo: desenvolvimento de indicadores de desempenho de segurança; análise de dados relacionados à cultura de segurança e compreensão de como esses dados se relacionam com o desempenho; observações do modo como as atividades são desenvolvidas nos vários níveis da organização; previsão de recursos para absorção dos reflexos de uma situação indesejável; compreensão do modo como os processos podem ser conduzidos e as pessoas podem agir a fim de tornar as atividades mais seguras; aprimoramento da compreensão do decisor em sacrificar os objetivos da produção de forma a manter a segurança (HOLLNAGEL *et al.*, 2006).

BRIDGES *et al.* (2018) ressaltam que até que se possua a compreensão total do sistema em análise, a capacidade em prevenir eventos indesejáveis limita-se apenas a reagir após um incidente ter ocorrido em vez de possibilitar a sua prevenção; e nesse sentido, a Engenharia de Resiliência provê meios para a identificação dos requisitos que um sistema sociotécnico deve ter a fim de que o seu desempenho seja aceitável tanto nas situações rotineiras como nos cenários de acidentes. Enfim, segurança não significa estar livre de riscos inaceitáveis, mas da habilidade de ter sucesso em condições esperadas ou inopinadas (HOLLNAGEL e FUJITA, 2013).

Com relação ao foco da engenharia de resiliência, segundo informação obtida em EUROCONTROL (2009), essa disciplina da engenharia concentra-se em sistemas intratáveis e com alto grau de acoplamento entre as partes. Com base em HOLLNAGEL (2009), os sistemas intratáveis são mais difíceis de controlar e de gerenciar devido à sua

complexidade. Acerca do grau de acoplamento, HOLLNAGEL (2009) define que um sistema com grau de acoplamento firme é aquele no qual uma mudança numa parte do sistema se propaga rapidamente para outra parte (e.g. ferrovias, usinas nucleares), enquanto que um sistema com grau de acoplamento frouxo ocorre o oposto, as mudanças em uma parte demoram a atingir outras (e.g. correios, universidades).

A Figura 2.6 apresenta um diagrama qualitativo entre o grau de acoplamento e a dificuldade de gerenciamento de diversos sistemas. Nela é mostrada que a engenharia de resiliência se mostra adequada para os sistemas difíceis de gerenciar, cujas mudanças em uma parte do sistema se propagam rapidamente para outras partes (acoplamento firme).

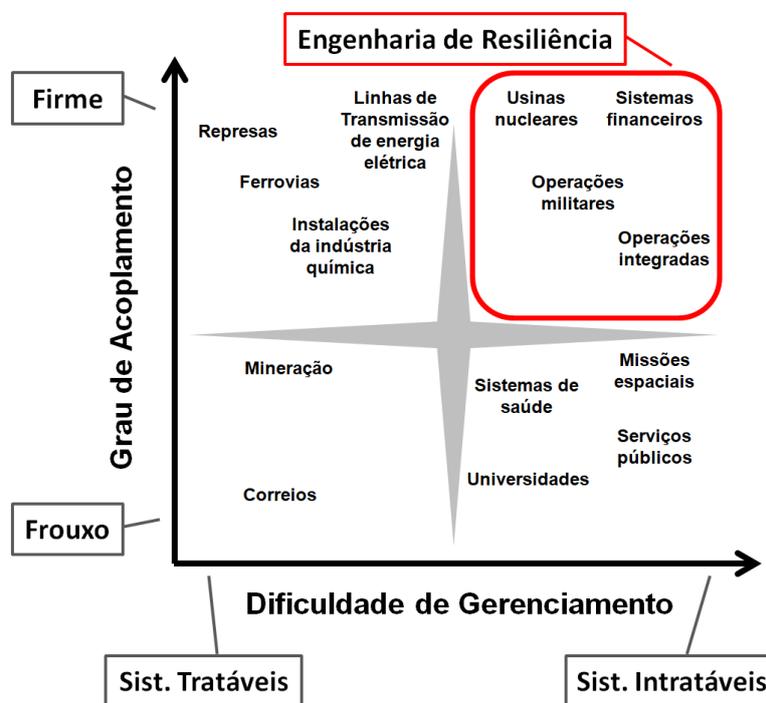


Figura 2.6 – Relação entre o grau de acoplamento e a dificuldade de gerenciamento para diversos sistemas (HOLLNAGEL , 2009) e a área de concentração da engenharia de resiliência

2.7 – Uma Nova Perspectiva sobre o Conceito de Segurança

Em ISO/IEC (1999) consta a definição de segurança como sendo a circunstância de estar-se livre de riscos inaceitáveis. MANUELE (2003) propõe a definição de segurança como o estado no qual os riscos são tidos como aceitáveis. HOLLNAGEL (2014a) comenta a visão binária de segurança onde existem apenas dois estados: um onde tudo

funciona normalmente e os resultados seriam aceitáveis, e outro onde algo falha, e os resultados seriam inaceitáveis.

Em HOLLNAGEL (2014a) apresenta-se o conceito de *Safety-I* (Segurança I), que é definida como a condição na qual o número de resultados adversos que são produzidos por um sistema é o mais baixo possível, e o termo possível está atrelado ao que seria acessível, ou seja, considerando-se fatores de custo, éticos, de opinião pública, etc.

Existem duas maneiras, de acordo com HOLLNAGEL (2014a), de obter-se um resultado seguro do ponto de vista de *Safety-I*: a primeira seria encontrar os erros e eliminá-los; a segunda seria controlar e reduzir a variabilidade de forma a evitar o estado de mau funcionamento do sistema pela colocação de barreiras.

Sob a perspectiva de *Safety-I* a segurança e o setor de produção competem pelos recursos, e os investimentos em segurança são contraprodutivos, o que pode levar ao questionamento da razão pela qual se deveria investir na prevenção de acidentes no caso em que tudo corre bem e não existem falhas. Assim, como *Safety-I* possui foco na prevenção de resultados adversos, a segurança torna-se competidora com o setor produtivo, o que não ocorre sob a perspectiva do conceito de *Safety-II* (segundo HOLLNAGEL (2014a)).

Por uma nova perspectiva de segurança, *Safety II* é definida como a capacidade de ter-se sucesso tanto em condições esperadas como inesperadas, de modo que o número de resultados pretendidos e aceitáveis (em outras palavras, atividades diárias) seja o mais alto possível – um conceito análogo ao conceito de resiliência (HOLLNAGEL, 2014a).

Do ponto de vista de *Safety-II*, (HOLLNAGEL, 2014a) apresentou duas questões: a primeira é: como as coisas ocorrem corretamente? Esta questão se remete ao ajuste de desempenho e à variabilidade de desempenho, que são a base para o sucesso no desempenho das atividades diárias; e a segunda questão é: como perceber o que está correto? Esta última se refere à dificuldade em perceber as coisas pelo fato de não vê-las ou por achá-las insignificantes. Sobre a resposta a tais questões, conforme (HOLLNAGEL, 2014a), o conceito de *Safety-II* assume que os sistemas funcionam porque as pessoas são capazes de realizar ajustes em relação ao que elas fazem dadas as condições de trabalho a que estão submetidas, elas identificam o que é demandado pela organização, identificam falhas e ajustam seu modo de trabalhar, ocorrendo assim o ajuste de desempenho.

Essa variabilidade de desempenho é essencial para os sistemas sociotécnicos, segundo (HOLLNAGEL, 2014a), assim, não se pode prevenir a ocorrência de resultados

inaceitáveis pela eliminação ou restrição da variabilidade de desempenho, pois desta forma afetar-se-iam os resultados aceitáveis. Essa variabilidade, então, deve ser gerenciada e amortecida caso os resultados apontem para a direção errada, e amplificada se os resultados estiverem no rumo desejado. Para isso, (HOLLNAGEL, 2014a) recomenda que a variabilidade:

- de desempenho seja reconhecida;
- identificada seja monitorada; e
- seja controlada (amortecida ou amplificada).

Essa forma de gerenciamento da variabilidade do desempenho está de acordo com o conceito de *Safety-II*. Adicionalmente, pela perspectiva de *Safety-II*, esses ajustes deveriam ser feitos antes que algo indesejável ocorra, de modo antecipado, poupando esforços, e isso demanda uma compreensão de como o sistema funciona, e como as partes afetam umas às outras.

Em relação aos fatores humanos, pelo conceito de *Safety-II*, os humanos são vistos como um recurso necessário para a flexibilidade e resiliência do sistema, enquanto sob o ponto de vista de *Safety-I*, os humanos são vistos como responsáveis ou perigosos (conforme apresentado em HOLLNAGEL (2014a)).

Comparando-se a nova perspectiva (*Safety-II*) com a tradicional (*Safety-I*), esta última assume que as coisas ocorrem bem porque as pessoas obedecem aos procedimentos e atuam conforme imaginado, enquanto pelo foco de *Safety-II*, as coisas vão bem porque as pessoas são capazes de realizar pequenos ajustes para lidar com as demandas atuais e futuras de seu ambiente de trabalho (HOLLNAGEL, 2014a).

Sobre a razão pela qual ainda se adota largamente o conceito de *Safety-I* atualmente, segundo a opinião de (HOLLNAGEL, 2014a), um dos motivos, além daquele referente ao histórico de prevenção contra riscos inaceitáveis, é a simplicidade, pois existem muito poucas ocorrências de eventos indesejáveis frente aos diversos eventos de sucesso, advindos do trabalho diário, o que simplifica sobremaneira uma descrição de eventos (descrever poucos eventos indesejáveis ou inúmeros eventos rotineiros).

Para BRIDGES *et al.* (2018), *Safety-I* significa que a segurança seria a ausência de ocorrência de um evento indesejável, e o gerenciamento tem foco em eventos raros quando algo sai errado, e seu uso nas análises de risco estabelecidas oferecem um balanço aceitável entre rigor e eficiência, ou seja, identificam-se os riscos necessários sem custo e tempo desnecessários. Porém, conforme HOLLNAGEL e FUJITA (2013), os acidentes severos

são fenômenos muito raros, mas a ausência desses não prova que as medidas tomadas para prevenir acidentes foram suficientes.

A nova abordagem, chamada *Safety II*, propõe que a ciência da segurança mantenha o foco na operação segura, observando-se o modo como as pessoas trabalham (individual e coletivamente), e no modo com as organizações funcionam (HOLLNAGEL, 2014b).

2.8 –STAMP (*Systems-Theoretic Model and Process*)

Segundo LEVESON (2002), por meio do modelo STAMP os acidentes são vistos em termos da razão pela qual os controles não funcionam para prevenir ou detectar as alterações que levam o sistema a uma condição insegura. Isso é feito pela identificação das restrições de segurança que foram violadas e determinando como os mecanismos de controles se mostraram inadequados para evitar a violação. A autora ainda cita o exemplo da indústria química da cidade de Bophal, situação na qual não bastaria determinar o porquê da equipe de manutenção não ter inserido o flange cego na linha, mas também, porque os controles que foram projetados para prevenir a liberação de produtos químicos perigosos e mitigar as consequências não tiveram sucesso na sua atuação.

Ainda, conforme LEVESON (2002), o STAMP é fundamentado em dois pares de ideias: emergência (no sentido de emergir) e hierarquia; e comunicação e controle. Sobre o primeiro par, a ideia que LEVESON (2002) apresenta é a de que a hierarquia no modelo STAMP objetiva distinguir os níveis da organização, identificando o que os separa, o que cada nível produz e qual é a relação entre os níveis identificados, e cada nível possui propriedades emergentes atreladas aos componentes daquele nível. De acordo com a autora, a segurança é uma propriedade emergente dos sistemas. Quanto ao segundo par, o controle é a imposição de restrições, e implica na existência de pelo menos dois níveis hierárquicos, onde o nível superior controla o inferior, e, naturalmente, o controle implica a necessidade de comunicação.

Os acidentes no STAMP são vistos como resultantes de controles inadequados problemas de controle ou restrições no comportamento dos sistemas relacionados com a manutenção da segurança (LEVESON (2002).

Para LEVESON (2002), tanto os seres humanos como suas organizações sociais podem adaptar-se e manter um nível de risco baixo para a ocorrência de acidentes, desde que tais adaptações não degradem a estrutura de controle dos sistemas que cuidam da segurança. Na visão da autora, a adaptação não é um fenômeno aleatório, mas sim um

processo de otimização que deve ser previsível e controlado. Adicionalmente, quando ocorre um tipo de adaptação disfuncional, na qual uma parte do sistema se adapta sem que as mudanças necessárias ocorram em outras partes, trata-se de um fenômeno denominado evolução assíncrona (como por exemplo, a degradação de partes do sistema - que foram inicialmente bem projetadas e implementadas - com o passar do tempo).

A análise com o STAMP é feita em duas etapas (QURESHI, 2007):

- Desenvolvimento da estrutura hierárquica de controle, com a identificação das interações entre partes do sistema, e a identificação dos requisitos de segurança e das restrições; e
- Classificação e análise do controle que apresenta falha – inclui classificação dos fatores de causa e das razões pelo controle ter falhado e interações disfuncionais.

Conforme LEVESON (2002), no contexto da análise de acidentes, em comparação com os modelos sequenciais (modelos de cadeia de eventos, como a autora os denominou) o STAMP não tem o objetivo de identificar as causas raízes de um acidente, mas sim o exame de toda a estrutura de controle de segurança e o processo de ocorrência do acidente a fim de identificar o papel de cada parte nesse processo. Segundo a própria autora, talvez o STAMP seja menos satisfatório para a designação de culpados por um acidente, porém, pode prover mais informações para a prevenção de futuros acidentes.

De acordo com ALVARENGA *et al.* (2014), o método STAMP estabelece um modelo matemático com base na decomposição funcional da organização, com seus departamentos e divisões. Já o método FRAM, apresentado a seguir permite a construção de um modelo com base na perspectiva funcional.

2.9 – FRAM (*Functional Resonance Analysis Method*)

O FRAM é um método de análise de sistema por meio da descrição das funções que são necessárias para a realização do produto que o sistema deve fornecer. As funções representam ações a serem realizadas por máquinas, por seres humanos ou organizações. Essas funções são conectadas entre si, e a variabilidade da resposta na saída de uma pode se propagar para as demais acarretando o que se chama de ressonância funcional.

O uso do FRAM se justifica para a análise dos sistemas que são do tipo sociotécnicos (aqueles que envolvem a interação entre homem e máquina) e por isso são de

difícil tratatibilidade (HOLLNAGEL, 2012). Essa dificuldade na descrição da totalidade dos sistemas sociotécnicos decorre do surgimento de interações entre as atividades desempenhadas pelas diversas pessoas, organizações e máquinas que compõem o sistema.

Conforme apresentado anteriormente, FRAM é um método baseado na engenharia de resiliência (HOLLNAGEL, 2012), e por sua vez, resiliência significa a capacidade do sistema obter sucesso mediante variações e condições adversas (EUROCONTROL, 2009). Adicionalmente, o método FRAM está alinhado com o conceito de *Safety-II*, que abarca a suposição de que não se tem a total compreensão sobre um sistema intratável, assim, em vez de olhar o que pode dar errado, deve-se manter o foco nas atividades que são desenvolvidas diariamente (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014). Para HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), é evidente que os sistemas sociotécnicos funcionam porque as pessoas e organizações constantemente se ajustam às situações as quais são submetidas.

O propósito do FRAM é a descrição de como o sistema pode alcançar o resultado desejado e fornecer meios para compreensão dos efeitos que podem ocorrer tanto em cada função do sistema como aqueles decorrentes dos acoplamentos entre elas. Isso é feito primeiramente pela construção de um modelo FRAM e subsequentemente pela análise de diversos cenários (*instantiations*) usando o modelo FRAM. Diferentemente dos métodos de análise de risco como FMEA, Análise por Árvore de Falha e HAZOP, o método FRAM produz a descrição do sistema em termos de suas funções (que se trata do modelo FRAM), que pode ser usada para análise de eventos passados, para análise de risco ou para avaliação de alterações em projetos (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Como o modelo FRAM é a descrição do sistema feita em termos do seu funcionamento e não com base na arquitetura do sistema (decomposição do todo em partes menores), o sistema passa a ser encarado como um conjunto de funções mutuamente dependentes, o que obriga a descrição de tudo o que deva ser realizado para a obtenção do produto final, assim, é possível ter-se uma melhor compreensão total do mesmo (com base em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)).

Um dos exemplos da aplicação do FRAM é encontrado em FROST e MO (2014), que descreve a aplicação do método para a identificação de perigos em uma análise de perigos conduzida em um Centro de Controle de Operações de uma grande companhia aérea. Na ocasião do uso do FRAM, o contexto era a necessidade de definir os requisitos funcionais e de segurança do sistema antes da introdução do novo software de interface entre as operações da companhia aérea e o sistema australiano de gerenciamento de tráfego

aéreo. A aplicação do FRAM mostrou que essa metodologia foi útil para a identificação de perigos e das relações entre partes do sistema em estudo e sistemas externos ao contorno considerado, além da potencial utilidade de modelagem e análise complexa e não linear do comportamento do sistema, que inclui modo degradado de funcionamento (além do comportamento binário – situação normal ou falha), da variabilidade de desempenho quando à influência organizacional e social nas funções do sistema.

Outro exemplo é encontrado em LINHARES (2016), onde foram usados os métodos FRAM e STAMP para analisar o acidente que implicou na perda do submarino Thresher e constatou que o último possibilitou a identificação de problemas sobre a definição de responsabilidade e controle das atividades importantes para a segurança, enquanto que o FRAM permitiu a identificação e avaliação da importância entre as relações funcionais.

O método FRAM tem o propósito de representar as relações dinâmicas do sistema, e a variabilidade das funções é descrita verbalmente. Assim, o resultado do modelo é qualitativo em vez de quantitativo, e apesar de não produzir um modelo matemático, o modelo FRAM permite a realização de uma análise em termos funcionais independentemente da estrutura organizacional (baseado em ALVARENGA *et al.*, 2014).

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 - Princípios e Funções do FRAM

A filosofia dos modelos sistêmicos, conforme QURESHI (2007) e HOLLNAGEL (2012), tem o foco nas funções a serem desempenhadas por um sistema, e de acordo com esse ponto de vista, o FRAM mostra-se adequado para modelar o empreendimento para obtenção e licenciamento de uma Instalação Nuclear Combinada, que pode ser classificado como um sistema sociotécnico complexo - no mesmo sentido usado em HOLLNAGEL (2012).

Os princípios sobre os quais o FRAM se baseia, segundo HOLLNAGEL (2012) encontram-se a seguir apresentados.

Princípio da equivalência – assume-se que as falhas e sucessos são equivalentes, no sentido de que a origem das ações corretas é a mesma daquilo que acontece de forma errada. Resultados distintos não necessariamente possuem diferentes explicações de suas causas, talvez a mesma explicação sirva para esclarecer ambos os acontecimentos (HOLLNAGEL, 2012, HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Dispense-se muito esforço sobre a parte que não conhecemos de um sistema, pois se acredita que consequências indesejáveis poderiam ocorrer dessa parte, e pouco esforço é despendido para compreender totalmente aquilo que faz as coisas darem certo. Em consequência, assume-se que as coisas funcionam porque os sistemas são bem projetados, devidamente testados e bem comportados, e as ameaças são provenientes do que pode dar errado, como mau funcionamento de equipamentos, falhas humanas, por exemplo. Assim, muito esforço é despendido no que se acredita que poderia dar errado. Essa discussão procura mostrar que um sistema pode ter desempenho satisfatório procurando conhecer bem o seu funcionamento em vez de buscar o que poderia dar errado desde o início (HOLLNAGEL, 2012).

Princípio dos ajustes aproximados – assume-se que o desempenho rotineiro dos sistemas sociotécnicos sempre se ajusta conforme as condições ambientais, ou seja, as pessoas ajustam seu comportamento dadas as condições do ambiente de trabalho. Por exemplo, na limitação da disponibilidade de recursos (como pessoal, tempo, material, informação, etc) ajusta-se inevitavelmente o desempenho, e tais ajustes não são exatos, mas sim denominados de aproximados, e essa variabilidade no desempenho pode explicar tanto porque as coisas funcionam bem como porque outras coisas saem erradas (HOLLNAGEL, 2012, HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

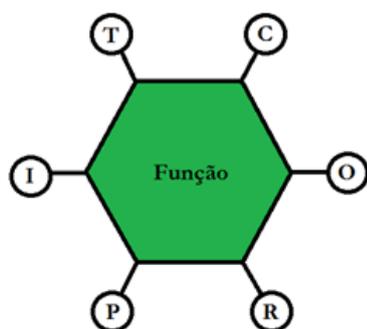
Princípio da emergência - os resultados percebidos (ou até mesmo aqueles que não notados) são descritos como emergentes e não como resultantes de uma causa, ou seja, não é possível apontar as causas para todos os resultados do sistema (HOLLNAGEL, 2012, HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Princípio da ressonância – assume a existência do fenômeno de ressonância funcional pelo qual são descritas as relações entre as funções (em vez de relações causa e efeito) (HOLLNAGEL, 2012). Nos casos onde não é possível ou até mesmo não é razoável explicar resultados com base na relação entre causa e efeito (princípio da causalidade), o fenômeno da ressonância pode ser usado para explicar e descrever interações e resultados não lineares do sistema (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)).

3.1.1 – Características das Funções e Acoplamentos

Cada função no método FRAM possui seis aspectos: entrada, saída, recursos, condições, tempo e controle, cuja representação gráfica é feita por meio de um hexágono, tal como ilustrado na Figura 3.1.1.1.

De acordo com HOLLNAGEL (2012), o aspecto I - *Input* (Entrada da função) é relativo ao que é transformado pela função; O - *Output* (Saída da função) – refere-se ao produto que é gerado pela função; T – Tempo – é um aspecto temporal que afeta a realização da função (por exemplo, um cronograma estabelecido, antes ou após outras funções, etc); C – Controle – trata-se de um aspecto relacionado àquilo que regula a função, comanda o início, ou a parada do processo, por exemplo; P – Precondições – relaciona-se às condições para que a função seja realizada (por exemplo, uma autorização para a realização da atividade); e R – Recursos – relaciona-se com aquilo que é necessário para transformar a entrada na saída da função (por exemplo: computadores, pessoal qualificado para elaborar um relatório).



Descrição dos aspectos:

- I - representa a Entrada (Input)**
- O - representa a Saída (Output)**
- P - Precondições**
- R - Recurso**
- T - Tempo**
- C - Controle**

Figura 3.1.1.1 – Representação de uma função no FRAM (HOLLNAGEL, 2012)

Somente é possível considerar as relações temporal e causal entre as funções mediante a construção de um cenário (*instantiation*). Desta forma, ter-se-ia um acoplamento de funções que podem ser consideradas como estando a montante e a jusante (HOLLNAGEL, 2012). A Figura 3.1.1.2 apresenta um exemplo ilustrativo de três funções acopladas, para um dado cenário, na qual a saída da função <MONTANTE 1> é entrada para a função <JUSANTE> (um acoplamento denominado montante-jusante), enquanto que a saída da função <MONTANTE 2> é recurso para a função <JUSANTE>.

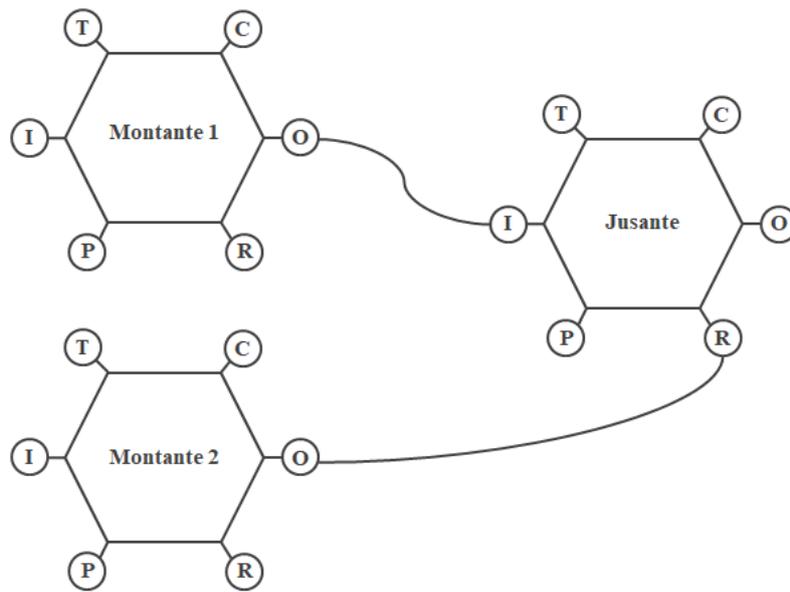


Figura 3.1.1.2 – Representação de acoplamento de funções a montante e a jusante

3.1.2 - Tipos de Função no FRAM

A classificação dos tipos de função proposta por HOLLNAGEL (2012) encontra-se relacionada a seguir.

Funções tecnológicas – realizadas por vários tipos de maquinários, incluindo computadores, tratamento de dados, etc. A hipótese padrão da análise com o uso do FRAM é que funções deste tipo são estáveis em relação aos outros dois tipos.

Funções humanas – desempenhadas por seres humanos, individualmente ou por pequenos grupos sociais e informais. No que diz respeito à segurança o desempenho humano é frequentemente descrito como não confiável e propenso ao erro.

Funções organizacionais – realizadas por grupos de pessoas (às vezes grandes grupos) onde as atividades são explicitamente organizadas. Organizações coordenam funções humanas para produzir algo que está além do alcance do que um grupo desorganizado de indivíduos seria capaz de fazer. Por exemplo: um indivíduo pode ensinar, e uma organização pode prover treinamento; uma pessoa pode verificar algo, e uma organização pode implantar um sistema de garantia da qualidade.

Além dos três tipos acima relacionados, no modelo FRAM existem as funções de primeiro plano e as funções de segundo plano. O primeiro grupo se refere às funções de maior importância, que seriam o foco da análise e possuem um maior grau de detalhamento, enquanto que o segundo conjunto denota as funções que constituem o contexto no qual as funções de primeiro plano encontram-se inseridas, e são menos detalhadas (HOLLNAGEL, 2012). O FRAM considera que as funções de segundo plano não apresentam variabilidade durante a análise, mas elas afetam a progressão dos eventos, pois representam tudo aquilo que pode afetar as funções de primeiro plano que se encontram sob análise. Essas funções de segundo plano são usadas no FRAM em substituição aos fatores de forma de desempenho (PSF), comumente encontrados no campo da análise de confiabilidade humana (HRA), conforme comentado na seção anterior deste texto (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

3.1.3 - Variabilidade na Saída das Funções

Com relação à variabilidade na saída das funções, existem, a princípio, três motivos para a ocorrência de variabilidade (HOLLNAGEL, 2012):

- A ocorrência pode surgir da própria função (endógena, interna da própria função);
- A variabilidade pode aparecer devido ao ambiente que provê condições para a realização da função (fator exógeno, externo à própria função); ou
- Em decorrência da influência da variabilidade de funções a montante. Esse acoplamento é a base para a ressonância funcional (acoplamento funcional montante-jusante).

O tipo de cada função afeta a potencial variabilidade da mesma, por exemplo, no caso das funções tecnológicas, as variabilidades podem decorrer de rotinas de manutenção inadequadas dos equipamentos (variabilidades endógenas) ou das condições adversas de

operação (variabilidades exógenas); quanto à função humana, a possibilidade de surgimento de variabilidade no desempenho pode decorrer, por exemplo, de condições de saúde, e ritmo circadiano individual (endógenas) ou de pressão social, até mesmo do excesso de informação recebida (exógenas); com relação às funções organizacionais, as variabilidades podem ocorrer devido às alterações de regulamentos, ou alterações em política interna da organização (endógenas), ou disponibilidade de recursos, restrições legais (exógenas) (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

O termo potencial variabilidade usado ao longo do presente texto refere-se à variabilidade que pode ocorrer, caso as condições de realização da função não sejam ideais. Para as funções humanas ou organizacionais, o FRAM assume que as condições irão diferir das ideais e as variabilidades potenciais ocorrerão (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

A propagação da variabilidade entre as funções para um dado cenário pode ser ilustrada graficamente como apresentado na Figura 3.1.3, na qual a variabilidade na saída da <FUNÇÃO 1> afeta a <FUNÇÃO 2>, e em consequência, afeta a <FUNÇÃO 3>.

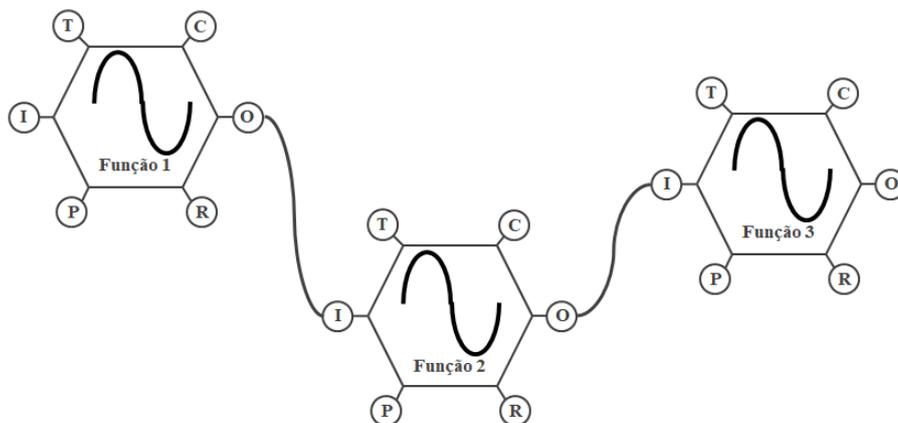


Figura 3.1.3 – Representação da propagação da variabilidade entre funções para um dado cenário (com base em HOLLNAGEL e HILL (2016))

3.1.4 - Passos para a Construção do Modelo FRAM

Os passos para a aplicação do método FRAM para a criação de um modelo são, conforme HOLLNAGEL (2012):

- Passo 0: estabelecer o propósito da análise FRAM. Deve ficar claro se será uma investigação de algo que já ocorreu ou uma avaliação de risco do que acontecerá no futuro;
- Passo 1: identificar as funções necessárias para que a tarefa ou atividade seja feita. Tais funções constituem o modelo criado;
- Passo 2: caracterizar a variabilidade das funções, tanto as potenciais variabilidades como a variabilidade real esperada, dado um cenário do modelo;
- Passo 3: simular cenários específicos do modelo procurando entender como a variabilidade das funções podem ser acopladas e determinar como isso poderá levar a resultados inesperados; e
- Passo 4: propor meios de gerenciar as possíveis ocorrências devido à variabilidade de desempenho detectada para os diversos cenários.

Observação: HOLLNAGEL (2012) denomina tarefa como algo que deve ser feito e atividade como algo que realmente é realizado.

3.1.4.1 – Passos 0 e 1 – Propósito e Identificação das Funções

Após o estabelecimento do propósito da análise, procede-se ao Passo 1, para que sejam feitas a identificação e a descrição das funções do sistema.

Ao longo da identificação das funções notam-se aquelas que são de primeiro plano (*foreground functions*) e de segundo plano (*background functions*), sendo que estas últimas somente requerem a definição do aspecto Saída, enquanto que as funções de primeiro plano requerem mais detalhes – ao menos o detalhamento da Entrada e da Saída. Podem, ainda, ser usadas funções de segundo plano - denominadas funções de dreno (*drain functions*), que possuem o aspecto Entrada definido e representam um processo adicional ou a continuação de um evento que poderá ser detalhado posteriormente em caso de necessidade (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

O modelo FRAM descreve as funções e seus acoplamentos em uma situação geral, na qual não há uma determinação prévia de qual função será realizada antes de outra. A organização temporal das funções é feita em situações específicas, denominadas de cenários (*instantiations*), e durante a análise desses cenários pode-se falar em funções que já foram realizadas (a montante) e aquelas que se encontram no foco da análise temporal (a jusante). Cabe ressaltar que essa classificação de funções a montante e jusante é relativa, pois

depende da análise temporal, enquanto que a classificação de importância (primeiro e segundo plano) é absoluta, vale tanto para o modelo construído como para os cenários que serão objetos da análise (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Na descrição das funções do modelo é aconselhado por HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014) que sejam descritas todas as funções consideradas mais importantes antes de prosseguir para o detalhamento dos aspectos de cada uma. Como a descrição de cada função acarretará aspectos que, por sua vez, requerem outras funções, é importante distinguir as funções de primeiro plano daquelas de segundo plano, pois estas últimas requererem somente a definição do aspecto saída para se relacionarem com as demais, assim, a expansão da descrição do modelo encontra seu limite (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

O modelo gerado é considerado completo quando não existem aspectos sem correspondência entre funções, levando-se em consideração o que foi dito sobre as funções de primeiro e segundo plano.

Na análise do modelo FRAM algumas funções de segundo plano podem tornar-se de primeiro plano e vice-versa, dependendo das novas considerações advindas da análise, assim, num processo iterativo as novas versões do modelo são desenvolvidas, sendo que a última versão gerada é a mais aprimorada. Desta forma garante-se a completeza e a consistência do modelo, e assegura-se que a análise do modelo pode ser iniciada por qualquer função, porque o método de construção garante que todos os aspectos necessários para a realização de cada função foram descritos (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Com o auxílio do *FRAM Model Visualiser* (FMV), desenvolvido em sua versão mais recente por ZERPRIZE (2021), cuja interface está apresentada na Figura 3.1.4.1.1, foram computadas as funções do modelo no painel à esquerda (nome da função, breve descrição, e os aspectos) enquanto que no painel à direita aparece a representação gráfica da função.

A consistência do modelo requer que os aspectos das funções que sejam relacionados usem o mesmo rótulo de identificação, isto é, a mesma sequência de caracteres para sua identificação – é desta forma que o FMV interliga os aspectos das funções, e que pode ser verificado pelo painel de visualização do software.

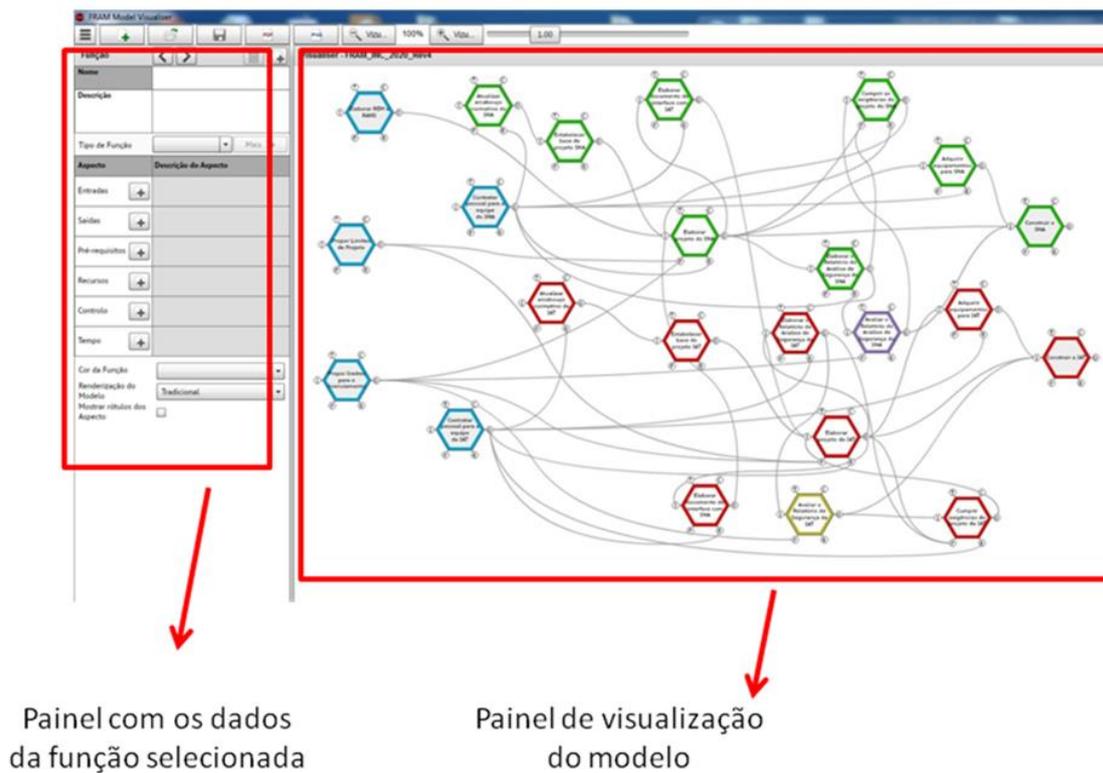


Figura 3.1.4.1.1 – Apresentação geral do FRAM Model Visualiser (HOLLNAGEL e HILL, 2016)

A Figura 3.1.4.1.2 apresenta um detalhe do painel de descrição de cada função, por meio do qual podem ser inseridos vários itens para cada um dos aspectos (Entrada, Saída, Pré-condição, Recurso, Controle e Tempo). Conforme comentado anteriormente, a descrição daqueles aspectos pelos quais duas ou mais funções podem estar acopladas deve ser a mesma, por exemplo, tanto a Saída de uma função como o aspecto Controle de outra função, desde que estejam relacionados, devem possuir a mesma descrição. Dessa forma o FMV identifica as sequências de caracteres idênticas e relaciona as funções automaticamente, auxiliando na garantia de consistência do modelo.

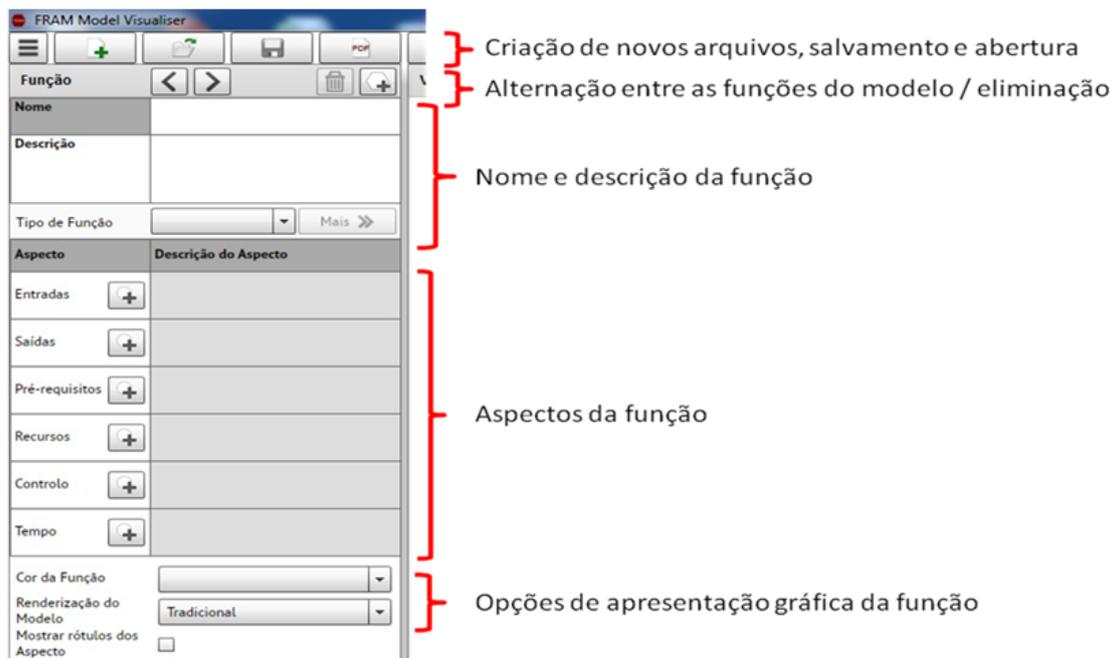


Figura 3.1.4.1.2 – Detalhes do FRAM Model Visualiser (HOLLNAGEL e HILL, 2016)

Após o estabelecimento das funções e seus aspectos, o FMV gera uma sequência de tabelas contendo a descrição de cada função, como o nome e os aspectos, conforme mostrado na Figura 3.1.4.1.3.

FRAM_INC_2020_Rev2		Nome do Arquivo
Nome da função	Propor Limites de Projeto	} Função e seus aspectos
Descrição	Função realizada pela instituição interessada na obtenção da Instalação Nuclear Combinada, formada pelo SNA e IAT	
Aspecto	Descrição do Aspecto	
Entradas		
Saídas	Documento contendo a proposição de limites de atuação das equipes de projeto (SNA e IAT)	
Pré-requisitos		
Recursos		
Controlo		} Função e seus aspectos
Tempo		
Nome da função	Propor limites das licenças	
Descrição	Função realizada pela instituição interessada na obtenção da Instalação Nuclear Combinada, formada pelo SNA e IAT	
Aspecto	Descrição do Aspecto	
Entradas		
Saídas	Documento contendo a proposição de limites de atuação das equipes de projeto (SNA e IAT) para apreciação das respectivas Autoridades de Segurança Nuclear	
Pré-requisitos		
Recursos		
Controlo		
Tempo		

Figura 3.1.4.1.3 – Tabelas geradas pelo FRAM Model Visualiser (HOLLNAGEL e HILL, 2016)

3.1.4.2 – Passo 2 – Identificação da Variabilidade

A princípio, os três motivos para a ocorrência de variabilidade na saída de uma função são:

- a) Ocorrência da variabilidade da própria função (endógena, interna da própria função), e decorrente de sua natureza;
- b) Ocorrência de variabilidade devido ao ambiente, que provê condições para a realização da função (fator exógeno, externo à própria função); e
- c) Resultado da influência da variabilidade de funções a montante. Tal acoplamento é a base para a ressonância funcional (acoplamento funcional montante-jusante).

A caracterização da variabilidade de desempenho (potencial variabilidade da função) compreende a investigação da possibilidade de ocorrência da variabilidade e da forma como poderá ocorrer tal variação.

Variabilidade para funções tecnológicas – exemplos de variabilidade decorrem de degradação conforme o uso, de acordo com as condições ambientais, manutenção inadequada. A hipótese padrão da análise com uso do FRAM é que funções deste tipo são estáveis.

Exemplo do que afeta a potencial variabilidade das funções tecnológicas: manutenção inadequada de equipamentos, condições adversas de operação, etc.

Variabilidade para funções humanas – HOLLNAGEL (2012) destaca que a variabilidade do desempenho humano é mais útil do que prejudicial, e essa variabilidade não é somente inevitável, mas indispensável para sistemas sociotécnicos complexos. Na análise com o uso do FRAM é importante reconhecer a frequência e a amplitude da variabilidade do desempenho humano. Uma alta frequência significa que o desempenho humano se altera rapidamente, enquanto que uma larga amplitude significa que a diferença de alteração da variabilidade de desempenho é elevada. Tais variações dependem de diversos fatores, inclusive de condições ambientais. A produção de uma descrição ampla sobre essas dependências é um dos propósitos da análise com o FRAM.

Exemplo do que afeta a potencial variabilidade das funções humanas: ritmo circadiano dos indivíduos, pressão social, hábitos de tomada de decisão, excesso de informação recebida, etc.

Variabilidade para funções organizacionais – na análise com o FRAM é importante reconhecer que a frequência da variabilidade de desempenho é tipicamente baixa, mas a amplitude é larga. Exemplo: alterações em regras, políticas e regulamentos ilustram a inércia na ocorrência da alteração, porém, a amplitude da variabilidade pode ser elevada em decorrência de mudanças em regulamentos.

Exemplo do que afeta a potencial variabilidade das funções organizacionais: memória limitada da organização, incertezas sobre as prioridades; conflitos entre prioridades; comunicação ineficiente, etc.

Variabilidade interna (endógena) e externa (exógena) - a variabilidade de uma função pode decorrer dela própria (interna) ou das condições nas quais ela é realizada (externa); pode ser o resultado de acoplamentos de funções a montante, por meio dos sinais de Entrada, Precondição, Recurso, Controle e Tempo; e afeta a variabilidade das funções a jusante.

Apresentam-se na Tabela 3.1.4.2.1 exemplos de variabilidade endógena e exógena para cada tipo de função.

Tabela 3.1.4.2.1 – Exemplos de variabilidade interna e externa para cada tipo de função (baseado em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014))

Tipo de Função	Variabilidade Interna	Variabilidade Externa
Função Tecnológica	Pode ser consequência da degradação de componentes.	Pode ser consequência de manutenção inadequada, condições de operação inapropriadas, falhas em instrumentos e sensores, sobrecarga, etc.
Função Humana	Pode decorrer do estresse e fadiga, além da rotina adequada ao ciclo circadiano do indivíduo, condição física individual, fatores psicológicos e presença de viés na tomada de decisões.	Pode ser consequência de fatores sociais como: pressão no serviço, expectativas, etc, e de fatores organizacionais como considerações comerciais e políticas, etc.
Função Organizacional	Pode ser decorrente da eficiência da comunicação entre elementos organizacionais, cultura organizacional, memória organizacional	Pode ser consequência de influência do meio, como exigências de órgãos reguladores, atendimento aos requisitos dos clientes, disponibilidade de sobressalentes, clima e forças da natureza.

A Tabela 3.1.4.2.2 apresenta, com base em HOLLNAGEL (2012), uma comparação qualitativa entre cada um dos três tipos de função tomando-se como parâmetros as possíveis fontes de variabilidade interna e a possibilidade de ocorrência de variabilidade no desempenho do sistema.

Do ponto de vista de HOLLNAGEL (2012), as variabilidades internas para as funções tecnológicas são poucas e bem conhecidas (como visto na Tabela 3.1.4.2.1, decorrente provavelmente de degradação de partes do sistema tecnológico), e, de forma qualitativa, a possibilidade de ocorrência dessas variabilidades é baixa.

Com relação às funções humanas, são muitas as causas da variabilidade, conforme o estado de cada ser humano durante o desenvolvimento de suas atividades, como ritmo circadiano e condições de saúde, assim, HOLLNAGEL (2012) conclui que a possibilidade de ocorrer variabilidade interna no cumprimento de tais funções é elevada e de grande influência no sistema.

No caso da função organizacional, as fontes de variabilidade interna são diversas, também de elevada influência, como, por exemplo, alteração em regulamentos ou políticas internas, mas a possibilidade de ocorrência é baixa em se comparando com as funções humanas (com base em HOLLNAGEL (2012)).

Tabela 3.1.4.2.2 – Resumo da variabilidade interna - endógena (com base em HOLLNAGEL (2012))

	Possíveis fontes internas de variabilidade de desempenho	Possibilidade de ocorrência de variabilidade no desempenho
Funções tecnológicas	Poucas são as fontes. Quando existem são bem conhecidas	Pouco provável
Funções Humanas	Muitas, o que inclui as fontes de natureza fisiológica e psicológica	Muito provável
Funções Organizacionais	Diversas fontes. Podem estar relacionadas à cultura organizacional	Pouco provável

Da mesma forma, na Tabela 3.1.4.2.3 apresenta-se uma comparação qualitativa entre cada um dos três tipos de função tendo como parâmetros as possíveis fontes de variabilidade externa e a possibilidade de ocorrência de variabilidade no desempenho do sistema.

As funções tecnológicas possuem como fonte de variabilidade externa desde problemas de manutenção até o mau uso de equipamentos. A possibilidade de ocorrência desse tipo de variabilidade poderia estar relacionada à alteração na rotina de manutenção, flutuações na reserva orçamentária pra manutenção, etc; e é considerada por HOLLNAGEL (2012) como pequena em se comparando com a possibilidade de variabilidade das funções humanas.

No caso das funções humanas, a possibilidade de ocorrência de variabilidade é alta e afeta sobremaneira as atividades desenvolvidas (como, por exemplo, pressão social sobre o indivíduo ou excesso de informações recebidas pelo funcionário).

A possibilidade de ocorrência de variabilidade exógena para as funções organizacionais é baixa, mas de grande influência nas atividades desenvolvidas, como é o caso de alteração de legislação, imposição de restrições ambientais, surgimento de uma pandemia.

Tabela 3.1.4.2.3 – Resumo da variabilidade externa - exógena (com base em HOLLNAGEL (2012))

	Possíveis fontes externas de variabilidade de desempenho	Possibilidade de ocorrência de variabilidade no desempenho
Funções tecnológicas	Rotina de manutenção e mau uso de equipamentos	Pouco provável
Funções Humanas	Muitas, incluindo os aspectos social e organizacional	Muito provável
Funções Organizacionais	Diversas, podendo a fonte ser instrumental ou cultural.	Pouco provável

HOLLNAGEL (2012) propôs a descrição das consequências da variabilidade de desempenho observando-se a Saída da função em termos de tempo e precisão, já que a Saída de uma função é usada por outras funções relacionadas a ela (Entrada, Precondição, Recurso, Controle ou Tempo).

Conforme HOLLNAGEL (2012) e HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), em termos do aspecto temporal, a Saída pode ter a seguinte classificação: muito cedo; na hora; muito tarde ou nunca (esta última categoria indica que a saída ocorreu tão tarde que se tornou inútil). Os casos nos quais a saída de uma função não se encontra disponível no tempo esperado podem afetar as funções relacionadas de várias

manciras, e isso é objeto da análise do modelo. A potencial variabilidade de desempenho em relação ao tempo para os três tipos de função é mostrada na Tabela 3.1.4.2.4.

**Tabela 3.1.4.2.4 – Potencial variabilidade da Saída em relação ao tempo
(HOLLNAGEL, 2012)**

	Intervalo temporal da variabilidade de resposta			
	Muito cedo	Na hora	Muito tarde	Omissão
Funções tecnológicas	Improvável	Normal, esperado	Improvável, mas possível se envolver software	Muito improvável (somente aplicado no caso de completa interrupção)
Funções Humanas	Possível (resposta rápida ou acaso)	Possível, típico	Possível, mais provável do que muito cedo	Possível num menor grau
Funções Organizacionais	Improvável	Provável	Possível	Possível

Em se tratando de precisão, a Saída pode ser precisa, aceitável ou imprecisa. Uma saída é dita precisa quando satisfaz às necessidades da função que a recebe. Uma saída aceitável precisa de algum ajuste a ser feito pela função que a recebe antes de se tornar útil – desta forma, amplifica a variabilidade da função relacionada (HOLLNAGEL (2012) e HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)). A informação pode ser interpretada e complementada como descrito nas regras de ETTO (*Efficiency-Thoroughness-Trade-Off*).

Segundo HOLLNAGEL (2009), o princípio ETTO refere-se ao fato de que as pessoas ou organizações devem fazer um balanço entre os recursos (tempo e esforço) a serem despendidos na preparação de uma atividade e os recursos a serem gastos na realização da atividade; e por esse princípio, nunca será possível maximizar a eficiência e o rigor (ou zelo na preparação e execução da atividade) ao mesmo tempo e nenhum sucesso virá da realização de uma atividade se não houver o mínimo desses dois aspectos (eficiência e rigor).

As regras de ETTO podem ocorrer no ajuste de uma saída de função a montante pelas razões expostas em HOLLNAGEL (2009): o tempo é limitado (ou a incerteza sobre o tempo disponível é grande); a tendência natural do ser humano em fazer somente o esforço necessário para a realização de uma atividade; pressão social de gerentes, pares ou

subordinados; pressão organizacional, como o conflito entre a prioridade oficial, de segurança em primeiro lugar, e a prioridade real, de pronto no tempo certo; ou prioridades individuais, hábitos de trabalho, ambição, etc.

A saída imprecisa é incompleta, incorreta ou ambígua, e não pode ser usada pela função que a recebe, pois requer interpretação, verificação e comparação com outras informações, o que aumenta significativamente a variabilidade (HOLLNAGEL (2012) e HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)). A Tabela 3.1.4.2.5 relaciona o variabilidade potencial quanto à precisão.

Uma Saída categorizada como aceitável poderá ser usada pela função a jusante desde que o produto passe por algum ajuste por conta da função a jusante, o que implica em surgimento de variabilidade.

Tabela 3.1.4.2.5 – Potencial Variabilidade da Saída em relação à precisão (HOLLNAGEL, 2012)

	Intervalo da precisão na variabilidade de saída		
	Preciso	Aceitável	Impreciso
Funções tecnológicas	Normal, esperado	Improvável	Improvável
Funções Humanas	Possível, mas improvável	Típico	Possível, provável
Funções Organizacionais	Improvável	Possível	Provável

3.1.4.3 – Passo 3 – Agregação da Variabilidade

Um modelo gerado pelo método FRAM representa um conjunto de funções e os potenciais acoplamentos entre as funções. A consideração de cenário(s) (*instantiation*) do modelo descreve os acoplamentos existentes para uma dada situação ou conjunto de condições, representando, desta forma, a realização do modelo. Por meio da análise dos acoplamentos entre as funções a montante e a jusante descobre-se como surge a ressonância funcional no modelo, ou seja, a forma como as funções interagem entre si.

Os ajustes previstos de ocorrerem na realização das funções a jusante (decorrentes da qualidade do que recebem das funções a montante) constituem variabilidade que afeta tais funções (e, possivelmente, outras funções também a jusante), e em ambientes de trabalho estáveis com limitada variabilidade organizacional como alterações nas demandas, recursos e pessoal, por exemplo, ocorrerão ajustes que se compensarão, formando assim a base para a performance do cotidiano; porém, em ambientes de trabalho instáveis,

situações inesperadas podem surgir devido ao surgimento de tais variabilidades (com base em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)).

A despeito das variabilidades internas e externas e seu efeito nas funções a jusante, a principal razão para a ocorrência da variabilidade resulta dos acoplamentos entre funções a montante e a jusante. Dada uma variabilidade na saída de uma função a montante, existem cinco tipos de acoplamentos montante-jusante: entre Saída (da função a montante) e Precondições (da função a jusante); entre Saída e Recursos; entre Saída e Controle; entre Saída e Tempo; e entre Saída e Entrada (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

As Tabelas 3.1.4.3.1 a 3.1.4.3.5 apresentam os efeitos da variabilidade para cada um desses cinco tipos de acoplamentos, conforme a seguinte simbologia:

- (V+) indica que a variabilidade provavelmente deve aumentar;
- (V-) indica que a variabilidade provavelmente deve diminuir; e
- (V=) indica que a variabilidade provavelmente não deve se alterar.

Foi proposto por HOLLNAGEL (2012), a denominada Caracterização da Variabilidade de Desempenho (CVD) para a análise da variabilidade, pelo qual a saída de cada função é analisada de acordo com as possíveis variabilidades no tempo e na precisão, conforme apresentado anteriormente na Tabela 3.1.4.2.4 e na Tabela 3.1.4.2.5, respectivamente.

A classificação da variabilidade dos cinco tipos de acoplamento entre funções a montante e a jusante de acordo com o tempo e a precisão está apresentada por meio das tabelas a seguir apresentadas.

O aspecto Precondições de uma função representa as condições que devem estar presentes antes de uma função ser realizada (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014), a variação na saída da função a montante, analisada de acordo com o tempo e pode acarretar desde a realização da função sem condição para tal (negligência) até improvisação (pela ausência de condições para tal), neste último caso, a função deveria ser realizada por demanda de outras relacionadas.

Na Tabela 3.1.4.3.1 estão apresentados os efeitos da variabilidade na saída de uma função a jusante sobre o aspecto Precondição de uma função a montante.

Tabela 3.1.4.3.1 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Precondição (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)

Variabilidade de saída da função a montante		Possíveis efeitos sobre a função a jusante
Tempo	Muito cedo	Início incorreto – precondição negligenciada (V+)
	Na hora	Possível amortecimento da variabilidade (V-)
	Muito tarde	Possível perda de tempo (V+)
	Omissão	Improvisação, possível perda de tempo (V+)
Precisão	Impreciso	Possível perda de tempo para esclarecimento da situação (V+)
	Aceitável	Sem alteração (V =)
	Preciso	Possível amortecimento (V-)

O aspecto Recursos representa tudo aquilo que será consumido durante a realização da função a jusante, e que devem ser restabelecidos para a continuidade de seu desempenho. No caso de ocorrer a falta de recursos para consumo, alternativas serão buscadas para cumprimento da função a jusante, e, no caso das alternativas não serem completamente satisfatórias, ocorrerá um aumento da variabilidade. A Tabela 3.1.4.3.2 apresenta os efeitos da variabilidade na saída de uma função a jusante sobre o aspecto Recursos de uma função a montante (com base em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)).

Tabela 3.1.4.3.2 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Recursos (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)

Variabilidade de saída da função a montante		Possíveis efeitos sobre a função a jusante
Tempo	Muito cedo	Sem efeito (V=) ou possível amortecimento (V-)
	Na hora	Possível amortecimento (V-)
	Muito tarde	Possível perda de tempo (V+)
	Omissão	Adoção de abordagem alternativa; improvisação (V+)
Precisão	Impreciso	Inadequado ou funcionamento reduzido (V+)
	Aceitável	Sem efeito (V=)
	Preciso	Possível amortecimento (V-)

O aspecto Controle representa aquilo que conduz à realização da função, e a variabilidade nesse aspecto implica em grande variabilidade no resultado. A função a montante que provê o controle pode ser considerada de segundo plano no caso em que se trate de uma instrução ou procedimento, mas quando a função a montante é mais flexível, com sua saída podendo apresentar certa variabilidade sobre a função a jusante, seria apropriado considerar a função a montante como de primeiro plano. A Tabela 3.1.4.3.3 mostra os efeitos da variabilidade na saída de uma função a jusante sobre o aspecto Controle de uma função a montante (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)

Tabela 3.1.4.3.3 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Controle (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)

Variabilidade de saída da função a montante		Possíveis efeitos sobre a função a jusante
Tempo	Muito cedo	Pode haver perda de controle (V+)
	Na hora	Possível amortecimento (V-)
	Muito tarde	Procedimento padrão pode ser usado (V+)
	Omissão	Controle alternativo pode ser procurado – se possível (V+)
Precisão	Impreciso	Atrasos e ETT0 em relação a precisão e exatidão (V+)
	Aceitável	Sem efeito (V=)
	Preciso	Possível amortecimento (V-)

O aspecto Tempo representa as condições que afetam a realização da função no que tange ao início da função, ao término e à sincronização com outras funções. Comparando-se com o aspecto Controle, este último é relacionado no modo como a função é realizada, enquanto que o primeiro está relacionado com a ordem dos eventos no tempo (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014). A Tabela 3.1.4.3.4 apresenta os efeitos da variabilidade na saída de uma função a jusante sobre o aspecto Tempo de uma função a montante.

Tabela 3.1.4.3.4 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Tempo (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)

Variabilidade de saída da função a montante		Possíveis efeitos sobre a função a jusante
Tempo	Muito cedo	Cedo demais para o início, descompasso (V+)
	Na hora	Possível amortecimento da variabilidade (V-)
	Muito tarde	Atividade atrasada, problemas na coordenação, falta de sincronização (V+)
	Omissão	Início ou término da função errados (V+)
Precisão	Impreciso	Elevação na Variabilidade (V+)
	Aceitável	Sem efeito (V=)
	Preciso	Possível amortecimento (V-)

O aspecto Entrada da função refere-se àquilo que é usado ou processado pela função para gerar a saída, e variabilidade nesse aspecto com relação ao tempo pode acarretar problemas de sincronização e atrasos. Entretanto, os atrasos podem, até certo ponto, ser absorvidos pela abreviação na realização da função (quando possível), podendo acarretar aumento de variabilidade do produto gerado (saída da função a jusante). Por sua vez, a imprecisão da Entrada pode acarretar atraso e até saída errada da função a jusante (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014). A Tabela 3.1.4.3.5 apresenta os efeitos da variabilidade na saída de uma função a jusante sobre o aspecto Entrada de uma função a montante.

Tabela 3.1.4.3.5 – Acoplamento montante-jusante com relação ao aspecto Entrada (HOLLNAGEL, 2012) e (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014)

Variabilidade de saída da função a montante		Possíveis efeitos sobre a função a jusante
Tempo	Muito cedo	Início prematuro, entrada possivelmente perdida (V+) Sem efeito ou possível amortecimento (V-)
	Na hora	Sem efeito ou possível amortecimento (V-)
	Muito tarde	Atrasos levando a abreviações na realização da função (V+)
	Omissão	Função não cumprida ou muito atrasada (V+)
Precisão	Impreciso	Perda de tempo, de precisão ou mal entendidos (V+)
	Aceitável	Sem efeito (V=)
	Preciso	Possível amortecimento (V-)

Após o estabelecimento das funções e de seus acoplamentos, por meio da Caracterização da Variabilidade de Desempenho, são identificadas as potenciais variabilidades devido ao acoplamento montante-jusante. O resultado pode ser expresso por meio de uma tabela onde se relacionam as funções, suas respectivas saídas e potenciais variabilidades identificadas de acordo com o tempo e a precisão.

Desta forma, o FRAM descreve como os acoplamentos podem se combinar, podendo resultar em variabilidade de desempenho do sistema. É o que HOLLNAGEL (2012) denomina ressonância funcional. Assim, não é necessário usar a relação entre causa e efeito para a análise (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014).

Com base nessas informações feitas pela identificação das variabilidades no sistema são tecidas observações sobre os problemas identificados e as possíveis formas de tratá-los.

3.1.4.4 – Passo 4 – Consequências da Análise

Como último passo, são apresentados caminhos para o gerenciamento das ocorrências de variabilidade incontrolada do desempenho do sistema que foram detectadas durante a análise. Para os casos nos quais tais ocorrências levem a resultados indesejados, são apresentados meios para evitar o surgimento de tais variabilidades. Os caminhos para o gerenciamento dessas ocorrências são: a eliminação, prevenção, facilitação, proteção, monitoração (HOLLNAGEL, 2008) e amortecimento (HOLLNAGEL, 2012).

A eliminação é a mais efetiva, mas pode exigir até o reprojeto completo de um sistema ou atividade; a prevenção é feita pela introdução de uma barreira para evitar o problema, que pode ser uma barreira física ou funcional; a facilitação pode envolver um reprojeto de sistemas e atividades através da criação de meios para tornar as tarefas menos complexas, para facilitar o cumprimento das mesmas; a proteção envolve o uso de barreiras para a contenção das consequências, mitigação ou recuperação; monitoração implica na adoção de meios para o acompanhamento das atividades, de forma que os objetivos sejam alcançados; e o amortecimento são medidas para a redução da variabilidade decorrente dos acoplamentos entre as funções, de forma que os resultados das atividades sejam dirigidos para a direção certa e numa velocidade adequada (com base em HOLLNAGEL (2012)).

3.2 RAG - Resilience Analysis Grid

O método da grade de análise de resiliência (*resilience analysis grid* – RAG) foi desenvolvido para a avaliação da resiliência organizacional por meio da aplicação de quatro grupos de questões sugeridas em cada grupo (HOLLNAGEL, 2011; HOLLNAGEL, 2015; HOLLNAGEL, 2018). Cada grupo se refere a um dos quatro potenciais que compreendem a resiliência organizacional (potencial de responder, potencial de monitorar, potencial de aprender e potencial de antecipar).

O método RAG preconiza a aplicação de questionário que é disponibilizado pelo próprio método como sugestão para a avaliação dos potenciais (baseado em LINHARES, MAIA e FRUTUOSO E MELO (2021)). Conforme previsto pelo método, para a avaliação dos quatro potenciais da resiliência organizacional, as questões podem ter significado distintos em diferentes contextos (HOLLNAGEL, 2015) e, dependendo da necessidade, um número menor ou maior de questões pode ser adequado (HOLLNAGEL, 2018). Ainda, HOLLNAGEL (2011) alerta que as questões sugeridas no texto não devem ser usadas sem que seja confirmada a sua relevância para o contexto de aplicação.

O questionário, elaborado por adaptação das questões padrão para o contexto no qual o método será aplicado (PATRIARCA, 2021), pode possuir diferentes estilos de questões, como a escala Likert (LIKERT, 1932), que fornece dados categóricos que podem ser ordenados; o modelo dicotômico (no qual existem duas opções de resposta, como sim/não, verdadeiro/falso, etc.); ou questões mais abertas (HOLLNAGEL, 2018).

Exemplos de questões sugeridas no método RAG são apresentados na Tabela 3.2.1, Tabela 3.2.2, Tabela 3.2.3 e Tabela 3.2.4, onde cada tabela refere-se a um grupo de oito questões relacionadas a um potencial de resiliência.

Tabela 3.2.1 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de responder (HOLLNAGEL, 2018)

Aspectos	Questões
Lista de eventos	Existe uma lista de possíveis eventos para os quais a organização deve responder?
Relevância da lista	Essa lista é verificada e revisada com regularidade?
Ações de resposta	Existem respostas planejadas para cada um dos eventos?
Relevância das ações de resposta	As pessoas sabem o que fazer perante o surgimento dos eventos?
Início/término das ações de resposta	Os critérios de início e de término de cada ação de resposta está bem definido?
Ativação e duração	A organização possui capacidade de reagir rápido o suficiente e sustentar uma ação de resposta?
Capacidade de resposta	A organização está preparada para dar suporte às ações de resposta?
Verificação	A condição de preparo é verificada com regularidade?

Tabela 3.2.2 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de monitoração (HOLLNAGEL, 2018)

Aspectos	Questões
Lista de indicadores	A organização possui uma lista de indicadores de desempenho regularmente utilizados?
Relevância	A lista é verificada e revisada com regularidade?
Validade	A validade dos indicadores tem sido estabelecida?
Atraso	O atraso na coleta de dados para os indicadores é aceitável?
Sensibilidade	Os indicadores são suficientemente sensíveis?
Frequência	A medida dos indicadores é feita com adequada frequência?
Compreensibilidade	Os indicadores possuem um significado direto, sem que seja necessária análise?
Suporte organizacional	Existem recursos para monitorar? Os resultados são comunicados a quem interessa e são usados?

Tabela 3.2.3 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de aprendizado (HOLLNAGEL, 2018)

Aspectos	Questões
Critério de seleção	A organização possui um plano para decidir de quais eventos dever-se-ão extrair-se lições aprendidas?
Base de aprendizado	A organização tenta aprender com os sucessos em vez de aprender somente com as falhas?
Estilo de aprendizado	O aprendizado se dá perante a ocorrência de um evento ou é planejada (contínua)?
Categorização	Existem procedimentos formais para coleta, classificação e análise de dados?
Responsabilidade	Está claro quem é responsável pelo aprendizado (é de responsabilidade de um grupo ou é comum a todos)?
Atraso	O processo de aprendizado ocorre sem demasiado atraso?
Recursos	A organização provê recursos adequados para o aprendizado efetivo?
Implantação	Como as lições aprendidas são implantadas?

Tabela 3.2.4 – Exemplo de questões relacionadas ao potencial de antecipação (HOLLNAGEL, 2018)

Aspectos	Questões
Cultura organizacional	A organização encoraja a visão de futuro por parte dos funcionários?
Aceitabilidade das incertezas	Existe diretriz onde riscos e oportunidades são considerados aceitáveis?
Horizonte de tempo	O horizonte de tempo é apropriado para o tipo de atividade que a organização desenvolve?
Frequência	Com que frequência as ameaças ou oportunidades futuras são analisadas?
Modelo	É usado um reconhecido modelo para previsão do futuro?
Estratégia	A organização possui uma visão estratégica?
Expertise	Qual tipo de especialidade é usado para ver o futuro (prata da casa ou terceirizado)?
Comunicação	As expectativas para o futuro são divulgadas por toda a organização?

A apresentação dos resultados se dá por meio da geração de quatro diagramas do tipo radar (Figura 3.2.1), um para cada potencial de resiliência, que podem ser definidos usando-se a média ou a mediana dos dados obtidos por questões que usam escala do tipo Likert (HOLLNAGEL, 2018), e a análise visual do tamanho e forma dos polígonos dá uma ideia ao analista acerca da resiliência organizacional.

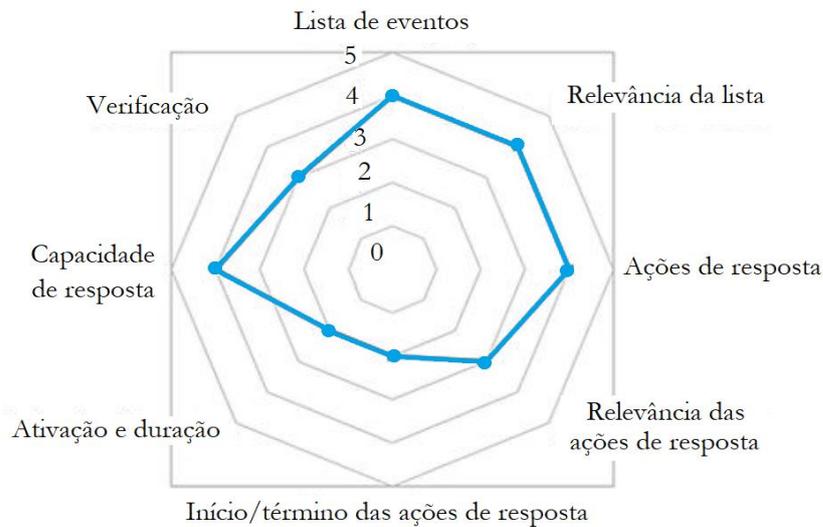


Figura 3.2.1 – Exemplo de diagrama tipo radar usado no RAG (HOLLNAGEL, 2018)

Por fim, o método RAG não foi desenhado para tirar um retrato da organização, mas sim para ser aplicado regularmente, de forma que seja possível a comparação entre a resiliência potencial atual com os resultados anteriores. Contudo, em LINHARES, MAIA e FRUTUOSO E MELO (2021) o RAG foi aplicado para a análise de acidente ocorrido a fim de se avaliar a resiliência organizacional antes do acidente, mediante informações encontradas na literatura.

3.3. Opinião de Especialistas

O processo de obtenção de opinião de especialistas pode ser usado, conforme ORTIZ, WHEELER e BREEDING (1991), quando ocorrer pelo menos uma das situações a seguir: inexistência de outros meios de quantificação; elevada incerteza na informação disponível; a aplicação dos dados disponíveis é questionável; é necessária a complementação dos dados disponíveis; ou quando a determinação do estado atual do conhecimento é requerida.

Quanto ao uso da opinião de especialistas, alguns pesquisadores se esforçam para seguir os princípios da ciência (observação, formulação de hipóteses e experimentação) e produzir estudos científicos. Em estudos baseados na opinião de especialistas, a

experimentação, que envolve seres humanos, impõe desafios distintos das ciências naturais, pois os dados obtidos são, em geral, condicionados a diversos fatores incontroláveis; a opinião de um especialista pode ser condicionada por atributos do especialista, presença do entrevistador, temperamento do especialista antes da coleta de informações. Adicionalmente, os dados não podem ser verificados objetivamente e não podem ser avaliados por medidas posteriores. (MEYER e BOOKER, 2001)

Com base em CLEMEN e REILLY (2000), os procedimentos para coletar opinião de especialistas variam, mas devem seguir, em linhas gerais, os seguintes passos: a identificação das variáveis que serão avaliadas; a identificação dos especialistas; a motivação dos especialistas com a criação de um entusiasmo pelo projeto; identificação de relação de causa e relacionamento estatístico entre variáveis relevantes; treinamento; aquisição das opiniões e verificação de consistência; e agregação das distribuições de probabilidade.

3.3.1. Obtenção de opinião de especialista pela NUREG 1150 - Severe Accident Risks

O NUREG-1150 (USNRC, 1990) descreve a avaliação sobre risco de acidentes severos em cinco usinas nucleoeletricas dos Estados Unidos da América. Segundo essa publicação, em virtude da pouca disponibilidade de dados experimentais sobre o tema, foi usado o processo de obtenção de opinião de especialistas para complementar e interpretar os dados disponíveis sobre acidentes severos.

Conforme opinião de ORTIZ, WHEELER e BREEDING (1991), o NUREG-1150 (USNRC, 1990) abrange as melhores aplicações do processo de obtenção de opinião de especialistas na área de segurança nuclear. Os autores realizaram um estudo para demonstrar a aplicação da obtenção de opinião de especialistas conforme prescrito no referido documento para dois temas complexos: análise da frequência de acidentes e análise da progressão de acidentes. Ao final do estudo, dentre as recomendações de ORTIZ, WHEELER e BREEDING (1991), pode-se destacar que, no processo de obtenção de opinião de especialistas, as variáveis objeto de análise devem ser claramente definidas, sem que haja ambiguidade; as questões devem ser explícitas e as respostas devem possuir o formato claramente especificado; deve ser provido um espaço e tempo suficiente para que os participantes possam expressar suas ideias; deve-se prover tempo para discussões técnicas, obtenção da opinião dos especialistas, e documentação da lógica usada por cada

especialista; a qualidade das sessões depende da participação de indivíduos treinados e com experiência no processo de obtenção de opinião de especialistas.

Segundo USNRC (1990) e ORTIZ, WHEELER e BREEDING (1991), devem-se seguir os seguintes passos no processo de obtenção da opinião de especialistas:

- **Passo 1 - Seleção de temas e especialistas.** Os temas são selecionados com base no seguinte critério: aqueles que podem acarretar um impacto significativo no risco quanto à segurança nuclear. Os especialistas são selecionados conforme seu renomado talento, demonstrado, por exemplo, por meio de publicações científicas (USNRC, 1990).
- **Passo 2 – Treinamento.** Os times de especialistas recebem treinamento sobre o processo de obtenção de opinião de especialistas e sobre os aspectos psicológicos na estimativa de probabilidades (USNRC, 1990).
- **Passo 3 - Apresentação e revisão dos temas.** Nesta etapa são feitas apresentações que permitem a adição ou retirada de assuntos em decorrência da opinião dos especialistas (USNRC, 1990).
- **Passo 4 - Preparação da análise dos temas pelos especialistas.** Após a reunião inicial (do passo anterior), é dado um tempo de um a quatro meses para os especialistas prepararem as suas análises. Durante esse tempo, reuniões organizadas pela equipe de projeto com os diversos grupos de especialistas divulgam resultados relevantes entre esses grupos, para compartilhar informações atuais sobre as discussões (USNRC, 1990).
- **Passo 5 – Revisão pelos especialistas, discussão e obtenção das opiniões.** Na reunião final, após os especialistas terem elaborado as suas análises, cada um apresenta o método usado para analisar o tema. As discussões que sucedem as apresentações levam, frequentemente, a uma modificação da opinião individual inicial sobre o tema. Essas discussões são feitas individualmente a fim de evitar o efeito da conformidade com a opinião do grupo (USNRC, 1990).
- **Passo 6 - Agregação das opiniões dos especialistas.** O método de agregação usado para as distribuições de probabilidade é o de pesos iguais para os especialistas pela sua simplicidade e uso em diversos estudos nos quais se tem mostrado o melhor método (USNRC, 1990).

3.3.2. Considerações sobre o método Web Delphi

Dentre os vários métodos de obtenção da opinião de especialistas, o Delphi é usado para obter um consenso entre grupos homogêneos de especialistas (LINSTONE e TUROFF, 1975), o que ocorre por meio de um processo iterativo, no qual os resultados obtidos pela reunião prévia são divulgados entre os especialistas, que são novamente consultados a fim de reavaliarem as suas opiniões (DIAS, 2007). Uma variação do método Delphi é o método Delphi Eletrônico (ou Web Delphi), que permite a consulta de especialistas em diversas partes do mundo por meio de questionários em meio digital (amplo alcance) e baixo custo através da internet (DIAS, 2007). Os passos para a aplicação do Delphi Eletrônico, com base em NOGUEIRA e FUSCALDI (2018) são:

1. Elaboração dos questionários;
2. Realização de teste do questionário via internet;
3. Seleção de especialistas;
4. Estabelecimento de contato com os especialistas;
5. Aplicação do questionário;
6. Análise dos dados da primeira rodada;
7. Elaboração de um novo questionário;
8. Repetição dos passos 5 a 7 até que se obtenha a satisfatória convergência entre as opiniões;
9. Elaboração de um relatório final considerando as opiniões na última rodada do questionário.

3.3.3. Considerações quanto à agregação da opinião de especialistas

A respeito da agregação da opinião de especialistas, com base em MORGAN (2014), em alguns casos não há sentido em combinar as opiniões para a obtenção da resposta, pois a ciência não é matéria de voto majoritário. Por outro lado, MEYER e BOOKER (2001) recomendam, por considerarem uma boa prática, a adoção do valor da mediana quando da agregação dos dados numéricos fornecidos pelos especialistas.

Em relação à atribuição de pesos a cada especialista no processo de agregação, CLEMEN (2008) concluiu que o método usado em COOKE (1991) aparentemente não é melhor do que o método de pesos iguais para os especialistas. Na mesma linha de pensamento, LIN e CHENG (2009) concluíram que nem sempre os benefícios do uso dos pesos provenientes da calibração de especialistas usados por Cooke superam o método de pesos iguais. Adicionalmente, o método de agregação usado nas distribuições de

probabilidade prescrito em USNRC (1990) é o de atribuir pesos iguais para a cada especialista, pela sua simplicidade e uso em diversos estudos nos quais se tem mostrado o melhor método.

3.3.4. Considerações quanto ao número de especialistas

Quanto ao número de especialistas, MURPHY *et al.* (1998) mencionam que existe uma pequena vantagem em aumentar para mais do que dez o número de especialistas em termos de validade dos resultados obtidos. Ou seja, pouco se tem a ganhar com o aumento do número de participantes quando eles concordam com algo que não representa a realidade. Porém, de forma geral, um número maior de especialistas poderia aumentar a confiabilidade do julgamento do grupo, sendo seis membros aparentemente um número mínimo a ser considerado para não prejudicar a confiabilidade dos resultados a serem obtidos. Cabe ressaltar que existe pouca evidência empírica do efeito do número de participantes na validade e confiabilidade num processo que busca o consenso (MURPHY *et al.*, 1998).

POWELL (2003) menciona que o número de especialistas pode variar sobremaneira de acordo com o escopo e com os recursos disponíveis. No caso do Delphi, os especialistas devem possuir capacidade de contribuir e vontade de fazê-lo (POWELL, 2003). Além disso, os especialistas devem ser imparciais e refletir o estado atual do conhecimento e das percepções sobre o tema (JAIRATH e WEINSTEIN (1994), apud POWELL (2003)).

3.3.5. Considerações sobre consenso e vieses na obtenção de opinião de especialistas

Apesar de GUPTA e CLARKE (1996) apresentarem o ponto de vista no qual o método Delphi não almeja chegar a um consenso em relação a um tema, mas sim o maior número possível de opiniões de alta qualidade para aprimorar a tomada de decisão, WOUDEMBERG (1991), por outro lado, cita que o método Delphi convencional é criticado por conta de obter um consenso ilusório, e pela adoção de processo similar às técnicas usadas para estudar a conformidade em grupo (WOUDEMBERG, 1991; SACKMAN, 1974) e rejeição da opinião divergente, o que pode ser contraprodutivo em relação à qualidade da decisão em grupo (SACKMAN, 1974).

A presença de vieses pode degradar a qualidade dos dados obtidos (MEYER e BOOKER, 2001) e também o excesso de confiança, pela qual os indivíduos superestimam a chance de suas respostas se mostrarem corretas (MEYER e BOOKER, 2001). Com base em MORGAN (2014), não existem meios de eliminar o excesso de confiança e o viés cognitivo, assim o autor sugere alertar os especialistas sobre a possibilidade da ocorrência de vieses e conduzir o procedimento de obtenção de opinião de especialistas com foco em mitigar tais ocorrências.

MEYER e BOOKER (2001) citam os seguintes vieses: conformidade – caso em que não se ouve opinião distinta em relação aos demais membros; superficialidade – caso no qual os especialistas tendem a responder rapidamente e sem refletir muito sobre o assunto; inconsistência – especialistas tendem a entrar em contradição, e pode ter relação com a fadiga ao longo da entrevista; disponibilidade – caso em que os especialistas não mencionam mais do que uma ou duas considerações em suas respostas, assim eles tendem a se lembrar delas mais facilmente do que outras que poderiam ser pensadas, e isso pode acarretar distorções nas respostas; ancoragem – situação em que o especialista nunca muda sua opinião, mesmo quando recebe informações adicionais de outros especialistas ou fontes.

3.4. Consistência de Questionários – Coeficiente Alfa de Cronbach

Adicionalmente, com base em SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019), o questionário tem sua validade assegurada por ter sido elaborado sobre o modelo usado pelo método RAG e com atenção para medir o que o estudo pretende. Acerca da consistência interna das respostas a um subgrupo de perguntas, usou-se o coeficiente alfa de Cronbach, como é usual (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019; LAERD STATISTICS, 2015). De acordo com MATTHIENSEN (2011), o coeficiente alfa de Cronbach é uma medida de correlação entre as respostas do questionário por meio da análise das respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa. Seu cálculo se dá pelo uso do somatório da variância das respostas de cada questão e da soma da variância de cada respondente, segundo a equação

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right)$$

onde:

α é o coeficiente alfa

k é o número de descritores da escala (questões)

σ_i^2 é a variância de um item

$\Sigma\sigma_i^2$ é a soma das variâncias dos itens

σ é a variância total do questionário (soma das variâncias dos respondentes)

O coeficiente alfa pode variar de 0 a 1. No caso do valor nulo, não há similaridade entre as variâncias das questões e as variâncias dos respondentes, e no caso do coeficiente assumir o valor unitário, tem-se uma correlação perfeita (MATTHIENSEN, 2011).

Segundo HORA, MONTEIRO e ARICA (2010), o questionário deve estar agrupado em dimensões, que são grupos de questões que tratam do mesmo aspecto. As dimensões no questionário sugerido pelo método RAG referem-se aos potenciais de responder, monitorar, aprender e antecipar. Contudo, segundo HOLLNAGEL (2018), esses aspectos possuem uma relação de dependência entre si, assim, o coeficiente alfa de Cronbach foi calculado para o questionário completo e para cada um dos aspectos.

Baixos valores do coeficiente alfa de Cronbach podem significar que: (1) o questionário pode ter sido aplicado a especialistas de uma determinada área, o que comprometeria a heterogeneidade da amostra (HORA, MONTEIRO e ARICA, 2010); (2) as questões podem não medir a mesma dimensão (VIEIRA, 2015); (3) um pequeno número de questões (VIEIRA, 2015). Conforme (VIEIRA, 2015), a título de primeira aproximação, pode-se comparar o valor obtido do coeficiente alfa de Cronbach com valores obtidos por pesquisa bibliográfica: valores entre 0,61 e 0,80 indicam uma consistência interna substancial, e entre 0,80 e 1,00 indicam consistência interna quase perfeita.

3.5. Análise de dados categóricos ordinais provenientes de questionários

Os dados obtidos de questionários que usam a escala do tipo Likert (LIKERT, 1932) pela qual o respondente pode indicar o nível de concordância com uma afirmação, por exemplo, podem ser classificados como categóricos ordinais, segundo SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019).

Como estatística de teste, em se tratando de dados categóricos ordinais, SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019) sugerem o uso de métodos estatísticos não

paramétricos, tendo em vista que não há modelo de distribuição para tais dados e não se pode usar estatística para estimar parâmetros.

3.5.1 Análise Exploratória de Dados e Estatística Descritiva

A Análise Exploratória de Dados (TUKEY, 1977) é uma abordagem útil para a análise inicial dos dados obtidos. A ênfase dessa abordagem é a análise gráfica para compreender os dados obtidos. Ainda, por meio da estatística descritiva pode-se realizar a descrição e comparação dos dados, como a medida de tendência central e de dispersão (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019). No caso dos dados categóricos ordinais, SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019) recomendam o uso da moda como medida de tendência central, que é o valor que ocorre com mais frequência na amostra obtida.

Considerando os dados obtidos de questões do tipo Likert (LIKERT, 1932), no qual o respondente pode assinalar o grau de concordância com uma afirmação, por exemplo, KOUSTOULAS (2013) sugere que não seria correto obter valores da média para dados categóricos ordinais gerados, e como uma medida de tendência central, ele sugere o cálculo da mediana, que retrata o valor que pertence ao meio do conjunto de dados obtidos.

3.5.2 Teste de Independência do Qui-Quadrado

O teste de independência do qui-quadrado para dados categóricos ordinais é usado para verificar se duas variáveis são independentes, e requer que os dados estejam agrupados (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019).

Os dados podem ser agrupados em uma tabela de contingência, que, segundo CONOVER (1999), é um conjunto de números naturais dispostos sob a forma matricial, como exemplificado na Tabela 3.5.2.1.

Tabela 3.5.2.1 – Exemplo de tabela de contingência (CONOVER, 1999)

Mariposas	Gafanhotos	Outros	Total
12	22	3	37

A tabela de contingência do tipo $r \times c$ agrupa os dados de modo que as ‘ r ’ amostras são tabuladas em ‘ r ’ linhas, e cada amostra pode classificada em ‘ c ’ classes distintas

(tabuladas em colunas). Assim, o elemento matricial (i, j) indica que a i -ésima amostra pertence à j -ésima categoria.

Considerando 'r' populações e uma amostra retirada aleatoriamente de cada população, n_i representa o número de observações na i -ésima amostra (retirada da i -ésima população), com $1 \leq i \leq r$. Considerando que O_{ij} é o número de observações da i -ésima amostra que pertence à classe j . Assim:

$$n_i = O_{i1} + O_{i2} + \dots + O_{ic}$$

Os dados podem ser arranjados conforme a Tabela 3.5.2.2, sendo N o número de observações de todas as amostras

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_r$$

E o número de observações da j -ésima categoria é dada por C_j para $j = 1, 2, \dots, c$

$$C_j = O_{1j} + O_{2j} + \dots + O_{rj}$$

Tabela 3.5.2.2 – tabela de contingência $r \times c$ (CONOVER, 1999)

	Classe 1	Classe 2	...	Classe c	Totais
População 1	O_{11}	O_{12}	...	O_{1c}	n_1
População 2	O_{21}	O_{22}	...	O_{2c}	n_2
...
População r	O_{r1}	O_{r2}	...	O_{rc}	n_r
Totais	C_1	C_2	...	C_c	N

Conforme CONOVER (1999), a estatística de teste χ^2 é dada por

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Onde O_{ij} representa o número de observações na célula (i, j) , e E_{ij} representa o número esperado de observações na célula (i, j) se H_0 é verdadeira. Ou seja, se H_0 é verdadeira o número de observações na célula (i, j) da tabela é próximo ao i -ésimo tamanho da amostra n_i multiplicado pela proporção C_j/N de todas as observações na categoria j .

$$E_{ij} = \frac{n_i C_j}{N}$$

Premissas:

- Cada amostra é aleatória;
- Os resultados das várias amostras são mutualmente independentes;
- Cada observação pode ser classificada em 'c' categorias.

A distribuição nula de χ^2 é dada aproximadamente por uma distribuição qui-quadrado com $(r-1)(c-1)$ graus de liberdade. Segundo CONOVER (1999), a aproximação é satisfatória se os valores esperados usados no teste estatístico não forem muito pequenos. A aproximação parece satisfatória quando os valores esperados forem maiores do que 0,5 e ao menos metade dos E_{ij} forem maiores que 1,0. Caso existam valores de E_{ij} nulos, de acordo com LAERD STATISTICS (2016) e MINITAB (2020), duas categorias podem ser colapsadas e uma nova tabela de contingência é elaborada a partir desse agrupamento.

Acerca das hipóteses, considerando que a probabilidade de selecionar um valor aleatório da i -ésima população ser classificada na j -ésima classe seja denotada por p_{ij} , para $i = 1, 2, \dots, r$ e $j = 1, 2, \dots, c$, definem-se H_0 e H_1 , de acordo com CONOVER (1999), como

H_0 : Todas as probabilidades na mesma coluna são iguais entre si ($p_{1j} = p_{2j} = \dots = p_{rj}$)

H_1 : Pelo menos duas probabilidades na mesma coluna diferem entre si ($p_{1j} \neq p_{kj}$)

E o valor de p é a probabilidade de uma variável aleatória qui-quadrado com $(r-1)(c-1)$ graus de liberdade exceder o valor observado de χ^2 .

3.5.3 Coeficiente V de Cramer

O teste V de Cramer mede a associação entre as duas variáveis dentro da tabela em uma escala em que '0' representa nenhuma associação e '1' representa associação perfeita (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019). Ou seja, o coeficiente V de Cramer mede a

força da associação entre duas variáveis (KATERI (2014), e segundo COHEN (1988), GASCÓ (2022) o cálculo do coeficiente V de Cramer é dado por

$$V = \sqrt{\frac{\frac{\chi^2}{n}}{\min(c-1, r-1)}}$$

Onde χ^2 é o valor da estatística do qui quadrado, 'n' é o número de observações na tabela de contingência, 'c' é o número de colunas da tabela, e 'r' é o número de linhas da tabela.

Conforme MINITAB (2021), valor nulo para V de Cramer indica que não existe associação entre duas variáveis. De acordo com DÖRING (2018), usualmente os valores entre 0,1 e 0,3 indicam uma associação fraca entre as variáveis; valores entre 0,4 e 0,5 uma associação média; e valores acima de 0,5 indicam uma associação forte.

3.6. Análise de dados categóricos nominais provenientes de questionários

Os dados obtidos por meio de questões de múltipla escolha por meio das quais o respondente opta por alternativas onde as categorias não possuem uma ordem natural (MAYER, 2022; e SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019)) fornecem dados categóricos nominais.

A Análise Exploratória de Dados (TUKEY, 1977, Mayer, 2022) é uma abordagem útil para a análise inicial de dados qualitativos como os categóricos nominais, por meio de tabela de frequências, gráfico de barras ou de setores. A moda pode ser usada para identificar a classe com maior frequência (MAYER, 2022).

4. METODOLOGIA

4.1 Construção do Modelo FRAM

A primeira parte da metodologia consiste na criação do modelo para um sistema sociotécnico complexo, que foi feita de acordo com a filosofia dos modelos sistêmicos (QURESHI, 2007; HOLLNAGEL, 2012) e possui foco nas funções que devem ser desempenhadas pelas organizações. Assim, o método FRAM, que abarca o conceito de *Safety-II* e é fundamentado na engenharia de resiliência (HOLLNAGEL, 2014a), proveu:

- a descrição do sistema em termos de suas funções;
- a análise de variabilidade na saída de cada função; e
- as variabilidades decorrentes dos acoplamentos entre as funções.

No FRAM, as informações para a elaboração das funções do modelo foram obtidas por meio de consulta a referências bibliográficas ostensivas (com base em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014). As informações sobre as potenciais variabilidades nas saídas das funções foram obtidas pelo método direto e indireto, conforme descrito a seguir.

4.2 Aplicação do Método Direto

As variabilidades na saída de cada função do modelo FRAM (em relação ao tempo e à precisão) foram fornecidas por especialistas, através de formulário (Anexo A) em entrevista presencial, que forneceram suas opiniões para cada função do modelo, conforme previsto no método FRAM (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014). Nesse questionário, cada especialista poderia opinar sobre a variabilidade com relação ao tempo e à precisão para cada função, e o processo de obtenção da opinião de especialistas foi uma versão baseada em ORTIZ, WHEELER e BREEDING (1991), USNRC (1990) , e seguiu os passos a seguir discriminados.

Passo 1 - Seleção de especialistas. Conforme HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), as melhores fontes para obter informações sobre as atividades de interesse são as pessoas que realizam atividades que fazem parte da função modelada, ou que atuam em locais de trabalho similares às atividades que estão sendo modeladas. Ainda, HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014) consideram a entrevista como a principal ferramenta de investigação, que pode ser suplementada por observações de

campo e revisão bibliográfica. Como as funções do modelo em questão são do tipo organizacional, ou seja, são desempenhadas por grupos de pessoas (HOLLNAGEL, 2012) - os especialistas foram selecionados pelo seu conhecimento prévio de vários anos junto às organizações envolvidas no empreendimento, tendo em vista as seguintes considerações:

- O método FRAM não requer número mínimo de especialistas a serem consultados, e preza pela qualidade da informação. Além disso, conforme consta em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), o entrevistado deve concordar em participar voluntariamente do processo e sentir-se livre para fornecer a sua opinião.
- Os participantes devem possuir capacidade de dar sua opinião sobre o tema em questão, além de possuírem vontade em participar da pesquisa (POWELL, 2003).

Em virtude das políticas de isolamento social decorrentes da pandemia de Covid-19, puderam ser entrevistados somente cinco especialistas no ambiente de trabalho, tal como recomendado em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014). Todos os participantes foram voluntários e dispostos a contribuir com a pesquisa, com conhecimento, experiência e foco de quem atua no setor requerente das licenças do submarino e de sua instalação de apoio, e na coordenação do empreendimento brasileiro.

Adicionalmente, de modo similar ao estudo conduzido por SMART *et al.* (2019), onde foram consultados apenas dois especialistas por limitações da pesquisa, como recursos e nicho específico, o presente estudo também atendeu aos seis critérios para recrutamento de especialistas citados em O'HAGAN *et al.* (2006): reputação, disponibilidade e disposição, evidência de expertise, imparcialidade, compreensão geral do tema, sem interesses econômicos ou pessoais nos resultados do estudo.

Passo 2 – Treinamento. Os especialistas receberam instruções sobre o preenchimento do questionário, tal como sugerido em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014).

Passo 3 – Coleta das opiniões. As entrevistas estruturadas ocorreram de forma individual com cada especialista que frequenta o mesmo local de trabalho do pesquisador responsável, em caráter voluntário, anônimo e em momento mais conveniente para o entrevistado. Após o treinamento e a explanação sobre o sistema modelado no FRAM, foi

entregue ao respondente um formulário contendo cada uma das funções do sistema e as opções com as variabilidades na saída de cada função para que o mesmo pudesse assinalar (em caráter não obrigatório) a opção da potencial variabilidade com relação ao tempo e à precisão. Em virtude das funções do sistema serem do tipo organizacional, a categoria de variabilidade ‘muito cedo’ é considerada improvável (HOLLNAGEL, 2012), assim, foram consideradas somente três categorias de variabilidade em relação ao tempo (na hora; muito tarde; omissão). Por outro lado, apesar da categoria de variabilidade ‘preciso’ também ser considerada improvável (HOLLNAGEL, 2012), foram consideradas três categorias de variabilidade em relação à precisão (preciso; aceitável; impreciso).

Passo 4 – Revisão pelos especialistas. Ao final de cada entrevista, após discussões com cada entrevistado em particular, foi verificado se haveria alguma modificação das opiniões inicialmente fornecidas (com base em USNRC, 1990).

Passo 5 - Agregação das opiniões dos especialistas. Para combinação da opinião dos especialistas adotaram-se pesos iguais para todos eles, decorrente da conclusão de CLEMEN (2008) de que a adoção de pesos distintos, como consta em COOKE (1991), não seria melhor do que o uso de pesos iguais, e pela simplicidade do método. Assim, para cada função do sistema, foi feita a contagem das respostas obtidas para as categorias de variabilidade em relação ao tempo e à precisão.

Considerando a hipótese mencionada por HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014) de que o resultado de uma atividade desempenhada deve obedecer a uma distribuição normal, e que o FRAM visa descrever 98,8% dos resultados que estão na região central da distribuição normal, desconsiderando os resultados extremos, usou-se, analogamente, a moda como estatística de tendência central na contagem das categorias de variabilidade. Para o caso de categorias com contagens idênticas, foi adotado o apresentado na Tabela 4.2.1.

Tabela 4.2.1 – Passos para a agregação da variabilidade de cada função

Passo	Descrição
1	Contagem do número de ocorrências de cada uma das três categorias em relação ao tempo (na hora; muito tarde; omissão na ação) e de cada uma das três categorias em relação à precisão (preciso; aceitável; impreciso).
2	A variabilidade da função em relação ao tempo foi definida pela categoria (na hora; muito tarde; omissão na ação) que obteve a maior contagem (moda).
3	A variabilidade da função em relação à precisão foi definida pela categoria (preciso, aceitável; impreciso) que obteve a maior contagem (moda).
4	Como critério de desempate, no caso da ocorrência de três categorias de contagens idênticas e não nulas, a categoria intermediária é escolhida. No caso de duas categorias de idênticas contagens, a categoria que reflete a maior variabilidade na saída da função foi a escolhida.

4.3 Aplicação do Método Indireto

Essa parte compreendeu a aplicação do método indireto, proposto neste trabalho, no qual o questionário do método RAG foi adaptado para inferir as variabilidades além de permitir a avaliação da resiliência organizacional e obter informações complementares para a análise qualitativa do sistema pelo FRAM. O método aqui proposto é similar ao método RAG no que tange à consulta aos especialistas, cujo processo de aplicação ocorre por meio da aplicação de um questionário (PATRIARCA, 2021), porém, via internet, tal como no método *Web Delphi*, que, conforme citado em DIAS (2007), permitiu a consulta de especialistas a um custo acessível frente aos recursos disponíveis e que se mostrou relevante em virtude da dificuldade em se conduzir reuniões presenciais tendo em vista as políticas de isolamento social causada pela pandemia de Covid19.

Cabe ressaltar que, ao contrário do método Delphi (LINSTONE e TUROFF, 1975), não se almejou obter um consenso entre as opiniões obtidas por meio de diversas rodadas de aplicação do questionário. Desta forma, procurou-se evitar problemas apontados por SACKMAN (1974); WOUDEMBERG (1991) em obter-se um consenso ilusório por meio da conformidade em grupo e rejeição da opinião divergente. Em suma, os seguintes passos foram tomados:

Passo 1 – Elaboração do questionário. O questionário foi elaborado com base na modificação do rol de questões do método RAG conforme previsto em HOLLNAGEL (2015) para permitir a avaliação da resiliência organizacional do sistema e a inferência das variabilidades das funções usadas no modelo FRAM. Semelhante a SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019), o questionário foi desenvolvido considerando que cada respondente deveria indicar o quão ele ou ela concorda com as afirmações apresentadas por meio de escala do tipo Likert. HOLLNAGEL (2018) menciona que o modelo de questão que adota a escala do tipo Likert permite que os dados sejam diretamente usados para a elaboração dos gráficos usados no RAG. Considerando que o formato de questões fechadas pode prover maior facilidade de resposta por parte do respondente (baseado em SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019), adotou-se na maior parte do questionário questões com escala do tipo Likert de cinco pontos, onde o valor 1 refere-se à classe discordo plenamente e o valor 5 refere-se à classe concordo plenamente (LIKERT, 1932; HOLLNAGEL, 2018).

Adicionalmente, conforme previsto em HOLLNAGEL (2018), outros tipos de questões podem ser usadas no método RAG, assim, para algumas questões usou-se o modelo de grade de múltipla escolha. Por fim, o questionário foi desenvolvido para de modo que as questões permitam a inferência da variabilidade das funções do modelo FRAM em relação ao tempo e à precisão, o fornecimento de informações complementares para a análise FRAM, e a avaliação da resiliência organizacional pelo método RAG.

Passo 2 – Seleção de especialistas. Foram selecionados especialistas dos setores de coordenação, projeto e de licenciamento nuclear.

Passo 3 – Estabelecimento de contato com os especialistas. Foi realizada uma explanação sobre o estudo em andamento e a verificação do interesse do especialista em participar do estudo.

Passo 4 – Aplicação do questionário. Ocorreu pelo link de acesso ao questionário digital, que foi encaminhado por e-mail aos especialistas que se interessaram em participar do estudo em caráter voluntário e anônimo.

Passo 5 – Análise dos dados. Assim como no método direto, adotaram-se pesos iguais para os especialistas pelos motivos anteriormente citados e por permitir a aplicação

do questionário de forma a assegurar a anonimato do respondente. Além disso, foram feitas considerações sobre vieses citados em MEYER e BOOKER (2001).

4.3.1 – Questões de escala do tipo Likert de cinco pontos

Cada questão que usou a escala Likert de cinco pontos foi elaborada de modo a relacionar o nível de concordância de cada respondente com a potencial variabilidade das funções do sistema, considerando que:

- a definição de que um sistema resiliente é aquele capaz de ajustar seu funcionamento (antes, durante ou após a ocorrência de distúrbios) e de sustentar a operação sob condições esperadas ou inesperadas (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014);
- as variabilidades no desempenho das funções do sistema (e.g. decorrentes de recursos e tempo limitados, mão de obra não qualificada, etc. (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014) podem se combinar levando o sistema à falta de controle (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014); e
- a propagação das variabilidades pelo sistema pode prejudicar a resiliência do mesmo.

Na combinação das opiniões de especialistas usou-se a mediana como medida de tendência central, conforme sugerido por KOUSTOULAS (2014), por HOLLNAGEL (2018) e por MEYER e BOOKER (2001).

De acordo com o método FRAM (vide HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014)) a potencial variabilidade na saída de cada função organizacional pode ser categorizada em relação ao tempo em que a ação é realizada (na hora; muito tarde; omissão) e em relação à precisão na qual a ação é realizada (preciso; aceitável; impreciso). Tendo em vista que a opinião dos respondentes objetivou a avaliação da potencial variabilidade em três categorias para cada aspecto (tempo e precisão), propôs-se no presente estudo os três intervalos de valores que a mediana pode assumir, apresentados na Tabela 4.3.1.1, e que foram usados para a classificação das variabilidades.

Tabela 4.3.1.1 – Intervalos dos valores da mediana em relação à escala Likert

Valor da escala	Significado (conforme informado no questionário)	Intervalo da mediana
1	Discordo plenamente	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$
2	-	
3	-	$2 < \text{Mediana} < 4$
4	-	
5	Concordo plenamente	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$

No sentido do método RAG, considerando o uso da escala do tipo Likert de cinco pontos, o valor 1 é relacionado a um baixo nível de resiliência (associado a ‘discordo plenamente’) e o valor 5 é relacionado a um alto nível de resiliência organizacional (associado a ‘concordo plenamente’), ao usar o valor das medianas para traçar o diagrama do tipo radar, é importante atentar para a existência de questões que usam escala invertida. A Tabela 4.3.1.2 apresenta dois exemplos fictícios de afirmações que, em sendo usadas no mesmo questionário, a análise deveria considerar a inversão de escala para uma delas (a de número 2, pelo exemplo).

Tabela 4.3.1.2 – Exemplos fictícios de afirmações que usam escala direta e indireta

Escala	Afirmações para as quais o respondente deve indicar sua concordância
Escala direta	1. A adoção de medidas para evitar a emissão de documentos com falta de informação poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.
Escala invertida	2. A adoção de medidas que permitam a emissão de documentos pobres em informação poderia prejudicar o sucesso do empreendimento.

Conforme o exemplo da Tabela 4.3.1.2, ao concordar plenamente com a afirmação nº 1, o respondente crê que as medidas são importante para o sucesso do empreendimento. Entretanto, ao concordar plenamente com a afirmação nº 2, o respondente crê que as medidas prejudicam o sucesso do empreendimento. Dessa forma, a escala da afirmação nº 2 deveria ser invertida em relação à afirmação nº 1.

Assim, na análise das questões foi usada a regra da contribuição apresentada na Tabela 4.3.1.3 para classificar a potencial variabilidade da saída de uma função de acordo com os intervalos da mediana e do tipo de afirmação sobre a qual o nível de concordância do respondente foi mensurado.

Tabela 4.3.1.3 – Regra para a contribuição do valor das variáveis para os aspectos da variabilidade potencial de uma função

Aspecto	Variabilidade potencial	Valor da mediana	Valor da mediana
		(quando a concordância com a afirmação é favorável à resiliência organizacional)	(quando a concordância com a afirmação desfavorece a resiliência organizacional)
Tempo	Omissão	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$
	Muito tarde	$2 < \text{Mediana} < 4$	$2 < \text{Mediana} < 4$
	Na hora	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$
Precisão	Impreciso	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$
	Aceitável	$2 < \text{Mediana} < 4$	$2 < \text{Mediana} < 4$
	Preciso	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$

Tendo em vista que cada função do sistema pode receber contribuição de mais de uma questão para a avaliação da potencial variabilidade na saída da função, foi necessário estabelecer uma regra para combinar os dados obtidos das diversas questões. Assim, adotou-se a mesma regra usada para combinar as variabilidades pelo método direto, apresentada anteriormente na Tabela 4.2.1.

4.3.2 – Questões de grade de múltipla escolha

De modo similar ao critério adotado para as questões com escala do tipo Likert de múltipla escolha, para as questões de grade de múltipla escolha que forneceram dados categóricos ordinais propuseram-se os intervalos de valores da mediana apresentados na Tabela 4.3.2.1.

Tabela 4.3.2.1 – Intervalos de mediana para as questões de grade de múltipla escolha

Valor da escala	Significado (conforme informado no questionário)	Intervalo da mediana
Não sei	-	-
1	O recurso faltar	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$
2	-	$2 < \text{Mediana} < 4$
3	-	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$
4	-	-
5	O recurso nunca faltar	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$

Similarmente à análise das questões do tipo Likert de múltipla escolha, onde a categoria da potencial variabilidade foi associada ao grau de concordância dos especialistas (pelo valor da mediana), é apresentada na Tabela 4.3.2.2 a regra da contribuição para classificar a potencial variabilidade da saída de uma função de acordo com os intervalos da mediana, onde baixos valores da mediana implicam em omissão da ação e imprecisão, e elevados valores refletem na execução no momento apropriado e com precisão adequada. Cabe ressaltar que para esse tipo de questão, que trata da disponibilidade de recursos a escala usada é a direta.

Tabela 4.3.2.2 – Regra para a contribuição do valor das variáveis para os aspectos da variabilidade potencial de uma função

Aspecto	Variabilidade potencial	Valor da mediana
	Omissão na ação	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$
Tempo	Muito tarde	$2 < \text{Mediana} < 4$
	Na hora	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$
Precisão	Impreciso	$1 \leq \text{Mediana} \leq 2$
	Aceitável	$2 < \text{Mediana} < 4$
	Preciso	$4 \leq \text{Mediana} \leq 5$

Os passos usados na agregação das variabilidades de múltiplas questões são idênticos aos usados pelo método direto, apresentado anteriormente na Tabela 4.2.1.

Por último, para as questões que forneceram dados categóricos que não podem ser ordenados, as informações provenientes foram analisadas pela observação da frequência de ocorrência de cada categoria conforme as respostas fornecidas pelos respondentes.

4.4 – Comparação entre o método direto e o método indireto

Na terceira parte desta metodologia, foi realizada a comparação entre o método direto e o método indireto na obtenção das variabilidades por meio da realização de análise exploratória de dados (TUKEY, 1977; SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019) pela comparação das variabilidades obtidas por cada um dos métodos, e pelo teste de independência do qui-quadrado (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019; CONOVER, 1999).

Adicionalmente, foi realizada uma comparação qualitativa da propagação das variabilidades obtidas pelo método direto e indireto usando-se um cenário (*instantiation*) particular do modelo FRAM. A comparação entre a propagação das variabilidades obtidas pelos dois métodos (para um cenário particular) foi feita usando-se um diagrama contendo

os acoplamentos e a propagação das variabilidades e uma tabela para organizar os resultados.

4.5. Análise FRAM considerando informações complementares

Nessa quarta parte da metodologia usou-se o mesmo cenário da seção anterior para complementar consideraram-se os itens do questionário que serviram para fornecimento de informações adicionais, além daqueles usados para computar as variabilidades e para avaliar a resiliência organizacional do sistema. A opinião dos respondentes para os itens complementares foi obtida pelo valor da mediana (para os itens que forneceram dados categóricos ordinais) e pela moda para os dados categóricos nominais. Tendo em vista que as informações complementares foram obtidas no âmbito do método indireto, as opiniões complementares foram usadas para apresentar uma análise qualitativa do modelo FRAM cujas variabilidades foram obtidas pelo método indireto.

4.6 – Análise da Resiliência Organizacional pelo método RAG

O questionário usado no método indireto foi elaborado a partir do conjunto de questões sugeridas em HOLLNAGEL (2018). Assim, itens do questionário foram usados para elaboração dos quatro diagramas do tipo radar para avaliação visual da resiliência organizacional do sistema. As opiniões dos respondentes, coletadas por dados categóricos ordinais, foram obtidas pelos valores da mediana dos itens do questionário. O valor da mediana de cada item foi usado para marcar um vértice do polígono que representa um respectivo potencial de resiliência (aprender, monitorar, aprender e antecipar).

Após a elaboração dos quatro diagramas, o tamanho e a forma (regular ou irregular) de cada polígono serviu de subsídio para realizar a análise qualitativa da resiliência organizacional do sistema (conforme HOLLNAGEL (2018)).

4.7. Análise combinada dos resultados das análises RAG e FRAM

Nesta última parte da metodologia combinaram-se de forma qualitativa os resultados da análise de um cenário particular do modelo FRAM com os resultados da resiliência organizacional.

4.8. Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética

O presente trabalho de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Univesitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido consta do Anexo B).

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Modelo FRAM da Instalação Nuclear Combinada

5.1.1. Entidades do empreendimento

O Programa de Submarinos da Marinha do Brasil (PROSUB) prevê o desenvolvimento do projeto do Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro (BRASIL, 2021a) e do Complexo de Manutenção Especializada (CME) para prestar suporte em terra ao submarino (BRASIL, 2020a). Esse empreendimento serviu de base para a construção do modelo FRAM de obtenção da Instalação Nuclear Combinada (INC) é uma instalação militar constituída por um Submarino Nuclear de Ataque (SNA) e por uma Instalação de Apoio em Terra (IAT), sendo que o primeiro contém o reator nuclear que fornece energia para o submarino, e a IAT é a parte responsável pelo fornecimento de suporte na atracação, docagem, manutenção e troca de combustível nuclear do submarino e armazenamento de Elementos Combustíveis novos e usados, de forma similar ao apresentado em TALARICO (2015).

Quanto ao processo de licenciamento nuclear, países como os EUA (USGAO, 2018) e a França (FRANÇA, 2019a, FRANÇA, 2010), por exemplo, adotam o modelo de dois órgãos reguladores, um para a área da Defesa e outro para as aplicações não militares da energia nuclear. No Brasil adotou-se o modelo no qual a Agência Naval de Segurança Nuclear e de Qualidade, ativada em 2018 (BRASIL, 2018), foi posicionada como órgão regulador e licenciador de meios navais de propulsão nuclear, e atualmente é o braço do Comando da Marinha no cumprimento do Artigo 7º da Lei nº 14.222/2021 que determina ao Comando da Marinha “regular, licenciar, fiscalizar e controlar os meios navais com plantas nucleares embarcadas” (BRASIL, 2021d). Pela mesma lei, a Agência Nacional de Segurança Nuclear, criada por cisão da Comissão Nacional de Energia Nuclear, permanece como a Autoridade de Segurança Nuclear do CME (BRASIL, 2021d)).

Diante dessa situação, o modelo construído no FRAM considerou que a Organização Militar do Navio (OMN) é a requerente do processo de licenciamento do Submarino Nuclear de Ataque (SNA) junto à Autoridade de Segurança Nuclear do Navio (ASNN); e a Organização Militar de Terra (OMT) é a requerente do processo de licenciamento da Instalação de Apoio em Terra (IAT) junto à Autoridade de Segurança Nuclear de Terra (ASNT). Acrescenta-se que, sob coordenação da OMT, está a equipe de projeto da IAT, e sob a coordenação da OMN, encontra-se a equipe de projeto do SNA.

A Tabela 5.1.1.1 apresenta uma relação das entidades que participam do modelo FRAM para a obtenção da INC e de suas respectivas finalidades.

Tabela 5.1.1.1 – Entidades que fazem parte do modelo FRAM

Entidades	Descrição
Coordenação do empreendimento	Entidade modelada com base em BRASIL (2021b), onde a Coordenadoria-Geral do PROSUB é responsável pelo gerenciamento das atividades de projeto, desenvolvimento, construção e gestora dos contratos com empresas.
Projeto do SNA	Entidade modelada de modo similar ao Centro de Desenvolvimento de Submarinos (CDS), que pertence ao setor de geração de energia nuclear da Marinha do Brasil, e é responsável pela elaboração do projeto do primeiro Submarino de Propulsão Nuclear Brasileiro (com base em BRASIL (2021c); DANTAS (2018)).
Projeto da IAT	Entidade modelada de forma similar à Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha (DDNM) que é responsável pelo projeto e desenvolvimento de sistemas e instalações no setor de energia nuclear da Marinha do Brasil (com base em BRASIL (2021c) e DANTAS (2018)).
Autoridade de Segurança Nuclear do Navio (ASNN)	Entidade modelada a espelho do prescrito em BRASIL (2020c) “caberá ao Comando da Marinha promover o licenciamento e a fiscalização dos meios navais e suas plantas nucleares embarcadas para propulsão, por organização militar independente específica para esse fim, além do transporte de seu combustível nuclear”, de que cabe à Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade atuar como órgão regulador e fiscalizador para contribuir com a segurança nuclear de meios navais (BRASIL, 2018; BRASIL, 2021d).
Autoridade de Segurança Nuclear de Terra (ASNT)	Entidade modelada com base na atuação da Agência Nacional de Segurança Nuclear, de monitorar, regular e fiscalizar instalações nucleares (BRASIL, 2021d) e com base no processo de licenciamento nuclear para uma instalação fixa, conforme previsto

	em CNEN (2002).
Construção do SNA	Entidade modelada a espelho da Itaguaí Construções Navais, que é responsável pela construção de submarinos no âmbito do PROSUB (BRASIL, 2021b)
Construção da IAT	Entidade modelada a espelho da Construtora Norberto Odebrecht para a construção dos estaleiros e base naval no âmbito do PROSUB (BRASIL, 2021b)

Na Figura 5.1.1.1 apresenta-se um diagrama com a indicação das instituições nas quais atuam as equipes responsáveis pela realização das funções detalhadas no modelo. Foram consideradas três instituições independentes: a instituição militar, que engloba os requerentes da IAT e do SNA (bem como as respectivas equipes de projeto); a ASNT e a ASNN.

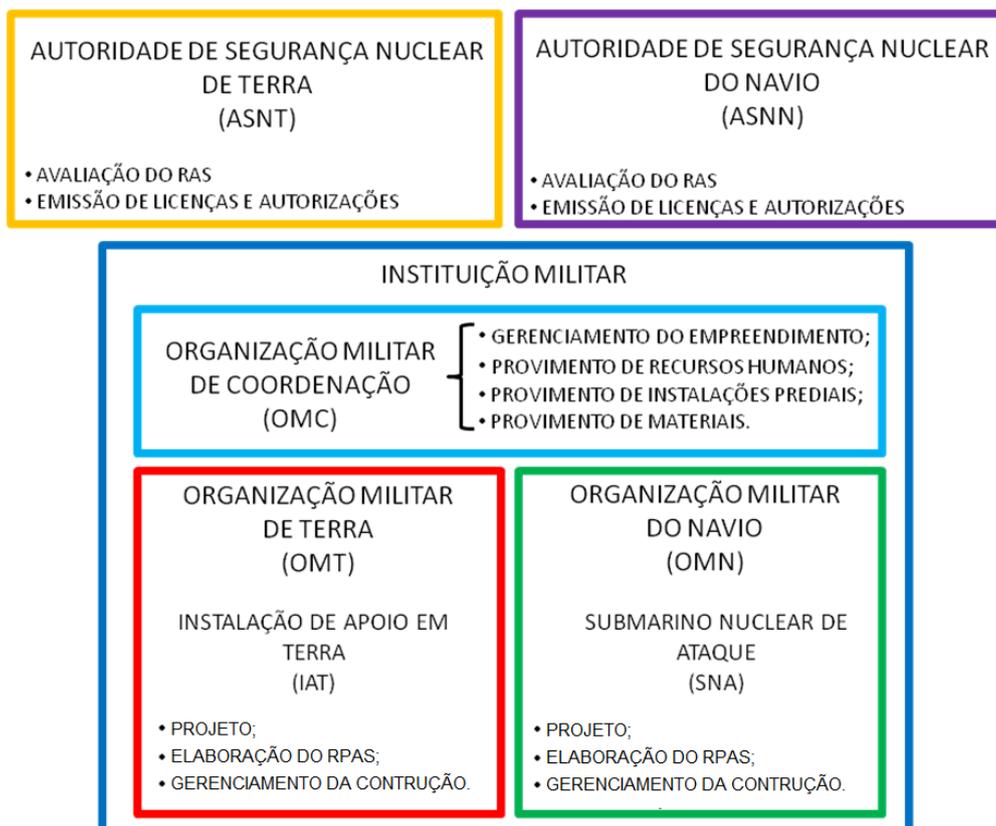


Figura 5.1.1.1 – Diagrama das instituições às quais pertencem os responsáveis pela realização das funções

Para a construção do modelo, foi estabelecido que a entidade de coordenação deve exercer a função de ordenação das partes do empreendimento (no sentido de PMKB (2017)), e também deve ser responsável por gerenciar a obtenção da INC, que segundo PMKB (2017), compreende a definição das partes que compõem o processo e organizá-las e orientá-las para alcançar o objetivo.

Conforme PMI (2017), o gerenciamento de recursos no projeto inclui a identificação, aquisição e gerenciamento de recursos necessários para alcançar os objetivos, assim, foi previsto que a entidade de coordenação deve ser responsável pelo provimento de apoio para as equipes de projeto, como recursos humanos, materiais e serviços específicos (e.g. de modelagem matemática, investigação geotécnica, cálculo de engenharia).

Tendo em vista que o efetivo gerenciamento de projetos auxilia as organizações a gerenciar restrições como escopo, qualidade, custos, cronogramas e recursos (PMI, 2017), foi estabelecido no modelo que a entidade de coordenação, com apoio técnico das entidades de projeto, deve ser responsável pelo estabelecimento de um cronograma geral e pela verificação do andamento dos projetos do SNA e IAT, por verificar se as bases de ambos os projetos são compatíveis (importante para os processos de licenciamento nuclear), pela definição de escopo do projeto e do licenciamento, e pela elaboração dos Requisitos de Estado Maior (REM), estabelecidos pelo setor operativo da Marinha, além do documento que contém os Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS), elaborados com base no REM, por meio dos quais a capacidade operativa do navio, as características e requisitos de desempenho, a filosofia de manutenção do navio e do apoio logístico são definidos (BRASIL, 2002). Ou seja o RANS e REM definem o que a Marinha espera do meio naval que será obtido.

No modelo, foi considerado que as entidades de projeto, além da elaboração de projeto propriamente dita, devem estabelecer as bases de projeto, definir o arcabouço normativo, tratar da interface entre ambos os projetos, elaborar o relatório de análise de segurança (conforme exigido em CNEN(2002)), tratar as exigências emitidas pelos órgãos licenciadores e atuar na especificação e aquisição dos equipamentos.

No modelo, as entidades de construção são responsáveis somente pela construção do SNA e IAT, e as entidades que representam as autoridades de segurança nuclear (ASNN e ASNT) são responsáveis pela avaliação do Relatório de Análise de Segurança, com base em CNEN (2002) e CNEN (2020).

5.1.2. Estabelecimento das funções do modelo FRAM e seus aspectos

Foram identificadas vinte e nove funções que devem ser desempenhadas pelas entidades que constituem o modelo FRAM de obtenção da INC. Tais funções, acompanhadas de sua respectiva numeração (que tem a finalidade de identificá-las no diagrama dos acoplamentos constantes do Anexo C) encontram-se relacionadas na Tabela 5.1.2.1 ao lado das respectivas entidades. Na sequência são apresentados os aspectos e a descrição de cada função do modelo.

Tabela 5.1.2.1 – Funções e entidades responsáveis por sua realização

Função	Entidade responsável
(1) Elaborar projeto da IAT	Projeto da IAT
(2) Elaborar projeto do SNA	Projeto do SNA
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Projeto da IAT
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Projeto do SNA
(5) Construir a IAT	Construtor da IAT
(6) Construir o SNA	Construtor do SNA
(7) Propor Limites de Projeto	Coordenação (com apoio das entidades de projeto)
(8) Propor limites para o licenciamento	Coordenação (com apoio das entidades de projeto)
(9) Elaborar REM e RANS	Coordenação (com apoio das entidades de projeto)
(10) Elaborar documento de interface com IAT	Projeto do SNA
(11) Elaborar documento de interface com SNA	Projeto da IAT
(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT	Projeto da IAT
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA	Projeto do SNA
(14) Estabelecer base de projeto IAT	Projeto da IAT
(15) Estabelecer base de projeto SNA	Projeto do SNA
(16) Adquirir equipamentos para IAT	Projeto da IAT
(17) Adquirir equipamentos para SNA	Projeto do SNA
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT	Coordenação
(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA	Coordenação
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	ASNT
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	ASNN

(22) Cumprir exigências do projeto da IAT	Projeto da IAT
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA	Projeto do SNA
(24) Gerenciar a Obtenção da INC	Coordenação
(25) Estabelecer um cronograma geral	Coordenação (com apoio das entidades de projeto)
(26) Verificar a evolução dos projetos	Coordenação (com apoio das entidades de projeto)
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto	Coordenação (com apoio das entidades de projeto)
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT	Coordenação
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA	Coordenação

De acordo com HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), as funções de segundo plano (*background functions*) só precisam ter a saída definida (que, em geral, é o caso da maioria das funções nos modelos FRAM), e para as funções de primeiro plano (*foreground functions*), devem ser definidos, no mínimo, os aspectos de entrada e saída. Assim, nem todos os aspectos de cada função precisam ser definidos.

Conforme mostrado na Tabela 5.1.2.2 e na Tabela 5.1.2.3, as funções <Elaborar projeto da IAT> e <Elaborar projeto da SNA> devem ter como saída os respectivos projetos de engenharia, informações sobre a evolução de projeto para a coordenação e os documentos com informação para a alteração da base de projeto. Esse último item se justifica pelo motivo do projeto ser inovador para o Brasil, e podem ser necessários ajustes em sua base de projeto. Entende-se por base de projeto como o “conjunto de informações que identificam as funções específicas a serem desempenhadas por um item de uma instalação nuclear e os valores específicos, ou limites de variação desses valores, escolhidos para parâmetros de controle como dados fundamentais de referência para o projeto” CNEN (2020).

Como entrada da função, têm-se as respectivas bases de projeto, o atestado de que comprova a compatibilidade entre as bases de projeto adotadas pelas distintas equipes de projeto (da IAT e do SNA), o documento onde constam os sistemas de interface entre a IAT e o SNA, e, por fim, a autorização para a realização de revisão de documentos de projeto (quando for necessária). A função <Elaborar projeto do SNA> possui como dados de entrada os Requisitos de Estado-Maior (REM), estabelecido pelo setor operativo da Marinha, e os Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS), elaborados com base no

REM, por meio dos quais a capacidade operativa do navio, as características e requisitos de desempenho, a filosofia de manutenção do navio e do apoio logístico são definidos (BRASIL, 2002). Ou seja o RANS e REM definem o que a Marinha espera do meio naval que será obtido.

Os documentos de proposição de limites de atuação tanto das equipes de projeto da IAT e do SNA como das Autoridades de Segurança Nuclear são pré-condição para a realização dessa função.

Como recurso principal, deve-se ter pessoal contratado para compor a equipe de projeto, material ou serviços específicos a serem definidos caso a caso. Quanto ao controle, esse aspecto representa as ações do gerenciamento do empreendimento que acompanha as atividades junto ao planejamento e inclui a tomada de medidas para a retificação de eventuais problemas constatados.

Tabela 5.1.2.2 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar projeto da IAT>

Descrição	Função realizada pela parte que é responsável pela elaboração do projeto das instalações de apoio ao submarino
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documento de interface com informações do SNA
	Ordem de revisão de projeto da IAT
	Base de projeto IAT estabelecida
	Atestado de que as bases de projeto são compatíveis
Saídas	Documentos de projeto de engenharia da IAT
	Informação da evolução do projeto da IAT
	Documento para alterar Base de Projeto IAT
Pré-condições	Documento contendo a proposição de limites de atuação das equipes de projeto (SNA e IAT)
	Documento contendo a proposição de limites de atuação das Autoridades de Segurança Nuclear
Recursos	Pessoal IAT contratado
	Material ou serviço Específico para IAT
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

Tabela 5.1.2.3 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar projeto do SNA>

Descrição	Função realizada pela parte que é responsável pela elaboração do projeto do submarino
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documento de interface com informações da IAT REM e RANS Ordem de revisão de projeto do SNA Base de projeto SNA estabelecida Atestado de que as bases de projeto são compatíveis
Saídas	Documentos de projeto de engenharia do SNA Informação da evolução do projeto do SNA Documento para alterar a Base de projeto SNA
Precondições	Documento contendo a proposição de limites de atuação das equipes de projeto (SNA e IAT) Documento contendo a proposição de limites de atuação das Autoridades de Segurança Nuclear
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou serviço Específico para SNA
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

O Relatório de Análise de Segurança (RAS) é o documento pelo qual é apresentada a análise dos perigos e das medidas e mecanismos de prevenção e controle contra tais agressões, bem como a quantificação do impacto radiológico (com base em CNEN (2020)), e é elaborado a partir dos documentos de projeto. Assim, como entrada das funções <Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT> e <Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA> têm-se os documentos dos respectivos projetos de engenharia, que formam o conjunto de documentação técnica para embasar a elaboração, e como recurso, tem-se o pessoal qualificado para elaborar o RAS, material e serviços específicos. A Tabela 5.1.2.4 e a Tabela 5.1.2.5 apresentam os aspectos dessas funções.

Tabela 5.1.2.4 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA>

Descrição	Elaboração do Relatório de Análise de Segurança (RAS) para submissão à Autoridade de Segurança Nuclear a fim de obter as licenças de construção e operação do SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia do SNA
Saídas	RAS do SNA
Precondições	-
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.5 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT>

Descrição	Elaboração do Relatório de Análise de Segurança (RAS) para submissão à Autoridade de Segurança Nuclear a fim de obter as licenças de construção e operação da IAT
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia da IAT
Saídas	RAS da IAT
Precondições	-
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	-
Tempo	-

As funções <Construir a IAT> e <Construir o SNA> são do tipo dreno, conforme conceito encontrado em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), pois o modelo gerado retrata o empreendimento para a obtenção da INC com foco nas funções necessárias para a obtenção das licenças de construção da IAT e do SNA.

A função <Construir a IAT> possui como condição para realizar a construção da IAT a licença de construção emitida pela ASNT (com base em CNEN (2002)), e de pessoal para a realização da obra.

O controle representa as ações do gerenciamento do empreendimento que acompanha as atividades junto ao planejamento e inclui a tomada de medidas para a retificação de eventuais problemas constatados. A Tabela 5.1.2.6 apresenta a função e seus aspectos.

Tabela 5.1.2.6 – Descrição e Aspectos da Função <Construir a IAT>

Descrição	Função realizada pela equipe de construção da IAT
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia da IAT Equipamentos da IAT
Saídas	-
Precondições	Licença de Construção da IAT Pessoal IAT contratado
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

A função <Construir o SNA> é análoga à função <Construir a IAT>, e tem como precondições a Licença de Construção emitida pela ASNN (assumindo-se que as normas da ASNN sejam similares ao que consta em CNEN (2002)) e pessoal qualificado para a realização da construção. O projeto e os equipamentos para instalação são as entradas para a função. A Tabela 5.1.2.7 apresenta essa função e seus aspectos.

Tabela 5.1.2.7 – Descrição e Aspectos da Função <Construir o SNA>

Descrição	Função realizada pela equipe de construção do SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia do SNA Equipamentos do SNA
Saídas	-
Precondições	Licença de Construção do SNA
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

A precondição para as funções de aquisição de equipamentos (para a IAT e para o SNA) é a emissão das respectivas licenças de construção tanto da IAT quanto do SNA. Os equipamentos são parte necessária para a construção da IAT e do SNA. Estabeleceu-se dessa forma a função <Adquirir equipamentos para IAT>, na Tabela 5.1.2.8 e <Adquirir equipamentos para SNA> na Tabela 5.1.2.9. Como entrada de cada uma dessas funções consideraram-se os documentos dos respectivos projetos, e como recursos, considerou-se

peçoal para a realização do processo de aquisição e material/serviço específico usado em testes de aceitação de fábrica e durante o comissionamento de grandes equipamentos.

Tabela 5.1.2.8 – Descrição e Aspectos da Função <Adquirir equipamentos para IAT>

Descrição	Processo de aquisição de equipamentos para montagem durante a construção.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia da IAT
Saídas	Equipamentos da IAT
Precondições	Licença de Construção da IAT
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.9 – Descrição e Aspectos da Função <Adquirir equipamentos para SNA>

Descrição	Processo de aquisição de equipamentos para montagem durante a construção.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia do SNA
Saídas	Equipamentos do SNA
Precondições	Licença de Construção do SNA
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	-
Tempo	-

Quanto à elaboração dos projetos e a responsabilidade de atuação das Autoridades de Segurança Nuclear, considerou-se necessário que a fronteira entre os dois projetos (da instalação em terra e do submarino) seja estabelecida a priori, de forma que:

- Os projetos sejam desenvolvidos de forma consistente; e
- As ASN tenham a sua área de responsabilidade bem definida.

Assim, foram identificadas duas funções a serem desenvolvidas pela coordenação do empreendimento de obtenção da INC: <Propor limites de projeto> e <Propor limites para o licenciamento>.

A função <Propor Limites de Projeto> tem por objetivo a estabelecer a fronteira entre os projetos dos sistemas da IAT e do SNA. Essa função é similar à função do tipo

dreno, porém sem definição de entrada. Tal função é considerada um dos pontos de partida do desenvolvimento dos projetos e, como saída, possui o documento de descrição dos limites dos sistemas para orientar as equipes de projeto (vide Tabela 5.1.2.10).

Tabela 5.1.2.10 – Descrição e Aspectos da Função <Propor limites de projeto>

Descrição	Função realizada pela instituição interessada na obtenção da Instalação Nuclear Combinada
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	Documento contendo a proposição de limites de atuação das equipes de projeto (SNA e IAT)
Precondições	Autorização para início da atividade
Recursos	-
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

Em virtude da existência de duas ASN, cada uma responsável pelo Processo de Licenciamento (da IAT e do SNA), foi definida a função <Propor limites para o licenciamento>, cujo objetivo é o de estabelecer a fronteira para as licenças que serão concedidas pelas respectivas ASN. Isso reflete na extensão da responsabilidade das licenças concedidas por cada ASN. Essa função é considerada um dos pontos de partida para o delinamento do processo de licenciamento nuclear da IAT e do SNA (vide Tabela 5.1.2.11).

Tabela 5.1.2.11 – Descrição e Aspectos da Função <Propor limites para o licenciamento>

Descrição	Função realizada pela instituição interessada na obtenção da INC em conjunto com as ASNT e ASNN
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	Documento contendo a proposição de limites de atuação das Autoridades de Segurança Nuclear
Precondições	Autorização para início da atividade
Recursos	-
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

A função responsável por produzir uma das entradas para a função <elaborar o projeto do SNA> é <Elaborar REM e RANS>. Os Requisitos de Estado-maior (REM) e os Requisitos de Alto Nível do Sistema (RANS) representam o primeiro passo no projeto de um navio. Essa função é considerada, também, um dos pontos de partida para o desenvolvimento dos projetos. A Tabela 5.1.2.12 apresenta essa função.

Tabela 5.1.2.12 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar REM e RANS>

Descrição	A Marinha deve elaborar os Requisitos de Estado Maior e Requisitos de Alto Nível de Sistemas para o SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	REM e RANS
Precondições	Autorização para início da atividade
Recursos	-
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

Tal como o estabelecimento de limites para o projeto faz-se necessária para a elaboração dos projetos da IAT e do SNA a existência de documentação de estabelecimento de interface entre os projetistas da IAT e do SNA, que sejam instruídos com informações necessárias para o desenvolvimento de ambos os projetos. No documento de interface elaborado pela equipe de projeto do SNA deverão constar os requisitos de engenharia que o navio requer da instalação em terra. A função <Elaborar documento de interface com IAT> é relacionada à elaboração de documento por parte da equipe de projeto do submarino para subsidiar a equipe de projeto da IAT, e como entrada usa os documentos de projeto do SNA. Destacou-se como recurso a contratação de pessoal. Os demais aspectos não foram preenchidos. Vide a Tabela 5.1.2.13 com os detalhes desta função.

Tabela 5.1.2.13 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar documento de interface com IAT>

Descrição	Função realizada pela parte que é responsável pela elaboração do projeto do SNA para prover informações ao pessoal de projeto da IAT.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia do SNA
Saídas	Documento de interface com informações do SNA
Precondições	-

Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	-
Tempo	-

A função <Elaborar documento de interface com SNA> apresenta a função análoga à anterior, como saída, o documento de interface elaborado pela equipe de projeto da IAT envolverá as soluções de engenharia adotadas para atender os requisitos do navio, usando como entrada o projeto da IAT para elaborar o documento de interface para conhecimento da equipe do SNA. A Tabela 5.1.2.14 apresenta as informações sobre essa função.

Tabela 5.1.2.14 – Descrição e Aspectos da Função <Elaborar documento de interface com SNA>

Descrição	Função realizada pela parte que é responsável pela elaboração do projeto da IAT ao pessoal de projeto do SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos de projeto de engenharia da IAT
Saídas	Documento de interface com informações da IAT
Precondições	-
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	-
Tempo	-

Duas funções foram consideradas importantes para a realização de um projeto de longa duração: a função <Atualizar arcabouço normativo do IAT>, que será conduzida pela equipe da IAT, e a função <Atualizar arcabouço normativo do SNA>, que será conduzida pela equipe do submarino. Tais funções objetivam a consulta periódica às normas técnicas a fim de verificar a existência de nova revisão das normas usadas e atualizar o conjunto normativo usado nos projetos. A Tabela 5.1.2.15 e Tabela 5.1.2.16 apresentam os detalhes dessas funções.

Tabela 5.1.2.15 – Descrição e Aspectos da Função <Atualizar arcabouço normativo da IAT>

Descrição	Verificar pela equipe de projeto se as normas usadas encontram-se na última revisão
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	REM e RANS
Saídas	Normas técnicas usadas no projeto da IAT na sua última revisão
Precondições	-
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.16 – Descrição e Aspectos da Função <Atualizar arcabouço normativo do SNA>

Descrição	Verificar pela equipe de projeto se as normas usadas encontram-se na última revisão
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	REM e RANS
Saídas	Normas técnicas usadas no projeto do SNA na sua última revisão
Precondições	-
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	-
Tempo	-

Em virtude da natureza da INC, faz-se necessário estabelecer a base de projeto tanto da IAT quanto do SNA que contém os eventos que podem ameaçar a segurança nuclear da INC, em especial as estruturas, sistemas e componentes classificadas como relacionadas com a segurança (*safety related*), conforme a definição do termo encontrada em USNRC (2020). Desta forma, a Tabela 5.1.2.17 e a Tabela 5.1.2.18, apresentam as funções <Estabelecer base de projeto IAT> e <Estabelecer base de projeto SNA>, respectivamente.

Tabela 5.1.2.17 – Descrição e Aspectos da Função <Estabelecer a base de projeto IAT>

Descrição	Elaboração de relação contendo os critérios, categorias e opções relativos às normas técnicas de forma a atender aos requisitos de projeto da IAT
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Normas técnicas usadas no projeto da IAT na sua última revisão REM e RANS Documento para alterar Base de Projeto IAT
Saídas	Base de projeto IAT estabelecida
Precondições	-
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.18 – Descrição e Aspectos da Função <Estabelecer a base de projeto SNA>

Descrição	Elaboração de relação contendo os critérios, categorias e opções relativos às normas técnicas de forma a atender aos requisitos de projeto do SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Normas técnicas usadas no projeto do SNA na sua última revisão REM e RANS Documento para alterar a Base de Projeto SNA
Saídas	Base de projeto SNA estabelecida
Precondições	-
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	-
Tempo	-

Com relação às funções que prestam suporte às demais, a seguir apresentam-se duas funções referentes a obtenção de recursos humanos. Tais funções estão apresentadas na Tabela 5.1.2.19 e Tabela 5.1.2.20.

Tabela 5.1.2.19 – Descrição e Aspectos da Função <Contratar pessoal para a equipe da IAT>

Descrição	Contratação de pessoal para trabalhar no projeto da IAT
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	Pessoal IAT contratado
Precondições	Autorização para Contratação de Pessoal
Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.20 – Descrição e Aspectos da Função <Contratar pessoal para a equipe do SNA>

Descrição	Contratação de pessoal para trabalhar no projeto do SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	Pessoal SNA contratado
Precondições	Autorização para Contratação de Pessoal
Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

Outras duas funções que prestam suporte às demais são aquelas referentes ao provimento de materiais e serviços específicos de engenharia (que devam ser realizados por empresas especializadas, por exemplo). Assim, foram modeladas as funções <Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT> e <Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA>, respectivamente apresentadas na Tabela 5.1.2.21 e Tabela 5.1.2.22.

Tabela 5.1.2.21 – Descrição e Aspectos da Função <Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT>

Descrição	Aquisição de software, hardware e de serviços específicos que não são feitos pelas equipes do empreendimento.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-

Saídas	Material ou Serviço Específico para IAT
Precondições	Autorização para a Contratação de Material/Serviço
Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.22 – Descrição e Aspectos da Função <Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA>

Descrição	Aquisição de software, hardware e de serviços específicos que não são feitos pelas equipes do empreendimento.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	Material ou Serviço Específico para SNA
Precondições	Autorização para a Contratação de Material/Serviço
Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

As duas funções a seguir tratam da avaliação dos Relatórios de Análise de Segurança por parte das respectivas autoridades de segurança nuclear, a ASNT e ASNN. Como entradas para ambas as funções têm-se o respectivo RAS (da IAT ou do SNA) e a Saída é a Licença de Construção e/ou Exigências a serem cumpridas pelo respectivo requerente (equipe da IAT ou do SNA). Como condição, foi colocado o documento preconizando os limites de atuação de cada autoridade de segurança nuclear. A Tabela 5.1.2.23 e a Tabela 5.1.2.24 apresentam as funções para a IAT e para o SNA, respectivamente.

Tabela 5.1.2.23 – Descrição e Aspectos da Função <Avaliar o Relatório de Segurança da IAT>

Descrição	Função realizada pela Autoridade de Segurança Nuclear (ASN) que tratará da IAT
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	RAS da IAT
Saídas	Licença de Construção da IAT Exigências sobre a IAT
Precondições	Documento contendo a proposição de limites de atuação das Autoridades de Segurança Nuclear

Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.24 – Descrição e Aspectos da Função <Avaliar o Relatório de Segurança do SNA>

Descrição	Função realizada pela Autoridade de Segurança Nuclear (ASN) que tratará do SNA
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	RAS do SNA
Saídas	Licença de Construção do SNA Exigências sobre o SNA
Precondições	Documento contendo a proposição de limites de atuação das Autoridades de Segurança Nuclear
Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

As próximas duas funções referem-se ao cumprimento das exigências emanadas pelas autoridades de segurança nuclear após a avaliação dos respectivos Relatórios de Análise de Segurança. A Tabela 5.1.2.25 apresenta a função para a IAT e a Tabela 5.1.2.26 a função análoga para o SNA. As funções têm como entrada as exigências feitas pelas respectivas Autoridades de Segurança Nuclear (ASNT ou ASNN). Ambas as funções têm por objetivo cumprir as exigências, e, como saída, a emissão de ordens para a revisão dos respectivos projetos (caso no qual o projeto deve sofrer modificações por conta de exigências reguladoras). Considerou-se, ainda, no sistema modelado, que as saídas dessas funções seriam entradas para as respectivas funções de elaboração do projeto (vide funções <Elaborar projeto da IAT> e <Elaborar projeto do SNA>).

Como precondição para cada uma das funções, é necessário que estejam acessíveis os documentos de projeto e o Relatório de Análise de Segurança, além de pessoal e serviço específico de engenharia (e.g. elaboração de modelagem matemática) como recursos usados por essas funções.

Tabela 5.1.2.25 – Descrição e Aspectos da Função <Cumprir exigências do projeto da IAT>

Descrição	Medidas a serem tomadas pela equipe de projeto da IAT para cumprir as exigências apontadas pela Autoridade de Segurança Nuclear responsável pelo Processo de Licenciamento das Instalações de Apoio em Terra
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Exigências sobre a IAT
Saídas	Ordem de revisão de projeto da IAT
Precondições	Documentos de projeto de engenharia da IAT RAS da IAT
Recursos	Pessoal IAT contratado Material ou Serviço Específico para IAT
Controle	-
Tempo	-

Tabela 5.1.2.26 – Descrição e Aspectos da Função <Cumprir exigências do projeto do SNA>

Descrição	Medidas a serem tomadas pela equipe de projeto do SNA para cumprir as exigências apontadas pela Autoridade de Segurança Nuclear responsável pelo Processo de Licenciamento do Submarino Nuclear de Ataque
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Exigências sobre o SNA
Saídas	Ordem de revisão de projeto do SNA
Precondições	Documentos de projeto de engenharia do SNA RAS do SNA
Recursos	Pessoal SNA contratado Material ou Serviço Específico para SNA
Controle	-
Tempo	-

Foram estabelecidas quatro funções relacionadas ao gerenciamento do empreendimento de obtenção da INC, a primeira da sequência é a função <Gerenciar a Obtenção da INC>, apresentada na Tabela 5.1.2.27, que possui como entrada as informações de alto nível sobre a evolução dos projetos da IAT e SNA, relatórios de acompanhamento de outras funções, e informação sobre a compatibilidade entre as bases de projeto da IAT e do SNA. Provenientes desta função, são autorizadas as contratações de pessoal e de serviços, bem como emanadas as autorizações para o início de algumas atividades de alto nível como: propor limites de projeto; propor limites para o licenciamento; Elaborar REM e RANS; e Estabelecer um cronograma geral. A saída

identificada como controle de atividade está relacionada ao aspecto controle das funções de elaboração de projeto e de construção da IAT e do SNA.

Tabela 5.1.2.27 – Descrição e Aspectos da Função <Gerenciar a Obtenção da INC>

Descrição	Representa de gerenciamento das atividades para a obtenção da INC
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documento informando a evolução dos projetos ao responsável pela INC Relatório de acompanhamento Atestado de que as bases de projeto são compatíveis
Saídas	Autorização para Contratação de Pessoal Autorização para Contratação de Material/Serviço Autorização para início da atividade Controle de atividade
Precondições	-
Recursos	-
Controle	-
Tempo	-

A segunda função é <Estabelecer um cronograma geral> tem como saídas um cronograma geral para a obtenção da INC, que servirá de entrada para a função <verificar a evolução dos projetos>.

Essa função tem por objetivo fornecer ferramentas para o monitoramento das atividades, bem como para poder realizar os ajustes de metas previamente estabelecidas aos recursos realmente disponíveis, priorizando certas atividades em detrimento de outras. A Tabela 5.1.2.28 apresenta essa função.

Tabela 5.1.2.28 – Descrição e Aspectos da Função <Estabelecer um cronograma geral>

Descrição	Estabelecer cronograma integrado entre IAT e SNA para o empreendimento
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	-
Saídas	Cronograma da INC
Precondições	Autorização para início da atividade
Recursos	-
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

A terceira função é <verificar a evolução dos projetos> apresentada na Tabela 5.1.2.29 e agrupa as informações sobre a evolução de cada projeto e compara-as com o cronograma planejado, e o resultado serve de subsídio para o gerenciamento da INC. O relatório de acompanhamento pode ser periodicamente emitido com relação às questões relevantes sobre cada projeto para conhecimento do gerente, a fim de embasar a tomada de decisão.

Tabela 5.1.2.29 – Descrição e Aspectos da Função <Verificar a evolução dos projetos>

Descrição	Verificação do progresso dos projetos da IAT e do SNA em relação ao cronograma estabelecido.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Cronograma da INC Informação da evolução do projeto da IAT Informação da evolução do projeto do SNA
Saídas	Documento informando a evolução dos projetos ao responsável pela INC Relatório de acompanhamento
Precondições	Autorização para início da atividade
Recursos	-
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

A última função é <Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto> e possui como entrada as bases de projeto da IAT e do SNA, verifica sua compatibilidade e emite um parecer atestando a compatibilidade. O objetivo dessa verificação é assegurar que os projetos das duas partes sejam elaborados sobre uma base técnica compatível. A Tabela 5.1.2.30 apresenta esta função.

Tabela 5.1.2.30 – Descrição e Aspectos da Função <Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto>

Descrição	Realiza a compatibilização entre as bases de projeto para os projetos da IAT e do SNA.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Base de projeto IAT estabelecida Base de projeto SNA estabelecida
Saídas	Atestado de que as bases de projeto são compatíveis

Precondições	Autorização para o início da atividade
Recursos	-
Controle	Controle de atividade
Tempo	-

O próximo passo foi a caracterização das variabilidades, que segundo HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014), é o ponto inicial para compreender como resultados inesperados podem surgir, sendo relevante a variabilidade de desempenho na saída da função, pois o efeito gerado se propaga para outras funções do sistema. Assim, as informações sobre tais variabilidades foram obtidas por meio do método direto e pelo método indireto, conforme apresentado adiante.

5.2. Aplicação do método direto

A seguir apresentam-se os passos de aplicação do MD no contexto do modelo FRAM de obtenção da Instalação Nuclear Combinada.

Passo 1 - Seleção de especialistas. Foram selecionados cinco especialistas para participar do estudo em caráter voluntário e anônimo, no ambiente de trabalho, tal como recomendado em HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014). O recrutamento de especialistas também atendeu aos seis critérios para recrutamento de especialistas citados em O'HAGAN *et al.* (2006): reputação, disponibilidade e disposição, evidência de expertise, imparcialidade, compreensão geral do tema, sem interesses econômicos ou pessoais nos resultados do estudo.

Passo 2 – Treinamento. Os especialistas receberam informações sobre o modelo FRAM, que foi gerado para representar a obtenção da Instalação Nuclear Combinada, e sobre o processo no qual a opinião de cada especialista seria obtida - por meio de entrevista estruturada (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019), com o preenchimento de um formulário pelo qual cada especialista deveria indicar a potencial variabilidade com relação ao tempo e à precisão que surgiria na saída das funções.

Passo 3 – Coleta das opiniões. As entrevistas estruturadas ocorreram de forma individual com cada especialista que frequenta o mesmo local de trabalho do pesquisador responsável, em caráter voluntário, anônimo e em momento mais conveniente para o entrevistado. Após o treinamento e a explanação sobre o sistema modelado no FRAM, um

formulário contendo as vinte e nove funções, que consta do Anexo A, foi entregue ao especialista para que o mesmo pudesse assinalar (em caráter não obrigatório) a opção da potencial variabilidade com relação ao tempo e à precisão.

Com relação à ocorrência de vieses mencionados em MEYER e BOOKER (2001), pelo fato da entrevista ser individual e anônima, não se detectou o viés conformidade; também não foi detectada superficialidade durante as sessões, também não foi detectado o surgimento de ancoragem, e nem inconsistência nas respostas. Quanto ao surgimento do viés disponibilidade, não foi possível detectá-lo, pois a entrevista ocorreu de forma estruturada.

Passo 4 – Revisão pelos especialistas. Ao final de cada entrevista, após discussões com cada entrevistado em particular, foi verificado se haveria alguma modificação das opiniões inicialmente fornecidas (com base em USNRC, 1990). Não houve casos de modificação na opinião.

Passo 5 - Agregação das opiniões dos especialistas. Para a combinação da opinião dos especialistas adotaram-se pesos iguais para todos eles, decorrente da conclusão de CLEMEN (2008) de que a adoção de pesos distintos, como consta em COOKE (1991), não seria melhor do que o uso de pesos iguais, e pela simplicidade do método.

Ainda, HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN (2014) mencionam, sob a hipótese de que o resultado de uma atividade desempenhada obedeça a uma distribuição normal, que o FRAM visa descrever 98,8% dos eventos que estão na região central da distribuição normal, desconsiderando os eventos extremos. Analogamente, na contagem das respostas para cada uma das três categorias em relação ao tempo (na hora; muito tarde; omissão na ação) e para cada uma das três categorias em relação à precisão (preciso, aceitável; impreciso), usou-se a moda como estatística de tendência central. Nessa linha, como critério de desempate entre três categorias de iguais contagens não nulas, a categoria intermediária foi a escolhida.

Ademais, como o FRAM foi usado para avaliar as variabilidades do sistema e identificar as condições que tais variabilidades o afetam (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014), como critério de desempate entre duas categorias não nulas, a resposta que introduziu maior variabilidade foi escolhida. Por fim, a Tabela 5.2.1 apresenta os passos para a agregação da opinião de cada especialista.

Tabela 5.2.1 – Passos para a agregação da variabilidade de cada questão

Passo	Descrição
1	Contagem do número de ocorrências de cada uma das três categorias em relação ao tempo (na hora; muito tarde; omissão na ação) e de cada uma das três categorias em relação à precisão (preciso; aceitável; impreciso).
2	A variabilidade da função em relação ao tempo foi definida pela categoria (na hora; muito tarde; omissão na ação) que obteve a maior contagem (moda).
3	A variabilidade da função em relação à precisão foi definida pela categoria (preciso, aceitável; impreciso) que obteve a maior contagem (moda).
4	Como critério de desempate, no caso da ocorrência de três categorias de contagens idênticas e não nulas, a categoria intermediária é a escolhida. No caso de duas categorias de idênticas contagens, a categoria que reflete a maior variabilidade na saída da função foi a escolhida.

A Tabela 5.2.2 apresenta a compilação das contagens obtidas dos cinco especialistas consultados para cada categoria de variabilidade para as vinte e nove funções.

Tabela 5.2.2 – Contagens obtidas para as categorias de variabilidade na saída de cada função

Função	Tempo			Precisão		
	na hora	muito tarde	omissão	preciso	aceitável	impreciso
(1) Elaborar projeto da IAT	1	4	0	0	2	3
(2) Elaborar projeto do SNA	0	3	2	0	1	4
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	1	4	0	1	2	2
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	0	5	0	1	2	2
(5) Construir a IAT	0	4	1	2	2	1
(6) Construir o SNA	0	4	1	0	4	1
(7) Propor Limites de Projeto	2	1	2	1	2	2
(8) Propor limites para o licenciamento	1	3	1	0	4	1
(9) Elaborar REM e RANS	1	3	1	0	2	3
(10) Elaborar documento de interface com IAT	0	4	1	0	1	4
(11) Elaborar documento de interface com SNA	1	4	0	1	1	3

(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT	3	1	1	3	1	1
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA	4	1	0	3	1	1
(14) Estabelecer base de projeto IAT	3	2	0	1	3	1
(15) Estabelecer base de projeto SNA	0	5	0	0	3	2
(16) Adquirir equipamentos para IAT	2	3	0	2	3	0
(17) Adquirir equipamentos para SNA	1	3	1	2	1	2
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT	0	3	2	1	1	3
(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA	1	3	1	1	2	2
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	2	3	0	2	1	2
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	3	2	0	2	1	2
(22) Cumprir exigências do projeto da IAT	0	5	0	1	2	2
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA	0	5	0	1	3	1
(24) Gerenciar a Obtenção da INC	0	2	3	0	1	4
(25) Estabelecer um cronograma geral	2	3	0	0	2	3
(26) Verificar a evolução dos projetos	2	1	2	0	1	4
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto	0	4	1	0	2	3
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT	1	4	0	0	5	0
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA	1	4	0	0	4	1

A Tabela 5.2.3 apresenta a variabilidade na saída de cada função pela aplicação da regra apresentada na Tabela 5.2.1.

Tabela 5.2.3 – Variabilidades na saída de cada função obtida pelo método direto

Função	Variabilidade quanto ao tempo	Variabilidade quanto à precisão
(1) Elaborar projeto da IAT	muito tarde	impreciso
(2) Elaborar projeto do SNA	muito tarde	impreciso
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	muito tarde	impreciso
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	muito tarde	impreciso
(5) Construir a IAT	muito tarde	aceitável
(6) Construir o SNA	muito tarde	aceitável
(7) Propor Limites de Projeto	omissão	impreciso
(8) Propor limites para o licenciamento	muito tarde	aceitável
(9) Elaborar REM e RANS	muito tarde	impreciso

(10) Elaborar documento de interface com IAT	muito tarde	impreciso
(11) Elaborar documento de interface com SNA	muito tarde	impreciso
(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT	na hora	preciso
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA	na hora	preciso
(14) Estabelecer base de projeto IAT	na hora	aceitável
(15) Estabelecer base de projeto SNA	muito tarde	aceitável
(16) Adquirir equipamentos para IAT	muito tarde	aceitável
(17) Adquirir equipamentos para SNA	muito tarde	impreciso
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT	muito tarde	impreciso
(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA	muito tarde	impreciso
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	muito tarde	impreciso
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	na hora	impreciso
(22) Cumprir exigências do projeto da IAT	muito tarde	impreciso
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA	muito tarde	aceitável
(24) Gerenciar a Obtenção da INC	omissão	impreciso
(25) Estabelecer um cronograma geral	muito tarde	impreciso
(26) Verificar a evolução dos projetos	omissão	impreciso
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto	muito tarde	impreciso
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT	muito tarde	aceitável
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA	muito tarde	aceitável

O resultado das contagens para cada categoria em relação ao tempo e à precisão usando-se o método direto consta da Tabela 5.2.4.

Tabela 5.2.4 – Frequências para cada categoria obtidas pelo método direto

Tempo			Precisão		
Na hora	Muito tarde	Omissão	Preciso	Aceitável	Impreciso
4	22	3	2	9	18

5.3. Aplicação do método indireto

O método aqui proposto é similar ao RAG no que tange à consulta aos especialistas, cujo processo envolve a aplicação de um questionário (PATRIARCA, 2021), porém, via internet, tal como no método *Web Delphi* (conforme DIAS (2007)), o que permitiu a consulta de especialistas a um custo acessível frente aos recursos disponíveis e compatível com as políticas de isolamento social causada pela pandemia de Covid-19. Tal como citado na metodologia, os seguintes passos foram seguidos:

Passo 1 – Elaboração do questionário. O questionário foi elaborado com base na modificação do conjunto de questões do método RAG, e está apresentado no Anexo D lado a lado com as questões sugeridas em HOLLNAGEL (2018).

Excetuando-se as questões 13, 14 e 15, para as demais questões apresentadas no Anexo D adotou-se o modelo da escala do tipo Likert de cinco pontos, onde o valor 1 refere-se à classe discordo plenamente e o valor 5 refere-se à classe concordo plenamente (LIKERT, 1932; HOLLNAGEL, 2018). Este tipo de questão fornece dados categóricos ordenados. Adicionalmente, conforme previsto em HOLLNAGEL (2018), outros tipos de questões podem ser usadas no método RAG, assim, para as questões 13, 14 e 15 usou-se o modelo de grade de múltipla escolha, o que permitiu, também, a obtenção de informações úteis para complementar as análises de cenário pelo FRAM.

O Anexo E apresenta a contribuição do resultado obtido pelas questões da Tabela 5.3.1 para a inferência da variabilidade na saída das funções do modelo FRAM, para a avaliação da resiliência organizacional e para o provimento de informações complementares. Cabe observar que no Anexo E as funções são identificadas pelos seus números (anteriormente apresentados na Tabela 5.2.3).

O questionário aplicado aos especialistas, que contempla as vinte e oito questões, encontra-se no Anexo F. Adicionalmente, com base em SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL (2019), o questionário tem sua validade assegurada por ter sido elaborado sobre o modelo usado pelo método RAG e com atenção para medir o que o estudo pretende. Acerca da consistência interna das respostas a um subgrupo de perguntas, usou-se o alfa de Cronbach, como é de praxe (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019; LAERD STATISTICS, 2015).

Assim, o Alfa de Cronbach aplicado ao questionário completo resultou em 0,898, o que denota uma evidência de que as questões são consistentes em medir a resiliência organizacional. Adicionalmente, o Alfa de Cronbach foi calculado para os grupos de questões relacionados a cada um dos quatro aspectos da resiliência organizacional (responder, monitorar, aprender e antecipar), como está apresentado na Tabela 5.3.1. Os valores apresentados, foram obtidos por meio do software IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 26 (LAERD STATISTICS, 2015), e podem ser considerados aceitáveis (VIEIRA, 2016).

Tabela 5.3.1 – Valores de Alfa de Cronbach para o questionário

Contexto de aplicação	Coefficiente Alfa de Cronbach
Questionário completo (questões 1 a 28)	0,898
Parte relacionada ao Potencial de Resposta (questões 1 a 15)	0,863
Parte relacionada ao Potencial de Monitoração (questões 16 a 19)	0,700
Parte relacionada ao Potencial de Aprendizado (questões 20 a 23)	0,667
Parte relacionada ao Potencial de Antecipação (questões 24 a 28)	0,703

Passo 2 – Seleção de especialistas. Foram selecionados 14 especialistas dos setores de coordenação, projeto e de licenciamento nuclear.

Passo 3 – Estabelecimento de contato com os especialistas. Foi realizada uma explanação sobre o estudo em andamento e a verificação do interesse do especialista em participar do estudo.

Passo 4 – Aplicação do questionário. Por meio de convite encaminhado por e-mail aos especialistas que se interessaram em participar do estudo em caráter voluntário. Com relação aos vieses citados em MEYER e BOOKER (2001), a obtenção da opinião de especialistas, por formulário via internet, provavelmente evitou a ocorrência de conformidade, por outro lado, não foi possível detectar a presença dos seguintes vieses: superficialidade, disponibilidade e ancoragem. Por fim, não foi detectada inconsistência na avaliação das respostas obtidas.

Passo 5 – Análise dos dados. A análise pelo método indireto compreendeu a agregação da opinião de 12 especialistas (taxa de retorno de 85,71%), que ocorreu conforme descrito a seguir. Assim como no método direto, adotaram-se pesos iguais para os especialistas pelos motivos anteriormente citados e por permitir a aplicação do questionário de forma a assegurar a anonimidade do respondente. A seguir apresentam-se em detalhes os critérios propostos para a inferência da variabilidade funcional.

5.3.1 – Questões de escala do tipo Likert de cinco pontos

A opinião dos respondentes para essas questões foi agregada por meio dos valores da mediana. O Anexo G apresenta os valores referentes às respostas dos respondentes, aos valores da mediana e da dispersão, calculado pelo IRQ (*interquartile range*) que é o valor da diferença entre o quartil inferior e o quartil superior (MONTGOMERY e RUNGER, 2002).

5.3.2 – Questões de grade de múltipla escolha

Similarmente ao critério adotado para as questões com escala do tipo Likert, para a Questão nº 13, que contribuiu com a inferência da potencial variabilidade na saída das funções, foi usado o critério de intervalos de valores da mediana apresentados na Tabela 4.3.2.1 para posterior determinação da contribuição na variabilidade. Observação: todos os respondentes indicaram suas respostas entre 1 a 5, e nenhum especialista respondeu “não sei” para a questão.

As Questões nº 14 e nº 15 não foram usadas para inferência da variabilidade, assim, não foi aplicado o critério de intervalos de mediana para esses dois itens do questionário. Os resultados obtidos para as questões de grade de múltipla escolha estão apresentados na Tabela 5.3.2.1 e na Tabela 5.3.2.2.

Tabela 5.3.2.1 – Respostas dos especialistas para as questões de grade de múltipla escolha nº 13 e nº 14

Questões do Tipo Likert de 5 pontos	Respostas	Mediana	Q1	Q3	IRQ (Q3 - Q1)
13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Recursos humanos]	2 1 3 3 3 2 3 2 3 4 2 3	3	2	3	1
13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Software]	3 2 3 3 4 4 3 3 3 3 4 4	3	3	4	1

13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Equipamentos]	4	2	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	1	
13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Instalações físicas (escritórios, etc.)]	4	3	4	3	5	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	1
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Recursos humanos]	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Software]	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	1
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Equipamentos]	4	3	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	1
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Instalações físicas (escritórios, etc.)]	4	2	4	3	4	2	5	3	4	4	4	4	4	4	3	4	1

Cabe observar que a Questão nº 15, que representa a opinião de cada respondente sobre quais recursos o especialista acredita que poderá ficar escasso ou faltar para cada entidade do modelo, foi a única pela qual foram obtidos dados categóricos que não são ordenados (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019).

Tabela 5.3.2.2 – Respostas dos especialistas para a questão de grade de múltipla escolha nº 15

Questões do Tipo Likert de 5 pontos	Respostas											
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de coordenação do empreendimento (Marinha)]	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Nenhum recurso	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto submarino (Marinha)]	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto das instalações de apoio em terra (Marinha)]	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento do submarino pela entidade (Marinha)]	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento das instalações de terra pela entidade (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear)]	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Software	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção do submarino (empresa)]	Nenhum recurso	Nenhum recurso	Recursos humanos	Recursos humanos	Equipamentos	Equipamentos	Equipamentos	Nenhum recurso	Nenhum recurso	Equipamentos	Recursos humanos	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção das instalações em terra (empresa)]	Nenhum recurso	Nenhum recurso	Nenhum recurso	Recursos humanos	outros	Equipamentos	Equipamentos	Nenhum recurso	Nenhum recurso	Equipamentos	Recursos humanos	Recursos humanos

Os resultados provenientes da Questão nº 15 foram avaliados por meio de percentuais, que estão apresentados na Tabela 5.3.2.3.

Tabela 5.3.2.3 – Percentuais da falta e escassez de recursos para as entidades

Entidade	Percentuais das opiniões dos especialistas sobre a falta ou escassez de recursos para cada entidade do modelo (dados da Questão nº 15)							
	Não sei	Nenhum	RH	Software	Equipamentos	Instalações Físicas	Outros	Total
Coordenação do empreendimento	8,33%	8,33%	75,00%	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Projeto submarino	0,00%	0,00%	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Projeto das instalações de apoio em terra	0,00%	0,00%	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
ASNN	0,00%	0,00%	91,67%	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
ASNT	0,00%	0,00%	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Construção do SNA	0,00%	33,33%	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	100,00%
Construção da IAT	0,00%	41,67%	25,00%	0,00%	25,00%	0,00%	8,33%	100,00%

5.3.3. Obtenção das variabilidades para as funções

Com base nos dados apresentados no Anexo G, e considerando as questões usadas na inferência de variabilidade (citadas no Anexo E) foi aplicada a regra apresentada na Tabela 4.3.1.3 da metodologia aos valores da mediana para a obtenção da potencial variabilidade referente a cada questão. A Tabela 5.3.3.1 apresenta esses resultados.

Tabela 5.3.3.1 – Contribuição das questões para a inferência da variabilidade na saída das funções

Questão	Valor da mediana	Variabilidade com relação ao tempo	Variabilidade com relação à precisão
Questão 3	4	Na hora	Preciso
Questão 5	4	Na hora	Preciso
Questão 9	4,5	Omissão na ação	Impreciso
Questão 12	3,5	Muito tarde	Aceitável
Questão 13-RH	3	Muito tarde	Aceitável
Questão 13-Soft	3	Muito tarde	Aceitável
Questão 13-Equip	3	Muito tarde	Aceitável
Questão 13-Esc	4	Na hora	Preciso
Questão 18	4	Na hora	Preciso
Questão 23	3,5	Muito tarde	Aceitável
Questão 26	4	Na hora	Preciso
Questão 28	4	Na hora	Preciso

Cabe observar que apenas a Questão nº 9 possui uma afirmação cuja concordância do especialista com a afirmação desfavorece a resiliência organizacional. Assim, para o resultado obtido por meio dessa questão, foi aplicada a regra da quarta coluna da Tabela 4.3.1.3. As demais questões citadas na Tabela 5.3.3.1 acima obedeceram à regra da terceira coluna da Tabela 4.3.1.3 da metodologia.

O Anexo H apresenta os resultados da agregação das variabilidades em relação ao tempo para cada função pela aplicação dos passos da metodologia (Tabela 4.2.1). Os resultados da agregação das variabilidades em relação à precisão encontram-se na Tabela 5.3.3.2.

Tabela 5.3.3.2 – Agregação da variabilidade em relação à precisão para cada função

Função	Contribuição das questões na composição da variabilidade em relação ao tempo		Combinação
(1) Elaborar projeto da IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(2) Elaborar projeto do SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(5) Construir a IAT	Impreciso (Q9)		Impreciso
(6) Construir o SNA	Impreciso (Q9)		Impreciso
(7) Propor Limites de Projeto	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(8) Propor limites para o licenciamento	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(9) Elaborar REM e RANS	Impreciso (Q9)		Impreciso
(10) Elaborar documento de interface com IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(11) Elaborar documento de interface com SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT	Impreciso (Q9)		Impreciso
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA	Impreciso (Q9)		Impreciso
(14) Estabelecer base de projeto IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso
(15) Estabelecer base de projeto SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Impreciso

(16) Adquirir equipamentos para IAT	Impreciso (Q9)				Impreciso
(17) Adquirir equipamentos para SNA	Impreciso (Q9)				Impreciso
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT	Preciso (Q28)				Preciso
(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA	Preciso (Q28)				Preciso
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Aceitável (Q13-RH)		Aceitável
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)	Aceitável (Q13-RH)		Aceitável
(22) Cumprir exigências do projeto da IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)			Impreciso
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)			Impreciso
(24) Gerenciar a Obtenção da INC	Preciso (Q3)	Preciso (Q18)	Aceitável (Q23)		Preciso
(25) Estabelecer um cronograma geral	Impreciso (Q9)				Impreciso
(26) Verificar a evolução dos projetos	Aceitável (Q12)				Aceitável
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q12)			Impreciso
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q13-Soft)	Aceitável (Q13-Equip)	Preciso (Q13-Esc)	Aceitável
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA	Impreciso (Q9)	Aceitável (Q13-Soft)	Aceitável (Q13-Equip)	Preciso (Q13-Esc)	Aceitável

5.4. Comparação entre as variabilidades obtidas pelos métodos direto e indireto

A Tabela 5.4.1 apresenta as variabilidades na saída de cada função, obtidas pelo método indireto, que consta da 2ª e 3ª colunas, e as variabilidades obtidas pelo método direto 4ª e 5ª colunas da referida tabela.

Tabela 5.4.1 – Variabilidades para cada função do modelo obtidas por ambos os métodos

Função	Variabilidade funcional pelo método indireto		Variabilidade funcional pelo método direto	
	Tempo	Precisão	Tempo	Precisão
(1) Elaborar projeto da IAT	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso

(2) Elaborar projeto do SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(5) Construir a IAT	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Aceitável
(6) Construir o SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Aceitável
(7) Propor Limites de Projeto	Muito tarde	Impreciso	Omissão	Impreciso
(8) Propor limites para o licenciamento	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Aceitável
(9) Elaborar REM e RANS	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(10) Elaborar documento de interface com IAT	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(11) Elaborar documento de interface com SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT	Muito tarde	Impreciso	Na hora	Preciso
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA	Muito tarde	Impreciso	Na hora	Preciso
(14) Estabelecer base de projeto IAT	Muito tarde	Impreciso	Na hora	Aceitável
(15) Estabelecer base de projeto SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Aceitável
(16) Adquirir equipamentos para IAT	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Aceitável
(17) Adquirir equipamentos para SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT	Muito tarde	Preciso	Muito tarde	Impreciso
(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA	Muito tarde	Preciso	Muito tarde	Impreciso
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Muito tarde	Aceitável	Muito tarde	Impreciso
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Muito tarde	Aceitável	Na hora	Impreciso
(22) Cumprir exigências do projeto da IAT	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Aceitável
(24) Gerenciar a Obtenção da INC	Na hora	Preciso	Omissão	Impreciso
(25) Estabelecer um cronograma geral	Na hora	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(26) Verificar a evolução dos projetos	Muito tarde	Aceitável	Omissão	Impreciso
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto	Muito tarde	Impreciso	Muito tarde	Impreciso
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT	Muito tarde	Aceitável	Muito tarde	Aceitável
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA	Muito tarde	Aceitável	Muito tarde	Aceitável

Por meio da chamada Análise Exploratória de Dados (TUKEY, 1977), os dados da Tabela 5.3.3.1 revelam que 60,34% das respostas se mostraram idênticas (sendo que 72,41% das variabilidades em relação ao tempo resultaram idênticas para ambos os

métodos, e 48,28% das variabilidades em relação à precisão foram idênticas) tanto para o método direto como para o método indireto.

Para verificar se a categoria de variabilidade depende do método usado para a sua obtenção foi aplicado o teste de independência do qui-quadrado (CONOVER, 1999). Para tanto, os dados foram arranjados na Tabela 5.4.2, que se trata de uma tabela de contingência 6 x 2 (CONOVER, 1999).

Tabela 5.4.2 – Tabela de contingência

	Na hora	Muito tarde	Omissão	Preciso	Aceitável	Impreciso	Total
Método Direto	4	22	3	2	9	18	58
Método Indireto	2	27	0	3	5	21	58
Total	6	49	3	5	14	39	116

Conforme CONOVER (1999), o valor de χ^2 é dado pela equação 5.4.1, onde O_{ij} é o valor observado da frequência para a classe j (na hora, muito tarde, omissão, precisão, aceitável e impreciso) referente à população i (método direto ou método indireto); e E_{ij} é o valor esperado, calculado conforme a equação 5.4.2, C_j é a soma dos valores observados para a classe j (calculado pela equação 5.4.4), e N é o somatório dos valores observados para a população i (n_i) (equação 5.4.4).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (\text{eq.5.4.1})$$

$$E_{ij} = \frac{n_i \cdot C_j}{N} \quad (\text{eq. 5.4.2})$$

$$N = \sum_{i=1}^2 n_i \quad (\text{eq. 5.4.3})$$

$$C_j = \sum_{i=1}^2 O_{ij} \quad (\text{eq. 5.4.4})$$

As premissas para a realização do teste de independência do qui-quadrado estão apresentadas a seguir:

- Os resultados das amostras devem ser mutuamente independentes (LAERD STATISTICS, 2016).
- Cada observação pode ser categorizada em classes (CONOVER, 1999).
- As contagens esperadas são maiores ou iguais ao valor 3; ou todas as células possuem contagens esperadas de valor igual ou maior do que 2 e 50% ou menos das células possuem contagens esperadas maiores ou iguais a 5 (MINITAB, 2020).

A última premissa foi violada por uma categoria que apresentou frequência nula, conforme a Tabela 5.4.2. Assim, de acordo com LAERD STATISTICS (2016) e MINITAB (2020), duas categorias foram colapsadas, e o teste de independência do qui-quadrado foi aplicado à tabela de contingência 5 x 2 resultante (Tabela 5.4.3).

Tabela 5.4.2 – Tabela de contingência colapsada (valores observados)

	Na hora	Muito tarde/Omissão	Preciso	Aceitável	Impreciso	Total
Método Direto	4	25	2	9	18	58
Método Indireto	2	27	3	5	21	58
Total	6	52	5	14	39	116

A hipótese nula (H_0) é que as variabilidades atribuídas a cada função independem do método usado para medi-las (direto ou indireto).

A hipótese alternativa (H_1) é que o método usado altera a variabilidade atribuída a cada função.

Foi considerado um nível de significância (α) de 5%. Apesar de diversos argumentos encontrados na literatura sobre a adoção de um valor particular para o nível de significância (e.g. a discussão apresentada por WASSERTEIN e LAZAR (2016)), esse valor foi adotado por ser típico (tal como citado em LAERD STATISTICS (2022)).

Considerando que o grau de liberdade (ν) é calculado pela multiplicação de C-1 por L-1, onde C é o número de colunas da tabela de contingência (igual a 5) e L é o número de linhas da tabela de contingência (igual a 2), ν é igual a 4.

Pela tabela da distribuição do χ^2 (qui-quadrado), o valor de χ^2 considerando v igual a 4 e α igual a 0,05 é 9,49 (MONTGOMERY e RUNGER, 2002).

Os valores observados (O_{ij}) constam da Tabela 5.4.2, e os valores esperados foram calculados conforme a equação 5.4.2, resultando na Tabela 5.4.3.

Tabela 5.4.3 – valores esperados

	Na hora	Muito tarde / Omissão	Preciso	Aceitável	Impreciso
Método Direto	3	26	2,5	7	19,5
Método Indireto	3	26	2,5	7	19,5

Com os dados observados da Tabela 5.4.2 e os valores esperados da Tabela 5.4.3, por meio de 5.4.1, calculou-se o valor de χ^2 , que resultou em 2,317, menor do que o valor tabelado de χ^2 (9,49). Isso significa que a associação entre o método de obtenção dos dados (direto ou indireto) não apresentou significância estatística pelo teste de independência do qui-quadrado. Assim, a hipótese nula (H_0) não pode ser rejeitada, o que significa que as variabilidades atribuídas à cada função independem do método usado para medi-las.

Conforme KATERI (2014), foi avaliada a força da associação pelo Coeficiente V de Cramer. COHEN (1988) apresenta a equação para a realização do cálculo (equação 5.4.5).

$$V = \sqrt{\frac{\frac{\chi^2}{n}}{\min(L - 1, C - 1)}} \quad (\text{eq. 5.4.5})$$

Considerando que:

- N é igual a 116 (conforme a Tabela 5.4.2)
- χ^2 é igual a 2,317

- O menor valor entre $C-1$ e $L-1$ é igual a 1 (onde C é o número de colunas da tabela de contingência (igual a 5) e L é o número de linhas da tabela de contingência (igual a 2))

O valor de V , calculado por meio da equação 5.4.5, é igual a 0,14134, o que indica uma relação fraca entre o método usado para se obter as variabilidades (MD ou MI) e as categorias de variabilidade observadas.

5.5. Análise pelo FRAM de um cenário do sistema para a obtenção da INC

Nessa parte está apresentada a análise de um cenário (*instantiation*) do modelo FRAM, que é um subconjunto de funções acopladas sob condições particulares, considerando-se um determinado período de tempo (HOLLNAGEL, HOUNSGAARD e COLLIGAN, 2014). Primeiramente apresenta-se a comparação entre as análises que usaram variabilidades obtidas pelo método direto e pelo método indireto. Em seguida, é apresentada a análise do modelo FRAM pelo método indireto com informações complementares obtidas pelo questionário.

5.5.1. Comparação entre as análises que usaram variabilidades obtidas pelo método direto e pelo método indireto

Como o FRAM é qualitativo em sua essência (PATRIARCA, 2021), esta seção apresenta uma comparação entre as análises considerando-se as variabilidades obtidas pelo método direto e pelo método indireto. Dessa forma, foi possível obter uma avaliação qualitativa na comparação entre os métodos.

O cenário do modelo FRAM da INC que foi analisado é mostrado na Figura 5.5.1.1, e engloba as funções nº 1, nº 2, nº 14, nº 15 e nº 27.

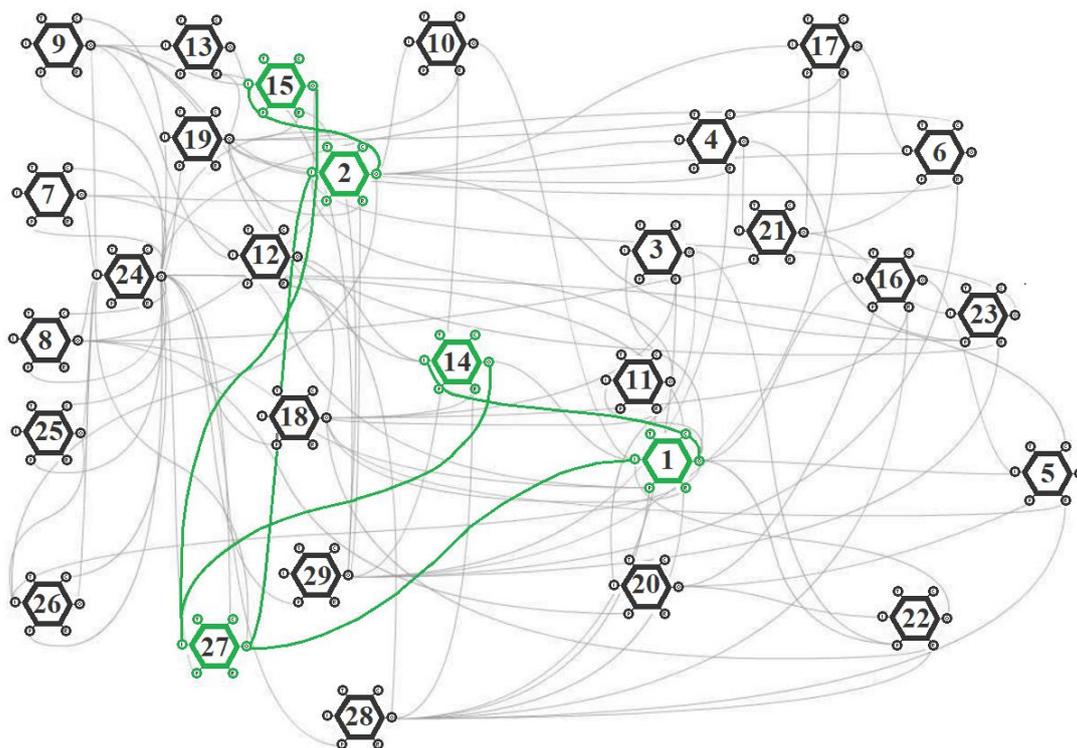


Figura 5.5.1.1 – Acoplamentos entre as funções do sistema de obtenção da INC

Em resumo, os produtos da função nº 14 e da função nº 15 são as bases do projeto para a IAT e o SNA, respectivamente. Além disso, essas bases de projeto são processadas pela função nº 27 para verificar possíveis inconsistências. Cada uma das bases de projeto e o relatório de verificação de consistência são enviados para as respectivas equipes de projeto da IAT e SNA (funções nº 1 e nº 2), e no caso de existirem ajustes a serem feitos nas bases de projeto, as funções nº 14 e nº 15 são executadas novamente.

Deve-se ter em mente que o INC é um modelo que pretende refletir um projeto inédito no Brasil, em que ambos os projetos (IAT e SNA) são conduzidos por equipes distintas, e a verificação da compatibilidade entre projetos, das bases de projeto e dos respectivos arcabouços normativos, é essencial para garantir a segurança nuclear global da futura instalação (INC).

A Tabela 5.5.1.1 mostra as variabilidades de saída para as funções analisadas nessa instanciação (de acordo com a simbologia apresentada na Seção 3.1.4.3 deste trabalho) para as variabilidades obtidas pelo método direto (MD) e pelo método indireto (MI).

Tabela 5.5.1.1 – Comparação entre ambas as análises para as variabilidades obtidas pelo método direto e indireto

			(1)	(2)	(14)	(15)	(27)
			Elaborar projeto da IAT	Elaborar projeto do SNA	Estabelecer base de projeto IAT	Estabelecer base de projeto SNA	Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto
Método Direto	Variabilidade na saída	Tempo Precisão	Muito tarde Impreciso	Omissão Impreciso	Na hora Aceitável	Muito tarde Impreciso	Muito tarde Impreciso
	Acoplamento saída / entrada	Tempo Precisão	V+ V+	V+ V+	V- V=	V+ V+	V+ V+
Método Indireto	Variabilidade na saída	Tempo Precisão	Muito tarde Impreciso	Muito tarde Impreciso	Muito tarde Impreciso	Muito tarde Impreciso	Muito tarde Impreciso
	Acoplamento saída / entrada	Tempo Precisão	V+ V+	V+ V+	V- V+	V+ V+	V+ V+
Comparação entre as variabilidades		Tempo Precisão	Igual Igual	Igual Igual	Igual Diferente	Igual Igual	Igual Igual

Constatou-se que houve diferenças na categorização das variabilidades quanto ao tempo da função nº 2 (modelo A: 'omissão' e modelo B: 'tarde demais') e quanto ao tempo e precisão da função nº 14 (modelo A: 'on tempo' / 'aceitável' e modelo B: 'tarde demais' / 'impreciso'). Observando o efeito na propagação da variabilidade devido aos acoplamentos saída/entrada ('V-', 'V=' ou 'V+') para ambos os modelos, apenas uma diferença no acoplamento saída/entrada da função nº 14, referente à precisão, foi encontrado.

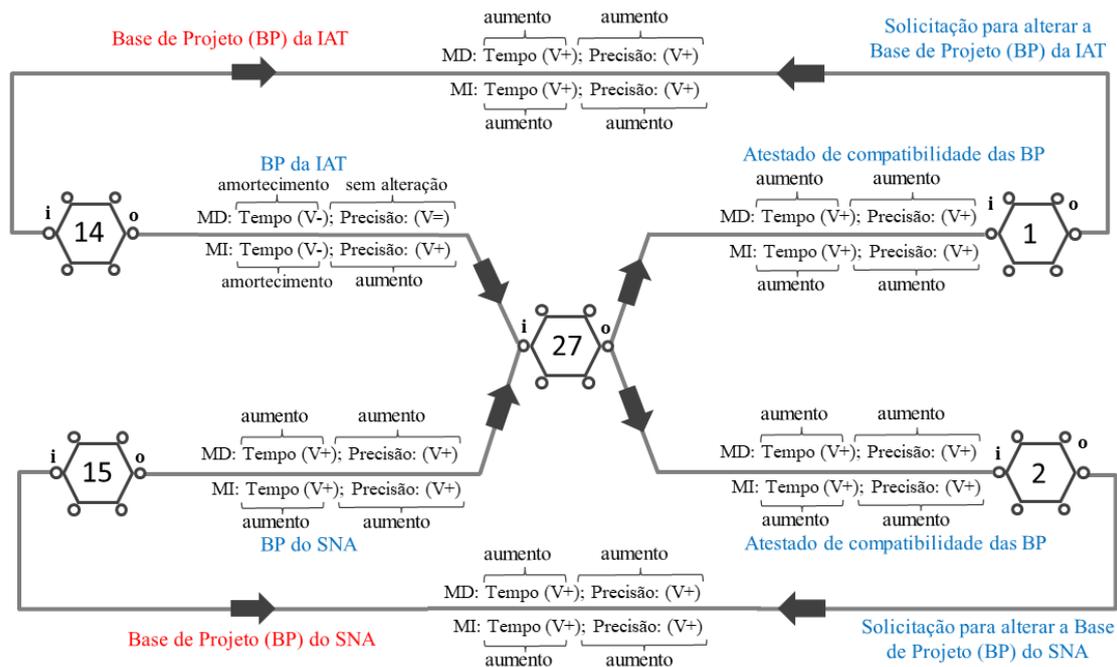


Figura 5.5.1.2 - Propagação de variabilidade das funções sob análise

Apesar dos dois modelos apresentarem resultados diferentes na propagação da variabilidade no acoplamento entre a função nº 14 (a montante) e a função nº 27 (a jusante), as variabilidades dos próximos acoplamentos entre os seguintes pares de funções: (nº 15, nº 27); (nº 27, nº 1); (nº 27, nº 2); (nº 1, nº 14); e (nº 2, nº 14) apenas aumentam a variabilidade nesta instânciação, como mostra a Figura 5.5.1.2. Assim, a diferença encontrada acarreta um efeito pequeno nos resultados globais porque os efeitos das variabilidades nos diversos acoplamentos entre as funções sobrepõem-se uns aos outros.

5.5.2. Análise FRAM considerando informações complementares

O uso do método indireto, feito por meio de um questionário adaptado do método RAG proveu informações complementares, além daquelas usadas para o cômputo das variabilidades e para a análise da resiliência organizacional. Nesta parte, apresenta-se a análise do mesmo cenário da seção anterior, considerando as informações adicionais, que constam da Tabela 5.5.2.1.

Nessa tabela são apresentados valores da mediana para as questões de múltipla escolha (cujos dados são do tipo categóricos ordinais) e a moda para a questão nº 15, que usou grade de múltipla escolha (e forneceu dados categóricos nominais).

Tabela 5.5.2.1 – Itens do questionário que fornecem informações complementares e respectivas medianas e modas das respostas obtidas

Declarações do questionário	Mediana	Moda
4. A divulgação de um cronograma geral de atividades do empreendimento entre as entidades afetaria a previsão de possíveis eventos (favoráveis ou adversos) feita por cada uma delas.	5	-
6. O estabelecimento da interface entre os projetos do submarino e das instalações em terra (e.g. estruturas, sistemas e componentes) afetaria a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como elaboração de projetos e avaliação de segurança.	5	-
7. A verificação da compatibilidade entre as bases de projeto usadas pelas equipes de projeto (do submarino e das instalações em terra) entre as entidades do empreendimento poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	-
8. A adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	-
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Recursos humanos]	5	-
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Software]	4	-
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Equipamentos]	4	-
14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Instalações físicas (escritórios, etc.)]	4	-
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de coordenação do empreendimento (Marinha)]	-	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto submarino (Marinha)]	-	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto das instalações de apoio em terra (Marinha)]	-	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento do submarino pela entidade (Marinha)]	-	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento das instalações de terra pela entidade (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear)]	-	Recursos humanos
15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção do submarino (empresa)]	-	Equipamentos

15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção das instalações em terra (empresa)]	-	Nenhum recurso
--	---	----------------

Considerando o cenário apresentado na Figura 5.5.1.1, a função nº 1 e a função nº 2 produzem os documentos de projeto sobre as bases do projeto para a IAT e o SNA que são desenvolvidas pelas funções nº 14 e nº 15 e têm sua consistência verificada pela função nº 27. A importância de tal verificação foi suportada pelos respondentes, conforme observado no valor da mediana do item 7 do questionário (igual a 5). Ainda, conforme informações da Figura 5.5.1.2, a ocorrência de variabilidade na saída da função nº 27 acarreta o aumento de variabilidade (na precisão e no tempo) no acoplamento com a entrada da função nº 1 e da função nº 2 (tanto pelo método direto quanto pelo método indireto).

No caso de existirem ajustes a serem feitos nas bases de projeto, que foram identificados durante o desenvolvimento do projeto (funções nº 1 e nº 2), esses podem ser encaminhados para as funções nº 14 e nº 15, que realizam os ajustes para produzir bases de projeto atualizadas. Tais ajustes podem decorrer de falta de informação na época em que a base de projeto foi estabelecida, e de acordo com o valor da mediana do item 8 do questionário (igual a 5), os respondentes concordam plenamente que a adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento, poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

A falta de detalhamento nas informações entre a elaboração de projeto e o estabelecimento de base de projeto pode acarretar o surgimento de variabilidade. A ocorrência de variabilidade na saída da função nº 15 acarreta aumento de variabilidade (na precisão e no tempo) no acoplamento com a entrada da função nº 27. Ainda, o surgimento de variabilidade na saída da função nº 14 acarreta um amortecimento em relação ao tempo no acoplamento com a função nº 27 (tanto pelo método direto quanto pelo método indireto). Em relação à precisão, pelo método direto, a variabilidade da precisão não sofre alteração, mas pelo método indireto, sofre aumento no acoplamento entre a função nº 14 e a função nº 27.

Da mesma forma, os respondentes concordam plenamente que o estabelecimento da interface entre os projetos do SNA e da IAT afetaria a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como a elaboração de projetos e a avaliação de segurança (conforme o valor da mediana do item 6, que é igual a 5).

Dentre os diversos recursos necessários para o cumprimento das funções (e.g. softwares, equipamentos, instalações físicas), os recursos humanos foram considerados os mais importantes para o sucesso do empreendimento, conforme o item 14 do questionário (mediana igual a 5), e segundo a moda do item 15 do questionário, os recursos humanos são os mais suscetíveis de faltar ou sofrer escassez tanto na coordenação como nas entidades de projeto e licenciamento.

5.6. Análise da resiliência organizacional do sistema para obtenção da INC

A Tabela 5.6.1 apresenta, de forma sucinta, somente os resultados dos valores da mediana para os itens do questionário que contribuiram para a avaliação da resiliência organizacional do sistema de obtenção da INC (apresentados de forma detalhada no Anexo G).

Tabela 5.6.1 – Valores da mediana para os aspectos dos potenciais de resiliência organizacionais

Questão	Potencial	Aspecto	Mediana
1	Potencial de responder	Lista de Eventos_1	5
2	Potencial de responder	Lista de Eventos_2	5
3	Potencial de responder	Lista de Eventos_3	4
10	Potencial de responder	Relevância da Lista de Eventos	4
11	Potencial de responder	Conjunto de respostas	5
12	Potencial de responder	Capacidade de resposta	3,5
16	Potencial de monitorar	Lista de indicadores_1	5
17	Potencial de monitorar	Lista de indicadores_2	4
18	Potencial de monitorar	Lista de indicadores_3	4
19	Potencial de monitorar	Relevância	4
20	Potencial de aprender	Base de aprendizado	5
21	Potencial de aprender	Estilo de aprendizado_1	4,5
22	Potencial de aprender	Responsabilidade	4
23	Potencial de aprender	Estilo de aprendizado_2	3,5
24	Potencial de antecipar	Cultura organizacional_1	4
25	Potencial de antecipar	Cultura organizacional_2	4
26	Potencial de antecipar	Frequência	4
27	Potencial de antecipar	Expertise	5
28	Potencial de antecipar	Comunicação	4

Conforme previsto em HOLLNAGEL (2018), a seguir estão representados os quatro polígonos desenhados sobre um gráfico tipo radar e que representam os quatro potenciais de resiliência (Figura 5.6.1, Figura 5.6.2, Figura 5.6.3 e Figura 5.6.4). Em

decorrência da adaptação ao contexto em que foi aplicado o RAG, e considerando que o comprimento do questionário pode causar comprometimento na taxa de retorno (SAUNDERS, LEWIS e THORNHILL, 2019), nem todos os oito aspectos foram avaliados. Assim, em vez de octógonos, o formato variou conforme o número de aspectos avaliados.

Pela análise visual da Figura 5.6.1, o polígono formado compreende uma grande área em relação à área total do gráfico, o que denota um razoável potencial de resposta a eventos adversos e favoráveis por parte do sistema (HOLLNAGEL, 2018). Em relação à forma irregular do polígono, o valor da mediana, calculado com base na opinião dos respondentes, acerca do aspecto ‘capacidade de resposta’ (3,5) indica que não houve concordância nem discordância acerca de que todas as entidades do empreendimento teriam recursos adequados para desenvolver as suas atividades.

Acerca do aspecto ‘relevância da lista de eventos’, verifica-se, pelo valor da mediana, que os respondentes concordam (mas não concordam plenamente) que a verificação da relevância dos eventos identificados ocorrerá de forma regular e sem interrupções ou percalços.

Quanto ao aspecto ‘lista de eventos_3’, constata-se, também pelo valor da mediana, que os respondentes concordam (mas não concordam plenamente) que a identificação de eventos ocorrerá de forma regular e sem interrupções ou percalços.

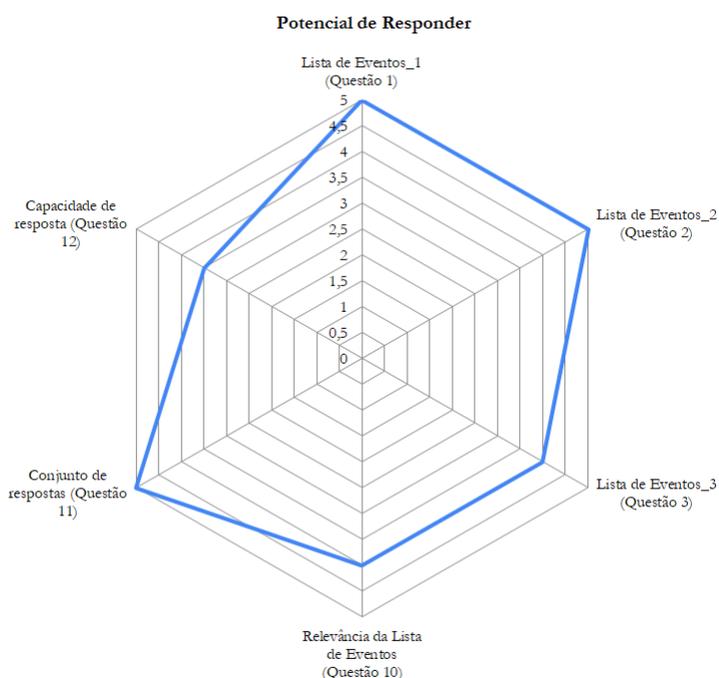


Figura 5.6.1 – Potencial de resposta do sistema de obtenção da INC

Quanto ao potencial de monitorar, a Figura 5.6.2 apresenta um quadrilátero que compreende uma grande área em relação à área total do gráfico, o que denota, assim como no potencial de responder, um potencial de monitorar razoável, o que indica que o sistema terá, conforme a opinião dos especialistas, condições de acompanhar o que pode afetar o desempenho da organização (HOLLNAGEL, 2018). A forma irregular do polígono decorre do valor da mediana sobre a opinião dos respondentes acerca do aspecto ‘lista de indicadores_1’ (5), pela qual se constatou que houve plena concordância de que o uso de indicadores de desempenho por parte de cada entidade do sistema pode contribuir para o sucesso do empreendimento. Com relação ao aspecto ‘lista de indicadores_2’, o valor da mediana (4) indica que os respondentes concordam (mas não plenamente) que o compartilhamento de informações sobre os indicadores entre as entidades pode contribuir para o sucesso do empreendimento. Sobre o aspecto ‘lista de indicadores_3’, o valor da mediana (4) denota que os respondentes concordam (mas não plenamente) que o compartilhamento de informações sobre os indicadores entre as entidades pode ocorrer de forma regular, sem interrupções ou percalços, tal como a realização de reuniões para verificar a relevância dos indicadores (aspecto ‘relevância’, cujo valor da mediana é 4).

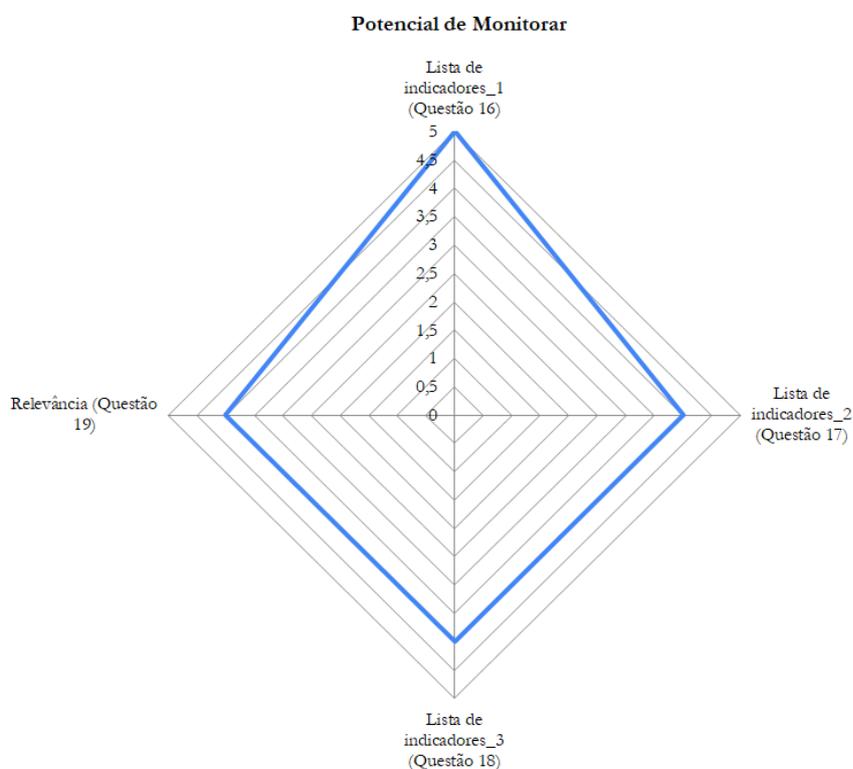


Figura 5.6.2 – Potencial de monitoração do sistema de obtenção da INC

O potencial de aprender, que denota, conforme HOLLNAGEL (2018), o preparo da organização para aprender com a sua própria experiência, é apresentado pela Figura 5.6.3. Da mesma forma que as figuras anteriores, o quadrilátero compreende uma grande área em relação à área total do gráfico, o que denota um razoável potencial de aprender. A forma irregular do polígono decorre de diferentes valores de mediana que correspondem aos vértices. O valor da mediana sobre a opinião dos respondentes acerca do aspecto ‘base de aprendizado’ (5), indica que houve plena concordância de que a elaboração de uma lista de lições aprendidas pode contribuir para o sucesso do empreendimento. Com relação ao aspecto ‘estilo de aprendizado_1’, o valor da mediana (4,5) pode ser interpretado como uma concordância quase plena dos respondentes de que o compartilhamento de lições aprendidas entre as entidades pode contribuir para o sucesso do empreendimento. Sobre o aspecto ‘responsabilidade’, o valor da mediana (4) denota que os respondentes concordam que as reuniões para a discussão das lições aprendidas ocorrerão conforme estabelecido pela entidade de coordenação do empreendimento. Acerca do aspecto ‘estilo de aprendizado_2’, o valor da mediana (3,5) pode ser interpretado como uma quase concordância por parte dos respondentes de que o compartilhamento das lições aprendidas ocorrerão de forma regular e sem interrupções.

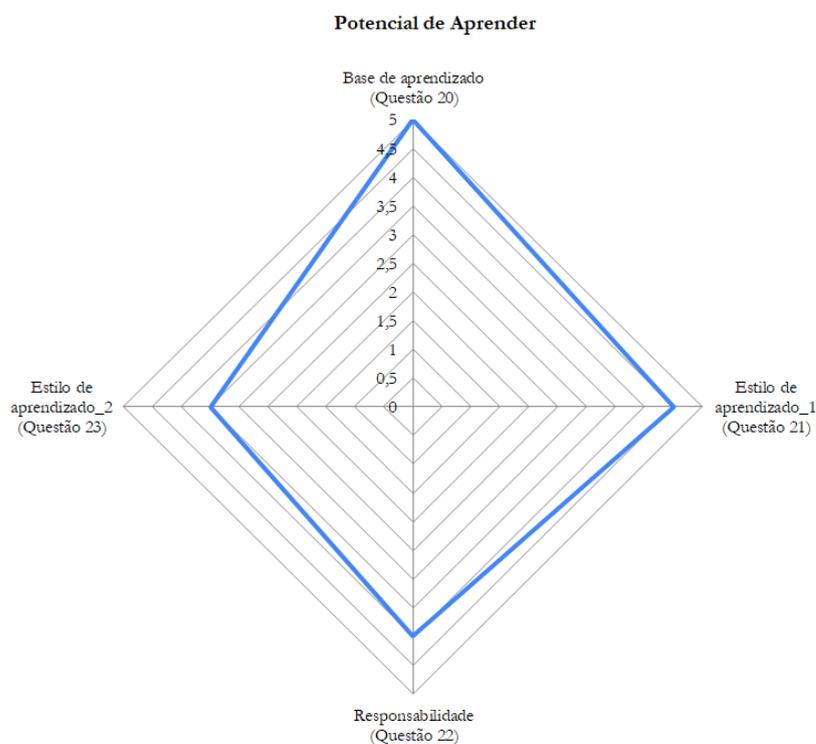


Figura 5.6.3 – Potencial de aprendizado do sistema de obtenção da INC

Quanto ao potencial de antecipar, a Figura 5.6.4 apresenta o polígono que abrange uma grande área em relação à área total do gráfico, o que denota, com base na opinião dos respondentes, uma capacidade de prever futuros eventos e demandas que poderão ocorrer (HOLLNAGEL, 2018). A forma irregular do polígono decorre do valor da mediana sobre a opinião dos respondentes acerca do aspecto ‘expertise’ (igual a 5), pela qual constatou-se que houve plena concordância de que o compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações entre as entidades (a fim de garantir uma continuidade no desenvolvimento das atividades no futuro) poderá contribuir com o sucesso do empreendimento. Com relação aos demais aspectos, o valor da mediana para cada um dos demais aspectos é o mesmo (igual a 4), o que indica que os respondentes concordam (mas não plenamente) que:

- A realização de projeções para o futuro, a ser feita por cada entidade, poderá contribuir para o sucesso do empreendimento (aspecto ‘cultura organizacional_1’);
- O compartilhamento de informações sobre projeções para o futuro entre todas as entidades do projeto poderá contribuir para o sucesso do empreendimento (aspecto ‘cultura organizacional_2’);
- O compartilhamento de Informações sobre as projeções para o futuro entre as entidades do empreendimento ocorrerá de maneira regular, sem interrupções ou percalços (aspecto ‘frequência’);
- O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações ocorrerá de maneira regular, sem interrupções ou percalços (aspecto ‘comunicação’).

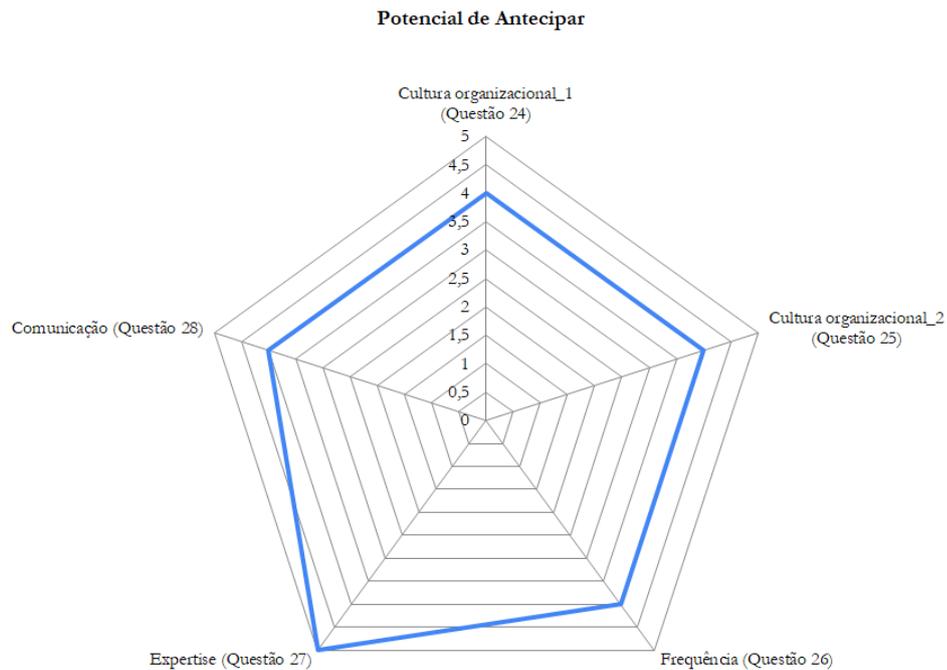


Figura 5.6.4 – Potencial de antecipação do sistema de obtenção da INC

Considerando que o caminho rumo a uma organização resiliente inicia-se com a capacidade organizacional de responder e monitorar e termina com a capacidade de responder, monitorar, aprender e antecipar (HOLLNAGEL, 2014c), e que os valores da mediana igual ou superior a 4 para cada aspecto analisado pode ser considerado aceitável, a análise mostra que o sistema quase alcança o final da trajetória de uma organização resiliente, de acordo com a opinião dos respondentes. Os resultados visuais são razoáveis, entretanto, existem pontos a serem aprimorados, como a disponibilidade de recursos para o desenvolvimento das atividades necessárias (medido pela ‘capacidade de resposta’); e a regularidade no compartilhamento das lições aprendidas entre as entidades que participam do empreendimento (medido pelo aspecto ‘estilo de aprendizado_2’).

5.7. Combinação dos resultados das análises RAG e FRAM do sistema para a obtenção da INC

A análise pelo método RAG ocorreu por meio da avaliação dos quatro potenciais de resiliência organizacional, adaptados para o contexto, conforme previsto em HOLLNAGEL (2018), e abrange toda a organização sem considerar os detalhes do modelo do sistema (LINHARES, MAIA e FRUTUOSO E MELO, 2021). A análise

FRAM, que aborda o sistema considerando o fenômeno da ressonância funcional (PATRIARCA, 2021) abrangeu o cenário que envolveu o subconjunto de funções apresentadas na Figura 5.5.1.1 e considerou a análise apresentada na Seção 5.5.2, que usou as variabilidades obtidas pelo método indireto (citadas na Tabela 5.4.1). Os trechos referentes às análises RAG e FRAM encontram-se destacados no início de cada parágrafo para que o leitor possa identificá-los ao longo do texto.

Trecho FRAM: as variabilidades computadas pelas funções envolvidas no cenário em questão estão associadas à quase plena concordância dos especialistas de que haverá falta de informação ou detalhamento nos documentos emitidos que afeta as atividades a serem desenvolvidas (avaliada pelo item nº 9 do questionário, cujo valor da mediana é 4,5) e encontram-se associadas ao médio nível de concordância dos especialistas de que os recursos adequados estarão disponíveis para que se cumpram as tarefas ao longo do tempo (avaliada pelo item nº 12 do questionário, cujo valor da mediana é 3,5). Esse último item também contribuiu com o baixo valor do aspecto ‘capacidade de resposta’, o menor valor do potencial de responder.

Trecho RAG: a possível falta de recurso também pode ser adicionada à lista de eventos, cujos especialistas consultados acreditam que pode contribuir para o sucesso do empreendimento (item nº 1 / mediana igual a 5) e para o potencial de responder.

Trecho FRAM: a função nº 1 e a função nº 2 (vide Figura 5.5.1.1) produzem os documentos de projeto sobre as bases do projeto para a IAT e o SNA que são desenvolvidas pelas funções nº 14 e nº 15 e têm a sua consistência verificada pela função nº 27. A importância de tal verificação foi suportada pelos respondentes, conforme observado no valor da mediana do item nº 7 do questionário (igual a 5), é acentuada pela opinião dos respondentes de que haverá falta de informação e detalhamento em documentos emitidos (item nº 9 – mediana igual a 4,5). Assim, a entidade de coordenação deve ter atenção ao evento ‘existência de bases de projeto inconsistentes’ (cuja ação de resposta seria dobrar a atenção quanto à verificação da consistência entre as bases de projeto que serão adotadas por ambas as equipes).

Trecho RAG: o evento do parágrafo anterior pode ser incluído na lista de eventos. Quanto à regularidade na identificação dos eventos ao longo do empreendimento, os especialistas concordam que isso possa ocorrer de forma regular e sem interrupções (item nº 3 / mediana igual a 4). Acerca do potencial de monitorar, os especialistas concordaram plenamente que o uso de indicadores de desempenho pode contribuir com o sucesso do empreendimento (item nº 16 / mediana 5) e concordam em menor grau que isso ocorrerá

de forma regular (item nº 18 / mediana 4). Assim, podem ser criados indicadores para registrar a ocorrência de inconsistências nas bases de projeto.

Trecho FRAM: no caso de existirem ajustes a serem feitos nas bases de projeto, que foram identificados durante o desenvolvimento do projeto (funções nº 1 e nº 2), as solicitações são encaminhadas para as funções nº 14 e nº 15, que realizam os ajustes para produzir bases de projeto atualizadas. Ajustes podem decorrer de falta de informação na época em que a base de projeto foi estabelecida, e de acordo com o valor da mediana do item nº 8 do questionário (igual a 5), os respondentes concordam plenamente que adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.

Trecho RAG: o evento comentado acima pode ser inserido na lista de eventos para o aperfeiçoamento do potencial de responder do empreendimento.

Trecho FRAM: da mesma forma, os respondentes concordam plenamente que o estabelecimento da interface entre os projetos do SNA e da IAT afetará a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como a elaboração de projetos e avaliação de segurança (conforme valor da mediana do item 6, que é igual a 5).

Trecho RAG: em continuação à discussão do parágrafo acima, para contribuir para o aprimoramento do potencial de responder do sistema, pode ser incluído na lista de eventos a possível ocorrência de falha de comunicação entre as equipes.

Trecho FRAM: dentre os diversos recursos necessários para o cumprimento das funções (e.g. softwares, equipamentos, instalações físicas), os recursos humanos foram considerados os mais importantes para o sucesso do empreendimento, conforme o item nº 14 do questionário (mediana igual a 5), e segundo a moda do item nº 15 do questionário, os recursos humanos são os mais suscetíveis de faltar ou sofrer escassez tanto na coordenação como nas entidades de projeto e licenciamento.

Trecho RAG: As informações referentes à possível falta de recursos, principalmente aquelas relacionadas à força de trabalho, deveriam constar de uma lista de eventos a ser elaborada, tal como os demais possíveis eventos supramencionados.

Rumo a um sistema resiliente (conforme HOLLNAGEL (2014c)), com relação ao potencial de aprender, os resultados desta análise e as ocorrências ao longo do tempo poderiam compor um conjunto de lições aprendidas, cuja importância da criação e de seu compartilhamento entre as entidades é suportada pela opinião dos especialistas (respectivamente pelo item nº 20 / mediana igual a 5, e pelo item nº 21 / mediana igual a

4,5). Porém, os especialistas não concordam totalmente que o compartilhamento das lições aprendidas entre as entidades do sistema ocorra de forma regular (item nº 23 / mediana igual a 3,5). Assim, tanto a criação de um conjunto de lições aprendidas como a possível irregularidade no compartilhamento dessas são eventos que podem compor a lista de eventos.

Em relação ao potencial de antecipar, os especialistas concordam plenamente que o compartilhamento de informações sobre a necessidade e qualificação da futura força de trabalho entre as entidades é importante para o sucesso do empreendimento de obtenção da INC (item nº 27 / mediana igual a 5). Os especialistas concordam em menor grau que o compartilhamento de tais informações ocorrerá de modo regular (item nº 28 / mediana igual a 4). Adicionalmente, a elaboração de um procedimento para realizar as previsões e o compartilhamento pode constar da lista de eventos.

Trecho FRAM: as variabilidades nas saídas das funções acima discutidas e nos acoplamentos entre elas (apresentados na Tabela 5.4.1.1) podem causar o fenômeno de ressonância funcional, que ocorre pela amplificação da variabilidade. Para ilustração, menciona-se o circuito formado pela saída da função nº 1 (solicitação de alteração da base de projeto) que é entrada da função nº 14, passa pela verificação de compatibilidade (função nº 27) e retorna para a função nº 1. Nesse circuito, uma nova solicitação de alteração de base de projeto (saída da função nº 1) pode sofrer com as variabilidades acumuladas e adicionar outra variabilidade. Dessa forma o sistema pode sair do controle.

Como visto acima, ambas as análises podem complementar-se e auxiliar a detectar pontos de atenção no sistema.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema sociotécnico complexo de obtenção de uma instalação nuclear combinada (INC) foi modelado com o uso do Método de Análise de Ressonância Funcional (FRAM), e as variabilidades na saída de cada função do sistema foram obtidas pelos aqui denominados e apresentados métodos direto e indireto.

Para ambos os métodos supracitados, a descrição das funções organizacionais e de seus acoplamentos ocorreu por meio de pesquisa bibliográfica ostensiva. Contudo, as variabilidades na saída das funções do modelo, pelo método direto (MD), foram obtidas por meio de entrevistas *in loco*, tal como previsto no FRAM.

A inovação apresentada pelo aqui proposto método indireto (MI), reside no fato das variabilidades na saída das funções terem sido obtidas por meio da aplicação de um questionário adaptado do método da Grade de Análise de Resiliência (RAG) aos especialistas que foram voluntários em fornecer suas opiniões. Dentre as vantagens do método indireto pode-se mencionar que os especialistas não precisam ter conhecimento das funções do modelo FRAM e de seus acoplamentos para fornecer suas respostas; o questionário pode ser aplicado via internet, em caráter voluntário e anônimo a um baixo custo; a aplicação via internet pode ser crucial no caso de entrarem em vigor políticas de isolamento social; pelo uso do método indireto, pode-se obter dados para análise da resiliência organizacional e de informações complementares de interesse para a análise.

Foi realizada a comparação entre as variabilidades obtidas pelo MD e pelo MI, em cumprimento ao objetivo principal da pesquisa. Por meio da análise exploratória de dados, onde se pôde constatar que 60,34% das variabilidades se mostraram idênticas (sendo que 72,41% das variabilidades em relação ao tempo resultaram idênticas para ambos os métodos, e 48,28% das variabilidades em relação à precisão foram idênticas) para ambos os métodos. Pela aplicação do teste de independência do qui-quadrado, a hipótese de que as categorias de variabilidade eram independentes do método usado para obtê-las não pôde ser rejeitada ($\chi^2(4) = 2,317$ para α igual a 5%). Pelo cálculo do coeficiente V de Cramer, constatou-se uma associação fraca ($V = 0,14134$) entre o método usado e as categorias de variabilidade obtidas.

Em cumprimento aos objetivos secundários do estudo, foi realizada a comparação entre o uso das variabilidades obtidas pelos métodos direto e indireto para um cenário particular do modelo FRAM da INC, que englobou um conjunto de cinco funções acopladas. O resultado mostrou a ocorrência de uma divergência entre a propagação de

variabilidade no acoplamento de duas funções (nº 14 e nº 27). Porém, tal diferença acarreta um efeito pequeno no resultado final da análise da instanciação por conta da sobreposição de efeitos acarretados pelas variabilidades nos outros acoplamentos.

As informações complementares, obtidas pelo método indireto e que merecem destaque, estão abaixo relacionadas e se referem aos pontos nos quais os respondentes concordam plenamente:

- A adoção de medidas para evitar a emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.
- O estabelecimento da interface entre os projetos do SNA e da IAT afetaria a identificação de possíveis eventos que podem ocorrer ao longo de atividades como a elaboração de projetos e a avaliação de segurança.
- Os recursos humanos foram considerados os mais importantes para o sucesso do empreendimento, e também são os recursos mais suscetíveis de sofrer escassez.

Ressalta-se que os resultados obtidos são válidos para o contexto do empreendimento de obtenção de uma instalação nuclear combinada, que é formada por um submarino nuclear de ataque e de sua instalação de apoio em terra.

Para estudo futuro são feitas as seguintes sugestões: pode ser feita a comparação entre os dois métodos para outros contextos como desdobramento deste trabalho de pesquisa; pode-se estender a aplicação do método indireto para as funções humanas e tecnológicas (além das funções organizacionais usadas no presente estudo); e em maior grau de detalhe, os itens do questionário podem ser elaborados com o uso de outros tipos de escala para medir a opinião dos respondentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M.A.B., FRUTUOSO, P.F., FONSECA, R.A., “A Critical review of methods and models for evaluating organizational factors in Human Reliability Analysis”, *Progress in Nuclear Energy*, v. 75 (Abr), pp. 25-41, 2014.
- BRASIL. Marinha do Brasil. *Programa de Submarinos*, 2021a. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/programas-estrategicos/prosub>>. Acesso em: 05 jan. 2022.
- BRASIL. Marinha do Brasil. *COGESN e Parceiros*, 2021b. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/prosub/parceiros>>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- BRASIL. Marinha do Brasil. *Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - Missão*, 2021c. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/ctmsp/missao>>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- BRASIL. Diário Oficial da União. *Lei nº 14.222 de 15 de outubro de 2021*, 2021d. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.222-de-15-de-outubro-de-2021-352709951>>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- BRASIL. Marinha do Brasil. *Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade – Carta de Serviços*, 2021e. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dgdntm/sites/www.marinha.mil.br/dgdntm/files/arquivos/carta_svc_agnsnq_0.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- BRASIL. Marinha do Brasil. *Estaleiros e Base Naval*, 2020a. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/prosub/estaleiro-e-base-naval>>. Acesso em: 09 fev. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. *Setor nuclear*, 2020b. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ciencia-e-tecnologia/setores-estrategicos/setor-nuclear>>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- BRASIL. Secretaria-Geral -Subchefia para Assuntos Jurídicos da Presidência da República. *Lei nº 13.976 de 07 de janeiro de 2020*, 2020c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L13976.htm>. Acesso em: 18 mai. 2020.
- BRASIL. Marinha do Brasil. *Diretoria de Comunicações e Tecnologia da Informação da Marinha - Boletim de Ordens e Notícias Especial Geral nº 109 – Ordem do Dia nº 01/2018 de 05 de fevereiro de 2018*. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

- BRASIL. Marinha do Brasil. *Estado-Maior da Armada - Normas para Logística de Material – EMA-420*. Rio de Janeiro, RJ, 2002.
- BRIDGES, K.E., CORBALLIS, P.M., HOLLNAGEL, E., “Failure-to-Identify” Hunting Incidents: A Resilience Engineering Approach”, *Human Factors*, v. 60 (Mar), n 2, p 141–159, 2018.
- BRITANNICA. *U.S. Department of Defense - United States Government*, 2020. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/US-Department-of-Defense>>. Acesso em: 16 mai. 2020.
- BUSH, C., *Heinrich’s Local Rationality: Shouldn’t New View Thinkers Ask Why Things Made Sense To Him?*, Tese de Doutorado, Universidade de Lund, Lund, Suécia, 2018.
- CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Glossário do Setor Nuclear e Radiológico Brasileiro*, 2020. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/glossario.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2021.
- CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *CNEN e Marinha assinam protocolo de intenções para cooperação mútua no licenciamento e segurança na área de propulsão nuclear*, 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/ultimas-noticias/cnen-e-marinha-assinam-protocolo-de-intencoes-para-cooperacao-mutua-no-licenciamento-e-seguranca-na-area-de-propulsao-nuclear>>. Acesso em: 08 mai. 2022.
- CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Quem somos*, 2015. Disponível em: <<http://antigo.cnen.gov.br/quem-somos>>. Acesso em: 08 dez. 2021.
- CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Licenciamento de Instalações Nucleares – CNEN NE 1.04*, 2002. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm104.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- CLEMEN, R.T., “Comment on Cooke’s classical method”, *Reliability Engineering System Safety*, 93(5), pp.760–765, 2008.
- CLEMEN, R.T., REILLY, T., *Making Hard Decisions with Decision Tools*. Pacific Grove, CA, Duxbury Press, 2000.
- COHEN, J., *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. New York: Psychology Press, 1988.
- CONOVER, W.J., *Practical Nonparametric Statistics*. 3 ed. Wiley, 1999.

- COOKE, R.M., *Experts in Uncertainty – Opinion and Subjective Probability Science*. Oxford Press, 1991.
- DANTAS, V. CTMSP amplia estrutura do Centro Experimental de Aramar. *Brasil Nuclear*, v. 25, n. 49, pp. 16-17. 2018. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/Arquivos/603/603.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- DIAS, R.C.B., 2007, *Método Delphi: uma descrição de seus principais conceitos e características*. Monography. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www2.eca.usp.br/pospesquisa/monografias/rita%20dias%20maio.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2021.
- DÖRING, M., *Effect Sizes: Why Significance Alone is Not Enough*, 2018. Disponível em: <https://www.datascienceblog.net/post/statistical_test/effect_size/> Acesso em: 13 abr. 2022
- EUROCONTROL. European Organisation for the Safety of Air Navigation. *A White Paper on Resilience Engineering for ATM – Cooperative Network Design*, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282325318_White_Paper_on_Resilience_Engineering_Eurocontrol>. Acesso em: 21 abr. 2020.
- FRANÇA. Ministère des Armées. *Autorité de Sûreté Nucléaire Défense*, 2010. Disponível em: <<https://www.defense.gouv.fr/portail/vous-et-la-defense/securite-nucleaire/surete-nucleaire/l-autorite-de-surete-nucleaire-defense>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- FRANÇA. Autorité de Sûreté Nucléaire. *La réglementation*, 2019a. Disponível em: <<https://www.asn.fr/Reglementer/La-reglementation/Les-dispositions-applicables-a-certains-risques-ou-a-certaines-activites-particulieres>>. Acesso em: 13 mar. 2020.
- FRANÇA. Autorité de Sûreté Nucléaire. *Présentation de l'ASN – Les missions*, 2019b. Disponível em: <<https://www.asn.fr/L-ASN/Presentation-de-l-ASN/Les-missions>>. Acesso em: 16 mar. 2020.
- FRANÇA. Autorité de Sûreté Nucléaire. *Présentation de l'ASN – Réglementer*, 2018. Disponível em: <<https://www.asn.fr/L-ASN/Presentation-de-l-ASN/Les-missions/Reglementer>>. Acesso em: 16 mar. 2020.
- FRANÇA. Autorité de Sûreté Nucléaire. *Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2016*, 2016. Disponível em: <<https://www.asn.fr/content/download/111682/939344/version/1/file/Annex>>

- e%20-%20Liste%20des%20installations%20nucl%C3%A9aire%20de%20base
%20au%2031%20d%C3%A9cembre%202016.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.
- FERRY, T.S., *Modern Accident Investigation and Analysis*. 2 ed. EUA. John Wiley & Sons, 1988.
- FROST, B., MO, J.P.T., “System Hazard Analysis of a Complex Socio-Technical System: The Functional Resonance Analysis Method in Hazard Identification”. In: *Australian System Safety Conference*, Melbourne, Australia, 2014. Disponível em: <https://functionalresonance.com/onewebmedia/ASS%20Conference%202014%20Paper_System%20Hazard%20Analysis%20of%20a%20Complex%20Socio-technical%20System_Brendon%20Frost_v3.0_19.04.14.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2020.
- GASCÓ, J.L.C., *V de Cramer. Estatística aplicada à psicologia*. Universidade de Valência, 2022. Disponível em: <https://www.uv.es/webgid/Descriptiva/52_v_de_cramer.html> Acesso em: 13 abr. 2022.
- GUIMARÃES, L. S., 1999, *Síntese de Doutrina de Segurança para Projeto e Operação de Submarinos Nucleares*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- GUPTA, U. G., CLARKE, R. E., “Theory and application of the Delphi technique: a bibliography (1975-1994)”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 53, pp. 185-211, 1996.
- HEINRICH, H.W., *Basics of Supervision With Special Emphasis on Safe and Efficient Production*. 1 ed. NY, EUA. Alfred M. Best Company Inc, 1944.
- HOLLNAGEL, E., *Safety II in Practice- developing the resilience potentials*. Routledge, 2018.
- HOLLNAGEL, E., *Introduction to the Resilience Analysis Grid (RAG)*, 2015. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcgclcfndmkaj/viewer.html?pdfurl=HTTPS%3A%2F%2Fferikhollnagel.com%2Fonewebmedia%2FRAG%2520Outline%2520V2.pdf&clen=553129&chunk=true>>. Acesso em: 13 dez. 2021.
- HOLLNAGEL, E., *Safety-I and Safety-II – The Past and Future of Safety Management*. Farnham. Ashgate, 2014a,.
- HOLLNAGEL, E., “Is Safety a Subject for Science?”, *Safety Science*, v.67 (Ago), n.1, pp 21-24, 2014b.
- HOLLNAGEL, E., “Becoming Resilient”. In: Hollnagel, E., Dekker, S., Nemeth, C.P. e Fujita, Y. (eds.). *Becoming Resilient - Resilience engineering in Practice, Volume 2*. United States of America. Ashgate, pp. 179-192, 2014c.

- HOLLNAGEL, E., *FRAM: The Functional Resonance Analysis Method – Modelling Complex Socio-Technical Systems*. 1 ed. Farnham. Ashgate, 2012.
- HOLLNAGEL, E., “epilogue: RAG – The resilience analysis grid”. In: Hollnagel, E., Pariès, J., Woods, D. and Wreathall, J. (eds.) *Resilience engineering in Practice, a guidebook*. United States of America. Ashgate, pp. 275-296, 2011.
- HOLLNAGEL, E., *The ETTO Principle: efficiency-Thoroughness Trade-Off - Why Things That Go Right Sometimes Go Wrong*. 1 ed. Farnham. Ashgate, 2009.
- HOLLNAGEL, E., “Risk+Barriers=Safety?”, *Safety Science*, v.46 (Fev), n.1, pp 221-229, 2008.
- HOLLNAGEL, E., FUJITA, Y., “The Fukushima Disaster – Systemic Failures as the Lack of Resilience”, *Nuclear Engineering and Technology*, v.45 (Fev), n.1, pp 13-20, 2013.
- HOLLNAGEL, E., HILL, R., *Instructions for use of the FRAM Model Visualiser (FMV)*, 2016.
Disponível em:
<https://functionalresonance.com/onewebmedia/FMV_instructions_0.4.0.pdf>.
Acesso em: 17 mai. 2020.
- HOLLNAGEL, E., HOUNSGAARD, J., COLLIGAN, L., *FRAM – The Functional Resonance Analysis Method – a Handbook for the Practical use of the Method*. Dinamarca. Centre for Quality in the Southern Region of Denmark, 2014.
- HOLLNAGEL, E., WOODS, D.D., LEVESON, N., *Resilience Engineering – Concepts and Precepts*. Farnham. Ashgate, 2006.
- HORA, H.R.M., MONTEIRO, G. T.R., ARICA, J., “Confiabilidade em Questionários para Qualidade: um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach”, *Produto & Produção*, v. 11, n. 2, pp.85-103, 2010. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/9321/8252>>.
Acesso em: 06 abr. 2022.
- ISO/IEC. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission. *Guide 51 – Safety Aspects*, 1999. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:guide:51:ed-2:v1:en>>. Acesso em: 12 abr. 2020.
- KATERI, M., *Contingency Table Analysis – Methods and Implementation Using R*. Birkhäuser, 2014.
- KING, M., HUNTZINGER, L., NGUYEN,T., *Feasibility of Nuclear Power on U.S. Military Installations*. Fort Belvoir, Virginia, EUA. CAN Analysis & Solutions, 2011.

- Disponível em: <https://www.cna.org/CNA_files/PDF/D0023932.A5.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2020.
- KOUSTOULAS, A., *How to interpret ordinal data*, 2014. Disponível em: <<https://achilleaskoustoulas.com/2014/02/23/how-to-interpret-ordinal-data/>>. Acesso em: 23 out. 2021.
- KOUSTOULAS, A., *On Likert scales, ordinal data and mean values*, 2013. Disponível em: <<https://achilleaskoustoulas.com/2013/02/13/on-likert-scales-ordinal-data-and-mean-values/>>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- LAERD STATISTICS. *Hypothesis Testing*, 2022. Disponível em: <<https://statistics.laerd.com/statistical-guides/hypothesis-testing-3.php>>. Acesso em: 03 jan. 2022.
- LAERD STATISTICS. *Chi-square test for independence using SPSS Statistics. Statistical tutorials and software guides*, 2016. Disponível em: <<https://statistics.laerd.com/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- LAERD STATISTICS. *Cronbach's alpha using SPSS Statistics. Statistical tutorials and software guides*, 2015. Disponível em: <<https://statistics.laerd.com/>>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- LEVESON, N.G., *Engineering a safer world : systems thinking applied to safety*. EUA. MIT, 2011.
- LEVESON, N.G., *System Safety Engineering: Back To The Future*. EUA. MIT, 2002.
- LIKERT, R., *A technique for the measurement of attitudes*. New York University, 1932.
- LIN S.W., CHENG, C.H., “The reliability of aggregated probability judgments obtained through Cooke’s classical method”, *Journal of Modeling in Management*, 4(2), pp.149–161, 2009.
- LINHARES, T.Q., 2016, *Uma Proposta de Modelo de Gerenciamento da Cultura de Segurança para o Submarino Brasileiro com Propulsão Nuclear*, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- LINHARES, T.Q., Maia, Y.L. e Frutuoso e Melo, P.F. “The phased application of STAMP, FRAM and RAG as a strategy to improve complex sociotechnical system safety”, *Progress in Nuclear Energy*, 131, pp. 1-11. doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103571, 2021.
- LINSTONE, H.A., TUROFF, M., *The Delphi Method – Techniques and Applications*. New York. Avalon Publishing, 1975.
- MANUELE, F. A., *On The Practice of Safety*. 3 ed. EUA. John Wiley & Sons, 2003.

- MATTHIENSEN, A. *Uso do Coeficiente Alfa de Cronbach em Avaliações por Questionários – Documento 48*. Embrapa, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/936813/1/DOC482011ID112.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2022.
- MAYER, F. P., *Análise exploratória de dados*, 2022. Disponível em: <<https://www.inf.ufsc.br/~andre.zibetti/probabilidade/aed.html>> Acesso em: 14 abr. 2022.
- MEYER, M. A., BOOKER, J.M., *Eliciting and Analyzing Expert Judgment, a Practical Guide*. SIAM, 2001.
- MINITAB. *Os resultados do teste qui-quadrado são inválidos?*, 2020. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/19/help-and-how-to/statistics/tables/supporting-topics/chi-square/are-the-results-of-my-chi-square-test-invalid/>>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- MINITAB. *Medições de associação para Tabulação cruzada e qui-quadrado*, 2021. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/statistics/tables/how-to/cross-tabulation-and-chi-square/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/measures-of-association/>>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C., *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 3ed. John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- MORGAN, M.G., “Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(20), pp. 7176-7184, 2014.
- MURPHY M.K., BLACK N., LAMPING D.L., MCKEE C.M., SANDERSON C.F.B., ASKHAM J., MARTEAU,T., “Consensus development methods and their use in clinical guideline development”, *Health Technology Assessment*, v. 2, n.3, pp. 1-90, 1998.
- NOGUEIRA, V.G.C., FUSCALDI, K.C. *Documento 5 - Painel de Especialistas e Delphi: métodos complementares na elaboração de estudos de futuro – Guia Orientador*. 1 ed. Embrapa. 2018.
- O'HAGAN, A., BUCK, C. E., DANESHKHAH, A., EISER, J. R., GARTHWAITE, P. H., JENKINSON, D. J., OAKLEY, J.E. AND RAKOW, T., *Uncertain judgements: Eliciting experts' probabilities*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Ltd, 2006.

- ORTIZ, N.R., WHEELER, R.J., BREEDING, S. HORA, S., MEYER, M.A., KEENEY R.L., “Use of expert judgment in NUREG-1150”, *Nuclear Engineering and Design*, 126, pp.313-331, 1991.
- PATRIARCA, R. “Resilience Engineering for Sociotechnical Safety Management”. In Ungar, M. (ed.) *Multisystemic Resilience – Adaptation and Transformation in Contexts of Change*. Oxford, pp. 477-492, 2021.
- PMI. Project Management Institute. A guide to the Project Management Body of Knowledge. 6 ed., PMI, Estados Unidos da América, 2017.
- PMKB. Project Management Knowledge Base. *Gestão e Coordenação: qual a diferença afinal?*, 2017. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigos/gestao-e-coordenacao-qual-diferenca-afinal-2/>>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- POWELL, C., “The Delphi technique: myths and realities”, *Journal of Advanced Nursing*, v. 41, n.4, pp. 376-382, 2003.
- QURESHI, Z.H., “A Review of Accident Modelling Approaches for Complex Socio-Technical Systems”. In: *Proceedings of 12th Australian Conference on Safety-Related Programmable Systems*, Australian Computer Society, v. 9. pp. 47-59, Adelaide, Australia, 2007.
- REASON, J., *Managing the Risks of Organizational Accidents*. NY, EUA. Routledge Taylor & Francis Group, 1997.
- RUIVO, H.M. O reator do submarino nuclear brasileiro será o único no mundo a ter duplo licenciamento. *Brasil Nuclear*, v. 25, n. 49, pp. 12-15. 2018. Disponível em: <<http://www.aben.com.br/Arquivos/603/603.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2021.
- SACKMAN, H., *R-1283-PR Delphi assessment: expert opinion, forecasting and group process*. United States Air Force Project Rand. 1974.
- SAUNDERS, M.N.K., LEWIS, P., THORNHILL, A., *Research Methods for Business Students*. 8th ed. United Kingdom: Pearson CSC, 2019.
- SMART, S. M., JARVIS, S.G., MIZUNUMA,T., HERRERO-JÁUREGUI, C., FANG, Z., BUTLER, A., ALISON, J., WILSON, M., MARRS, R.H., “Assessment of a Large Number of Empirical Plant Species Niche Models by Elicitation of Knowledge from Two National Experts”, *Ecology and Evolution*, v. 9, n. 22. Doi:10.1002/ece3.5766, 2019.
- TUKEY, J. W., *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- TALARICO, M.A., FRUTUOSO E MELO, P.F.F., GOMES, I.B., “Comparison of Two Methods for Obtaining the Variabilities in a FRAM Model of a Combined

- Nuclear Facility Project”, *Nuclear Technology*. Doi:10.1080/00295450.2022.2155021, 2023
- TALARICO, M.A., 2015, *Considerações sobre a Aplicação da Tomada de Decisão com Informação do Risco ao Licenciamento de Instalações Industriais Especiais*. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- USGAO. United States Government Accountability Office. *Report to Congressional Committees - AIRCRAFT CARRIER DISMANTLEMENT AND DISPOSAL Options Warrant Additional Oversight and Raise Regulatory Questions - Accessible Version*. Washington, DC, EUA. GAO, 2018. Disponível em: <<https://www.gao.gov/assets/700/693921.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- USDOE. United States Department of Energy. *A Brief History of the Department of Energy*, 2022. Disponível em: <<https://www.energy.gov/management/office-management/operational-management/history/brief-history-department-energy>>. Acesso em: 16 mai. 2020.
- USDOE. United States Department of Energy. *Memorandum of Understanding between U.S. Department of Energy and U.S. Regulatory Commission on Nuclear Energy Innovation.*, 2019. Disponível em: <<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/10/f67/MOU%20DOE-NRC%20Nuclear%20Energy%20Innovation.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2020.
- USDOE. United States Department of Energy. *Department of Energy and Nuclear Regulatory Commission Increase Cooperation to Advance Global Nuclear Energy Partnership.*, 2007. Disponível em: <<https://www.energy.gov/articles/department-energy-and-nuclear-regulatory-commission-increase-cooperation-advance-global>>. Acesso em: 16 mai. 2020.
- USNRC. United States Nuclear Regulatory Commission. *Full-Text Glossary*, 2020. Disponível em: < <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/full-text.html>>. Acesso em: 19 mai 2020.
- USNRC. United States Nuclear Regulatory Commission. *Severe Accident Risks: an assessment for five US Nuclear Power Plants*, 1990. Disponível em: <<https://www.nrc.gov/docs/ML1209/ML120960691.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2021.
- USNRC. United States Nuclear Regulatory Commission. *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications - Final Report – NUREG/CR-1278*. Washington, DC, EUA, 1985.

- VIEIRA, S., *Alfa de Cronbach: impacto da retirada de questão*, 2016. Disponível em: <<http://soniavieira.blogspot.com/2016/01/alfa-de-cronbach-impacto-da-retirada-de.html>>. Acesso em: 19 dez. 2021.
- VIEIRA, S. *Alfa de Cronbach.*, 2015. Disponível em: <<http://soniavieira.blogspot.com/2015/10/alfa-de-cronbach.html>>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- WASSERSTEIN, R. L. e LAZAR, N.A., “The ASA Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose”, *The American Statistician*, v. 70, n.2, pp.129-133, Doi:10.1080/00031305.2016.1154108.
- WOUDENBERG, F., “An evaluation of Delphi”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 40, pp.131-150. Elsevier, 1991.
- ZERPRIZE, FRAM Model Visualiser, 2021. Disponível em: <<https://zerprize.co.nz/home/FRAM>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

ANEXO A – Formulário - Método Direto

Função	Data					
	Tempo	Tempo	Tempo	Precisão	Precisão	Precisão
	na hora	muito tarde	omissão	preciso	aceitável	impreciso
(1) Elaborar projeto da IAT						
(2) Elaborar projeto do SNA						
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT						
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA						
(5) Construir a IAT						
(6) Construir o SNA						
(7) Propor Limites de Projeto						
(8) Propor limites para o licenciamento						
(9) Elaborar REM e RANS						
(10) Elaborar documento de interface com IAT						
(11) Elaborar documento de interface com SNA						
(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT						
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA						
(14) Estabelecer base de projeto IAT						
(15) Estabelecer base de projeto SNA						
(16) Adquirir equipamentos para IAT						
(17) Adquirir equipamentos para SNA						
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT						
(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA						
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT						
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA						
(22) Cumprir exigências do projeto da IAT						
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA						
(24) Gerenciar a Obtenção da INC						
(25) Estabelecer um cronograma geral						
(26) Verificar a evolução dos projetos						
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto						
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT						
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA						

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Por favor, antes de aceitar participar voluntariamente desta pesquisa, leia com atenção e pelo tempo que for necessário as informações que vem a seguir. O pesquisador do estudo também vai conversar com você para que possam ser retiradas dúvidas sobre a pesquisa e sobre este termo de consentimento.

O principal objetivo da pesquisa é a construção de um modelo para retratar o empreendimento formado pelo projeto e processo de licenciamento de uma instalação composta por um submarino de propulsão nuclear e de sua instalação de terra (denominada Instalação Nuclear Combinada), que envolve duas autoridades de segurança nuclear. Os resultados do modelo serão relacionados com a potencial resiliência do empreendimento, obtida mediante opinião de especialistas. Tal pesquisa permitirá a elaboração de uma Tese, que é um requisito para a conclusão do curso de Doutorado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro por parte do pesquisador.

Os participantes da pesquisa receberão convites por e-mail e você tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, bem como retirar sua participação a qualquer momento. Você não será penalizado de nenhuma maneira caso decida não consentir na sua participação, ou desistir da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa. Caso aceite, você irá ajudar no progresso da ciência, por meio da sua opinião como especialista para responder um questionário on-line.

A pesquisa será coordenada pelo Sr. Marco André Talarico, aluno do Curso de Doutorado do Programa de Engenharia Nuclear do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE/UFRJ junto ao Dr. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, professor do Programa de Engenharia Nuclear e orientador da pesquisa. Você pode entrar em contato com o pesquisador responsável, Marco André Talarico, a qualquer tempo para informação adicional no endereço Av. Horácio Macedo, 2030, Bloco G - Sala 206 - CT, Cidade Universitária CEP. 21.941-914 - Rio de Janeiro – RJ; e-mail mtalarico@con.ufrj.br, telefone (21) 98410-9946.

Você não terá despesa alguma e também não receberá nenhuma remuneração para participação. A pesquisa será feita se houver a necessidade de se locomover até o local para

a realização da pesquisa, seus gastos com transporte e alimentação e de acompanhante serão reembolsados.

A pesquisa será feita por meio do preenchimento de um questionário on-line (pelo formulário Google), que poderá ser feito no local mais conveniente pelo participante voluntário, através de qualquer dispositivo eletrônico que possua conexão com a internet. Espera-se que o tempo para completar o preenchimento do questionário seja de vinte minutos.

Com relação aos riscos, conforme Resolução CNS nº 510/2016, Artigo 2º, Inciso XXV, define risco da pesquisa como “a possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural do ser humano, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente”, o respondente pode se sentir desconfortável ao responder o questionário. Para mitigar esse risco, não há questões ou meios que permitam a identificação do respondente, sua participação é anônima e ocorrerá de forma voluntária. Assim, caso haja algum desconforto, o participante voluntário poderá desistir de participar do estudo a qualquer momento, bem como o direito de não responder qualquer questão, sem necessidade de explicação ou justificativa para tal (conforme previsto na Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021). Cabe esclarecer, ainda, que não existem perguntas obrigatórias no questionário. Adicionalmente, conforme orientação da Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021, cabe informar ao participante voluntário a seguinte limitação do pesquisador para assegurar total confidencialidade e potencial risco de sua violação: existe o risco de que os dados coletados por meio de formulário eletrônico, provisoriamente armazenados na “nuvem”, possam sofrer violação. Para mitigar esse risco, os dados coletados são anônimos, impossibilitando a identificação do respondente, e posteriormente transferidos para dispositivo de armazenamento local criptografado, apagando todo e qualquer registro de qualquer plataforma virtual.

Benefícios em participar da pesquisa, conforme Resolução CNS nº 510/2016, Artigo 2º, Inciso III, que define benefício da pesquisa como as “contribuições atuais ou potenciais da pesquisa para o ser humano, para a comunidade na qual está inserido e para a sociedade, possibilitando a promoção de qualidade digna de vida, a partir do respeito aos direitos civis, sociais, culturais e a um meio ambiente ecologicamente equilibrado”, sua participação

anônima e voluntária ajudará o progresso da ciência, por meio da sua opinião como especialista, para atingir os objetivos dessa pesquisa na área de projeto e licenciamento de uma Instalação Nuclear Combinada no Brasil.

Como um mecanismo para garantir sigilo e privacidade, adotou-se o preenchimento do questionário pelo formulário Google, pois é anônimo. Desta forma, a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) (7ª Andar, Ala E), e-mail: cep@hucff.ufrj.br, telefone: 3938- 2480 e FAX: 3938-2481. O CEP é o responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo os seres humanos.

Qualquer convite individual transmitirá esclarecimentos ao candidato a participante da pesquisa, que antes de responder às perguntas do pesquisador disponibilizadas no questionário, será apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ou Termo de Assentimento, quando for o caso) para a sua anuência (conforme orientações da Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021).

Como a coleta de dados ocorrerá em ambiente virtual (com uso de programas para coleta ou registro de dados, e-mail, entre outros), na modalidade de consentimento (Registro ou TCLE), enfatiza-se a importância do participante da pesquisa guardar em seus arquivos uma cópia do documento eletrônico (Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021).

Cabe esclarecer que o participante de pesquisa tem o direito de não responder qualquer questão, sem necessidade de explicação ou justificativa para tal, podendo também se retirar da pesquisa a qualquer momento (Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021).

Cabe esclarecer que o participante de pesquisa tem o direito de não responder à qualquer pergunta obrigatória do questionário, conforme orientações da Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021.

O participante da pesquisa tem o direito de acesso ao teor do conteúdo do instrumento (tópicos que serão abordados), antes de responder as perguntas, para uma tomada de decisão informada (Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021)

O participante da pesquisa terá acesso às perguntas somente depois que tenha dado o seu consentimento (Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021).

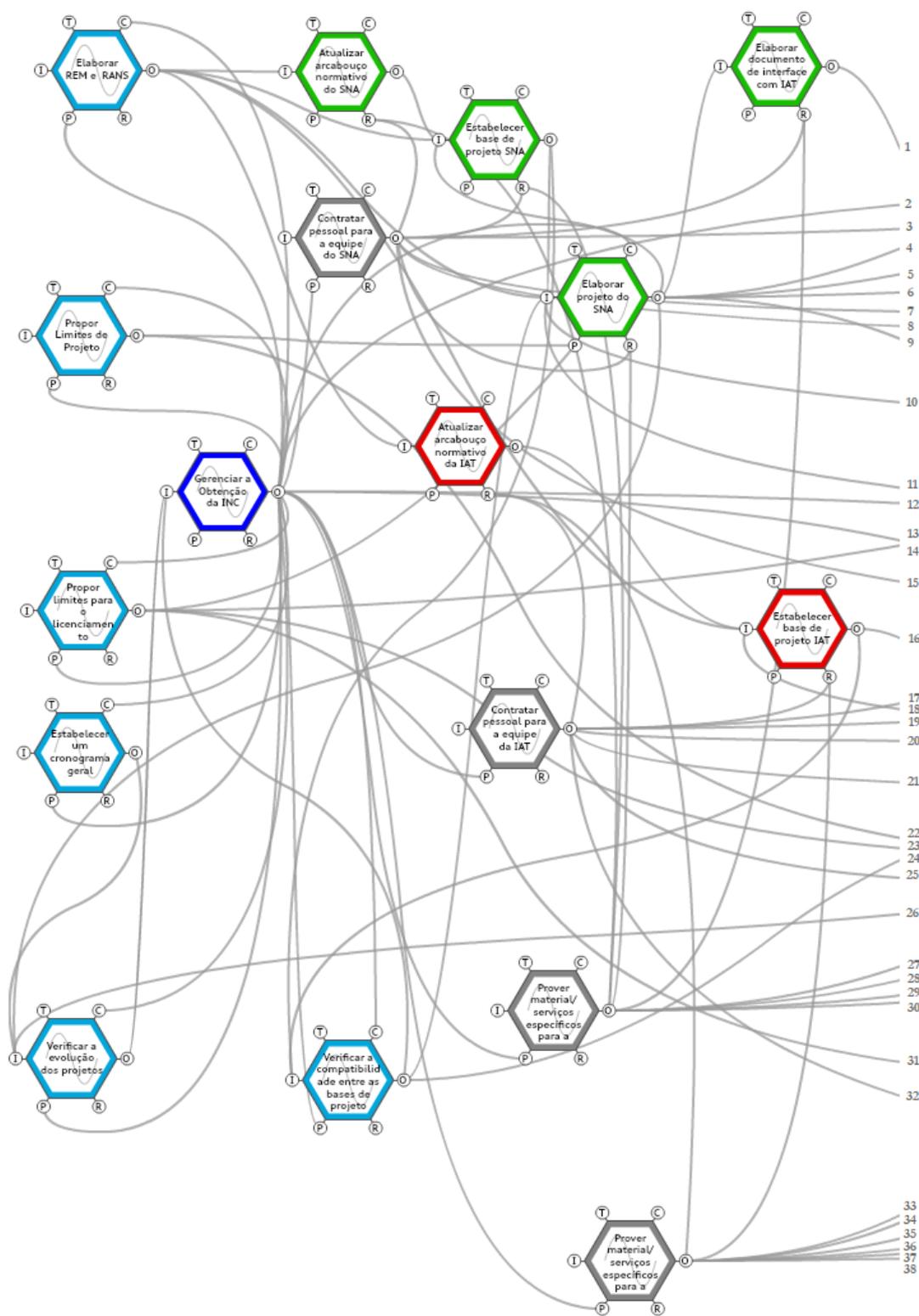
Caberá ao pesquisador explicar como serão assumidos os custos diretos e indiretos da pesquisa, quando a mesma se der exclusivamente com a utilização de ferramentas eletrônicas sem custo para o seu uso pelo participante da pesquisa ou já de propriedade do mesmo (Carta Circular nº 1/2021-CONEP/SECNS/MS, datada em 03/03/2021).

O participante da pesquisa tem direito à indenização por danos decorrentes de sua participação na pesquisa. Considerando que a pertinência da indenização (incluindo o montante) é definida na esfera judicial e essa será conferida se houver o estabelecimento da causalidade entre o dano/prejuízo e a participação na pesquisa, sugere-se o seguinte texto: "Você terá garantido o seu direito a buscar indenização por danos decorrentes da pesquisa" (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens IV.3 e V.7; Resolução 510/2016 artigo 19 parágrafo 2º e Código Civil, Lei 10.406 de 2002, artigos 927 a 954, Capítulos I, "Da Obrigação de Indenizar", e II, "Da Indenização", Título IX, "Da Responsabilidade Civil").

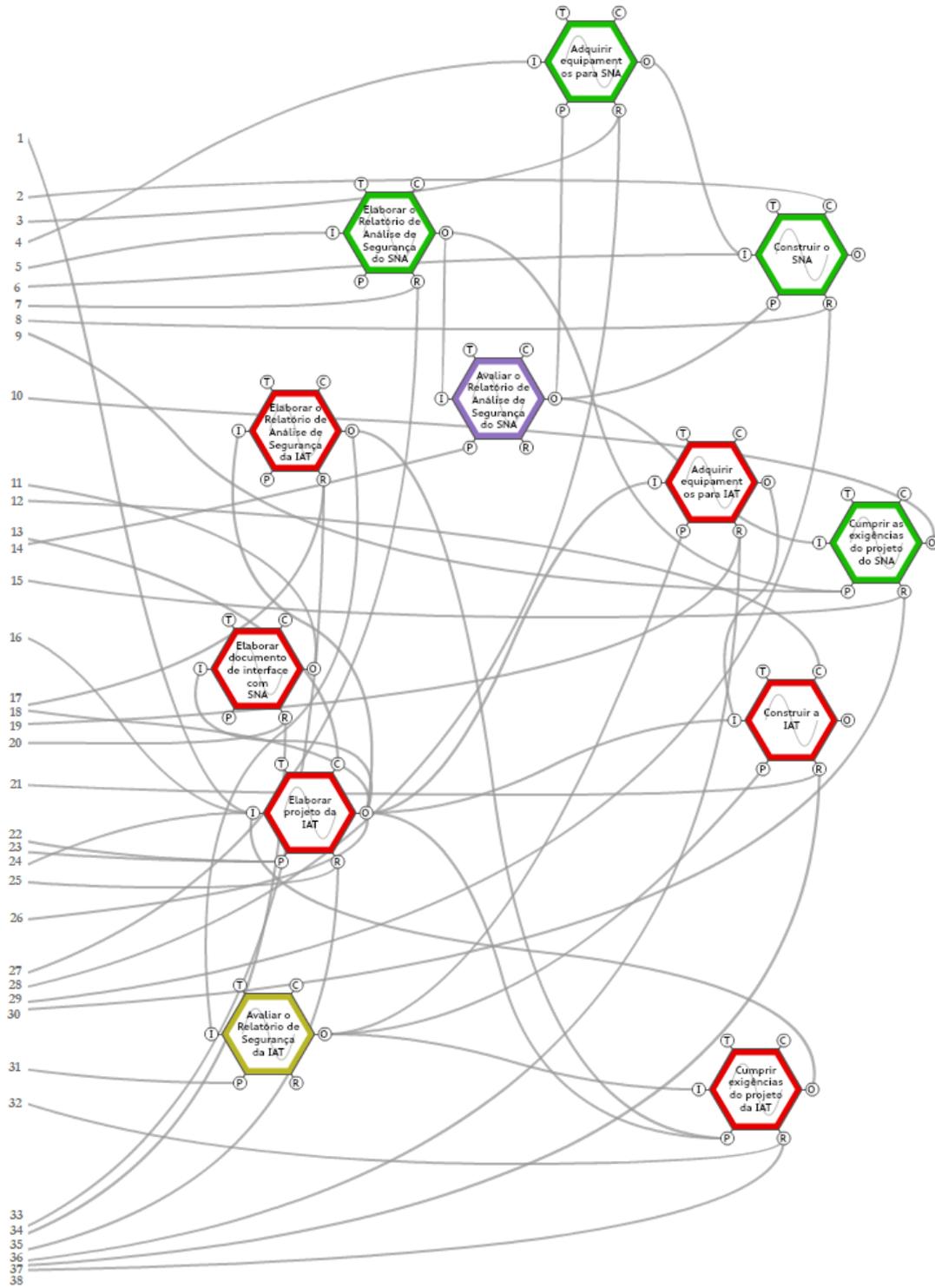
Declaro que tive tempo para ler e pensar (além de esclarecer minhas dúvidas) sobre as informações contidas neste documento, termo de consentimento, antes de entrar para a pesquisa. A pesquisa foi explicada claramente e eu entendi os objetivos do trabalho. Eu concordo em, voluntariamente, participar desta pesquisa. Recebi informações específicas sobre o estudo que participarei, dos desconfortos ou riscos previstos, tanto quanto dos possíveis benefícios futuros para outros participantes. Todas as minhas dúvidas foram respondidas e sei que poderei solicitar novos esclarecimentos a qualquer momento. Além disso, sei que se novas informações forem obtidas durante o estudo me serão fornecidas e que terei liberdade de retirar meu consentimento livre e esclarecido de acordo com estas informações.

Declaro, ainda, que li o Termo de Consentimento acima e recebi uma via deste Termo de Consentimento em meio digital por meio do link de acesso abaixo. Caso eu esteja de acordo em participar da pesquisa nos termos deste TCLE, basta clicar em “Próxima” para acessar o questionário. Caso não concorde em participar, apenas feche a página no seu navegador.

ANEXO C - Representação gráfica do modelo FRAM da obtenção da INC



Devido ao tamanho da representação gráfica ela foi dividida em duas páginas. Os números do lado direito da figura possuem correspondência com aqueles da próxima página.



Devido ao tamanho da representação gráfica ela foi dividida em duas páginas. Os números do lado esquerdo da figura possuem correspondência com aqueles da página anterior.

**ANEXO D - Questionário elaborado com base no conjunto sugerido em
HOLLNAGEL (2018)**

Potencial / Aspecto conforme RAG	Questão sugerida pelo RAG	Declarações do questionário (acompanhadas de sua respectiva numeração)	Observação
Potencial de responder / Lista de eventos	Existe uma lista de possíveis eventos para os quais a organização deve responder?	1. A elaboração por parte de cada entidade de uma lista de possíveis eventos (adversos ou favoráveis) para os quais a entidade deva responder poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adaptada para o contexto. O aspecto foi denominado 'lista de eventos_1'.
-	-	2. O compartilhamento de informações acerca das listas de eventos previstos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de eventos'. O aspecto foi denominado 'lista de eventos_2'.
-	-	3. O compartilhamento de informações sobre os eventos identificados por cada entidade ocorreria de forma regular, sem interrupções ou percalços.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de eventos'. O aspecto foi denominado 'lista de eventos_3'.
-	-	4. A divulgação de um cronograma geral de atividades do empreendimento entre as entidades afetaria a previsão de possíveis eventos (favoráveis ou adversos) feita por cada uma delas.	Adicionada e relacionada com os aspectos 'lista de eventos' e 'início / término das ações de resposta'. O aspecto foi denominado 'Planejamento x Lista de Eventos'.
-	-	5. O compartilhamento de informações sobre um cronograma geral de atividades do empreendimento em reuniões entre as entidades ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adicionada e relacionada com os aspectos 'lista de eventos' e 'início / término das ações de resposta'. O aspecto foi denominado 'Planejamento'.
-	-	6. O estabelecimento da interface entre os projetos do submarino e das instalações em terra (e.g. estruturas, sistemas e componentes) afetaria a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como elaboração de projetos e avaliação de segurança.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de eventos' para um evento particular. O aspecto foi denominado 'Interface x Lista de Eventos'.

-	-	7. A verificação da compatibilidade entre as bases de projeto usadas pelas equipes de projeto (do submarino e das instalações em terra) entre as entidades do empreendimento poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de eventos' para um evento particular. O aspecto foi denominado 'evento específico: incompatibilidade entre as bases de projeto'.
-	-	8. A adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de eventos' para um evento particular. O aspecto foi denominado 'evento específico: detalhamento dos documentos_1'.
-	-	9. Em sua opinião, ocorreriam casos de falta de informação (ou de detalhamento) em alguns documentos emitidos, e em decorrência disso, algumas atividades realizadas por outras entidades do empreendimento seriam afetadas.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de eventos' para um evento particular. O aspecto foi denominado 'evento específico: detalhamento dos documentos_2'.
Potencial de responder / Relevância da lista	Essa lista é verificada e revisada com regularidade?	10. A verificação da relevância dos eventos identificados por cada entidade (que constaria de sua respectiva lista de eventos) ocorreria em reuniões de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adaptada para o contexto. O aspecto foi denominado 'relevância da lista de eventos'.
Potencial de responder / Ações de resposta	Existem respostas planejadas para cada um dos eventos?	11. O compartilhamento de informações sobre as ações de resposta aos possíveis eventos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adaptada para o contexto. Relacionada com o aspecto 'ações de resposta'. O aspecto foi denominado 'conjunto de respostas'.
Potencial de responder / Capacidade de resposta	A organização está preparada para dar suporte às ações de resposta?	12. Considerando-se o conjunto de todas as entidades do empreendimento, as entidades teriam recursos adequados para desenvolver suas atividades, como pessoal qualificado ou material, como software, equipamentos, e instalações físicas (escritórios, etc.).	Adaptada para o contexto. Relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. O aspecto foi denominado 'capacidade de resposta'.
-	-	13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de

		realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Recursos humanos]	múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 1_RH'. Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 1_SOFT'. Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 1_Equip'. Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 1_Esc'. Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha e o aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 2_RH'. Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi
-	-	13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Software]	
-	-	13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Equipamentos]	
-	-	13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Instalações físicas (escritórios, etc.)]	
-	-	14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Recursos humanos]	
-	-	14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Software]	

			denominado 'Capacidade de resposta_Complem 2_SOFT'.
-	-	14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Equipamentos]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 2_Equip'.
-	-	14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Instalações físicas (escritórios, etc.)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 2_Esc'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de coordenação do empreendimento (Marinha)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Coord'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto submarino (Marinha)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha e o aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Proj_SNA'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto das instalações de apoio em terra]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi

		(Marinha)]	denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Proj IAT'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento do submarino pela entidade (Marinha)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Lic SNA'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento das instalações de terra pela entidade (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Lic IAT'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção do submarino (empresa)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha. O aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Const SNA'.
-	-	15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção das instalações em terra (empresa)]	Adicionada e relacionada com o aspecto 'capacidade de resposta'. Este item refere-se a uma questão do tipo grade de múltipla escolha e o aspecto foi denominado 'Capacidade de resposta_Complem 3_Const IAT'.
Potencial de responder / Relevância das ações de resposta	As pessoas sabem o que fazer perante o surgimento dos eventos?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de responder / Início/término das ações de	Os critérios de início e de término de cada ação de resposta está bem definido?	-	Não usada na adaptação ao contexto, mas possui relação com as questões nº 4 e nº 5.

resposta			
Potencial de responder / Ativação e duração	A organização possui capacidade de reagir rápido o suficiente e sustentar uma ação de resposta?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de responder / Verificação	A condição de preparo é verificada com regularidade?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de monitorar / Lista de indicadores	A organização possui uma lista de indicadores de desempenho regularmente utilizados?	16. O uso de indicadores de desempenho por parte de cada entidade poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adaptada para o contexto. O aspecto foi denominado 'lista de indicadores_1'.
-	-	17. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de indicadores'. O aspecto foi denominado 'lista de indicadores_2'.
-	-	18. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades (por exemplo, em reuniões periódicas) ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'lista de indicadores'. O aspecto foi denominado 'lista de indicadores_3'.
Potencial de monitorar / Relevância	A lista é verificada e revisada com regularidade?	19. A realização de reuniões para verificação da relevância dos indicadores de desempenho usados por cada entidade ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adaptada para o contexto. O nome do aspecto foi mantido ('relevância').
Potencial de monitorar / Validade	A validade dos indicadores tem sido estabelecida?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de monitorar / Atraso	O atraso na coleta de dados para os indicadores é aceitável?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de monitorar / Sensibilidade	Os indicadores são suficientemente sensíveis?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de monitorar / Frequência	A medida dos indicadores é feita com adequada frequência?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de monitorar / Compreensibilidade	Os indicadores possuem um significado direto, sem que seja necessária análise?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de monitorar / Suporte organizacional	Existem recursos para monitorar? Os resultados são comunicados a quem interessa e são usados?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de aprender / Base de aprendizado	A organização tenta aprender com os sucessos em vez de aprender somente com as falhas?	20. A elaboração de uma lista de lições aprendidas (sucessos ou falhas), a ser feita por cada entidade, poderia contribuir com o sucesso do	Adaptada para o contexto. O nome do aspecto foi mantido ('base de aprendizado').

		empreendimento.	
Potencial de aprender / Estilo de aprendizado	O aprendizado se dá perante a ocorrência de um evento ou é planejada (contínua)?	21. O compartilhamento das lições aprendidas (identificadas por cada entidade) entre todas as entidades poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adaptada para o contexto. O aspecto foi denominado 'estilo de aprendizado_1'.
Potencial de aprender / Responsabilidade	Está claro quem é responsável pelo aprendizado (é de responsabilidade de um grupo ou é comum a todos)?	22. As reuniões para discussão e compilação das lições aprendidas deveriam ocorrer conforme estabelecido pela entidade que coordena o empreendimento.	Adaptada para o contexto. O nome do aspecto foi mantido ('responsabilidade').
Potencial de aprender / Estilo de aprendizado	-	23. O compartilhamento de lições aprendidas entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'estilo de aprendizado'. O aspecto foi denominado 'lista de aprendizado_2'.
Potencial de aprender / Critério de seleção	A organização possui um plano para quais eventos deverá extrair-se lições aprendidas?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de aprender / Categorização	Existem procedimentos formais para coleta, classificação e análise de dados?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de aprender / Atraso	O processo de aprendizado ocorre sem demasiado atraso?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de aprender / Recursos	A organização provê recursos adequados para o aprendizado efetivo?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de aprender / Implementação	Como as lições aprendidas são implantadas?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de antecipar / Cultura organizacional	A organização encoraja a visão de futuro por parte dos funcionários?	24. A realização de projeções para o futuro, a ser feita por cada entidade, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adaptada para o contexto. O aspecto foi denominado 'cultura organizacional_1'.
Potencial de antecipar / Cultura organizacional	-	25. O compartilhamento de informações sobre projeções para o futuro entre todas as entidades do projeto poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adicionada e relacionada com o aspecto 'cultura organizacional'. O aspecto foi denominado 'cultura organizacional_2'.
Potencial de antecipar / Frequência	Com que frequência as ameaças ou oportunidades futuras são analisadas?	26. O compartilhamento de Informações sobre as projeções para o futuro entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adaptada para o contexto. O nome do aspecto foi mantido ('frequência').

Potencial de antecipar / Expertise	Qual tipo de especialidade é usado para ver o futuro (prata da casa ou terceirizado)?	27. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações entre as entidades (a fim de garantir uma continuidade no desenvolvimento das atividades no futuro) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Adaptada para o contexto. O nome do aspecto foi mantido ('expertise').
Potencial de antecipar / Comunicação	As expectativas para o futuro são divulgadas por toda a organização?	28. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Adaptada para o contexto. O nome do aspecto foi mantido ('comunicação').
Potencial de antecipar / Aceitabilidade das incertezas	Existe diretriz onde riscos e oportunidades são considerados aceitáveis?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de antecipar / Horizonte de tempo	O horizonte de tempo é apropriado para o tipo de atividade que a organização desenvolve?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de antecipar / Modelo	É usado um reconhecido modelo para previsão do futuro?	-	Não usada na adaptação ao contexto.
Potencial de antecipar / Estratégia	A organização possui uma visão estratégica?	-	Não usada na adaptação ao contexto.

ANEXO E - Contribuição dos itens do questionário para a análise do modelo FRAM e para a avaliação da resiliência organizacional

Declarações do questionário	Aplicação da informação obtida pelo item do questionário
1. A elaboração por parte de cada entidade de uma lista de possíveis eventos (adversos ou favoráveis) para os quais a entidade deva responder poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Lista de Eventos_1' (referente ao potencial de responder).
2. O compartilhamento de informações acerca das listas de eventos previstos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Lista de Eventos_2' (referente ao potencial de responder) da resiliência organizacional. Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para a função (24).
3. O compartilhamento de informações sobre os eventos identificados por cada entidade ocorreria de forma regular, sem interrupções ou percalços.	Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Lista de Eventos_3' (referente ao potencial de responder) da resiliência organizacional.
4. A divulgação de um cronograma geral de atividades do empreendimento entre as entidades afetaria a previsão de possíveis eventos (favoráveis ou adversos) feita por cada uma delas.	Informação complementar da análise do modelo FRAM
5. O compartilhamento de informações sobre um cronograma geral de atividades do empreendimento em reuniões entre as entidades ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo para a função (25).
6. O estabelecimento da interface entre os projetos do submarino e das instalações em terra (e.g. estruturas, sistemas e componentes) afetaria a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como elaboração de projetos e avaliação de segurança.	Informação complementar da análise do modelo FRAM
7. A verificação da compatibilidade entre as bases de projeto usadas pelas equipes de projeto (do submarino e das instalações em terra) entre as entidades do empreendimento poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Informação complementar da análise do modelo FRAM
8. A adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	Informação complementar da análise do modelo FRAM
9. Em sua opinião, ocorreriam casos de falta de informação (ou de detalhamento) em alguns documentos emitidos, e em decorrência disso, algumas atividades realizadas por outras entidades do empreendimento seriam afetadas.	Contribuiu para a inferência da variabilidade na precisão em todas as funções, excetuando-se as funções (18), (19) e (26).

<p>10. A verificação da relevância dos eventos identificados por cada entidade (que constaria de sua respectiva lista de eventos) ocorreria em reuniões de maneira regular, sem interrupções ou percalços.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Relevância da Lista de Eventos' (referente ao potencial de responder) da resiliência organizacional.</p>
<p>11. O compartilhamento de informações sobre as ações de resposta aos possíveis eventos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Conjunto de respostas' (referente ao potencial de responder) da resiliência organizacional.</p>
<p>12. Considerando-se o conjunto de todas as entidades do empreendimento, as entidades teriam recursos adequados para desenvolver as suas atividades, como pessoal qualificado ou material, como software, equipamentos, e instalações físicas (escritórios, etc.).</p>	<p>Contribuiu para inferência da variabilidade no tempo para as funções (5), (6), (9), (12), (13), (16), (17), (24), (25), (28), (29). Para essas funções, julgou-se que as variabilidade decorrente da disponibilidade de recursos afetaria a resposta da função com relação ao tempo.</p> <p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para as funções (1), (2), (3), (4), (7), (8), (10), (11), (14), (15), (20), (21), (22), (23), (26), (27).</p> <p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Capacidade de resposta' (referente ao potencial de responder) da resiliência organizacional.</p>
<p>13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Recursos humanos]</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo para as funções (18) e (19).</p>
<p>13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Software]</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para as funções (28) e (29).</p>
<p>13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Equipamentos]</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para as funções (28) e (29).</p>
<p>13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades). [Instalações físicas (escritórios, etc.)]</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para as funções (28) e (29).</p>
<p>14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Recursos humanos]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Software]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>

<p>14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Equipamentos]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades): [Instalações físicas (escritórios, etc.)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de coordenação do empreendimento (Marinha)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto submarino (Marinha)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de projeto das instalações de apoio em terra (Marinha)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento do submarino pela entidade (Marinha)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de licenciamento das instalações de terra pela entidade (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção do submarino (empresa)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo. [Entidade de construção das instalações em terra (empresa)]</p>	<p>Informação complementar da análise do modelo FRAM</p>
<p>16. O uso de indicadores de desempenho por parte de cada entidade poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Lista de indicadores_1' (referente ao potencial de monitorar) da resiliência organizacional.</p>
<p>17. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Lista de indicadores_2' (referente ao potencial de monitorar) da resiliência organizacional.</p>
<p>18. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades (por exemplo, em reuniões periódicas) ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para a função (24). Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Lista de indicadores_3' (referente ao potencial de monitorar) da resiliência organizacional.</p>

<p>19. A realização de reuniões para a verificação da relevância dos indicadores de desempenho usados por cada entidade ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Relevância' (referente ao potencial de monitorar) da resiliência organizacional.</p>
<p>20. A elaboração de uma lista de lições aprendidas (sucessos ou falhas), a ser feita por cada entidade, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Base de aprendizado' (referente ao potencial de aprender) da resiliência organizacional.</p>
<p>21. O compartilhamento das lições aprendidas (identificadas por cada entidade) entre todas as entidades poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Estilo de aprendizado_1' (referente ao potencial de aprender) da resiliência organizacional.</p>
<p>22. As reuniões para discussão e compilação das lições aprendidas deveriam ocorrer conforme estabelecido pela entidade que coordena o empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Responsabilidade' (referente ao potencial de aprender) da resiliência organizacional.</p>
<p>23. O compartilhamento de lições aprendidas entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para a função (24). Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Estilo de aprendizado_2' (referente ao potencial de aprender) da resiliência organizacional.</p>
<p>24. A realização de projeções para o futuro, a ser feita por cada entidade, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Cultura organizacional_1' (referente ao potencial de antecipar) da resiliência organizacional.</p>
<p>25. O compartilhamento de informações sobre projeções para o futuro entre todas as entidades do projeto poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Cultura organizacional_2' (referente ao potencial de antecipar) da resiliência organizacional.</p>
<p>26. O compartilhamento de Informações sobre as projeções para o futuro entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo para as funções (24) e (25). Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Frequência' (referente ao potencial de antecipar) da resiliência organizacional.</p>
<p>27. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações entre as entidades (a fim de garantir uma continuidade no desenvolvimento das atividades no futuro) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.</p>	<p>Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Expertise' (referente ao potencial de antecipar) da resiliência organizacional.</p>
<p>28. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.</p>	<p>Contribuiu para a inferência da variabilidade no tempo e na precisão para as funções (18) e (19). Aplicação na avaliação da resiliência organizacional quanto ao aspecto 'Comunicação' (referente ao potencial de antecipar) da resiliência organizacional.</p>

Delimitação de um Novo Modelo de Processo de Licenciamento e de Obtenção de uma Instalação Nuclear Combinada

Por favor, antes de aceitar participar voluntariamente desta pesquisa, leia com atenção e pelo tempo que for necessário as informações constantes no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que poderá ser acessado pelo link abaixo.

<https://docs.google.com/uc?export=download&id=1WI8UYGwWzD-sBZLMjRSOz9kqg.-d7xz>

***Obrigatório**

1. Tenho mais de 18 anos de idade.

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

2. Declaro que tive tempo para ler e pensar (além de esclarecer minhas dúvidas) *
sobre as informações contidas neste documento, termo de consentimento,
antes de participar dessa pesquisa.

Marcar apenas uma oval.

- SIM
 Não

3. A pesquisa foi explicada claramente e eu entendi os objetivos do trabalho. *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

4. Eu concordo em voluntariamente participar desta pesquisa. Recebi informações * específicas sobre o estudo que participarei, dos desconfortos ou riscos previstos, tanto quanto dos possíveis benefícios futuros para outros participantes.

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

5. Todas as minhas dúvidas foram respondidas e sei que poderei solicitar novos esclarecimentos a qualquer momento. Além disso, sei que se novas informações forem obtidas durante o estudo me serão fornecidas e que terei liberdade de retirar meu consentimento livre e esclarecido de acordo com tais informações.

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

6. Declaro, ainda, que li o Termo de Consentimento acima e recebi uma via do TCLE em meio digital, inclusive por meio do link de acesso acima.

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Caso esteja de acordo em participar da pesquisa nos termos do TCLE, basta clicar em "Próxima" para acessar o questionário. Caso não concorde em participar, apenas feche a página no seu navegador.

Delineamento de um Novo Modelo de Processo de Licenciamento e de Obtenção de uma Instalação Nuclear Combinada

As questões a seguir servirão para fornecer dados de entrada para um sistema de funções no qual foram modeladas as inter-relações entre as diversas entidades do empreendimento para a obtenção de uma Instalação Nuclear Combinada (constituída por um submarino com propulsão nuclear e de sua instalação de suporte em terra).

Para responder às questões considere uma hipotética situação na qual participam do empreendimento as seguintes entidades:

- entidade de coordenação do empreendimento (Marinha);
- entidade de projeto submarino (Marinha);
- entidade de projeto das instalações de apoio em terra (Marinha);
- entidade de licenciamento do submarino pela entidade (Marinha);
- entidade de licenciamento das instalações de terra pela entidade (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear);
- entidade de construção do submarino (empresa); e
- entidade de construção civil (empresa).

Ainda, considere que o sucesso do empreendimento é a obtenção do submarino e de sua instalação de apoio em terra.

Em relação às questões de número 1 a 12, favor atribuir uma nota relativa ao quanto concorda com as afirmações.

1. A elaboração por parte de cada entidade de uma lista de possíveis eventos (adversos ou favoráveis) para os quais a entidade deva responder poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Cada entidade pode relacionar possíveis eventos (em uma lista) para os quais ela tenha que responder. Por exemplo, falta de pessoal, escassez de recursos, entrega de projetos, contratação de especialistas, contratação de serviços de engenharia, etc.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

discordo plenamente concordo plenamente

2. O compartilhamento de informações acerca das listas de eventos previstos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Em tese, a ocorrência de possíveis eventos em uma entidade poderiam afetar as atividades de outras entidades. Por exemplo, a previsão de falta de pessoal implicaria na redução de capacidade de trabalho de uma entidade. Isso poderia ajudar na previsão do ritmo de trabalho das outras entidades

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

3. O compartilhamento de informações sobre os eventos identificados por cada entidade ocorreria de forma regular, sem interrupções ou percalços.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

4. A divulgação de um cronograma geral de atividades do empreendimento entre as entidades afetaria a previsão de possíveis eventos (favoráveis ou adversos) feita por cada uma delas.

Em tese, ter o conhecimento das atividades planejadas poderia ter relação com a ocorrência de eventos em cada organização. Exemplos hipotéticos: (1) poderia ser evitado algum descompasso entre eventos dos dois projetos em desenvolvimento (submarino e instalações de apoio em terra); (2) poder-se-ia planejar a futura contratação de força de trabalho.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

5. O compartilhamento de informações sobre um cronograma geral de atividades do empreendimento em reuniões entre as entidades ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

6. O estabelecimento da interface entre os projetos do submarino e das instalações em terra (e.g. estruturas, sistemas e componentes) afetaria a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como elaboração de projetos e avaliação de segurança.

Por exemplo: em se tratando de duas equipes para cada projeto (do submarino e da instalação em terra), a delimitação da interface poderia, em tese, afetar o escopo para contratação de estudos de engenharia por uma das partes. Outro exemplo: a delimitação da interface, em tese, implicaria na delimitação das licenças de construção/operação, pois tratam-se de duas autoridades de segurança nuclear distintas.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

7. A verificação da compatibilidade entre as bases de projeto usadas pelas equipes de projeto (do submarino e das instalações em terra) entre as entidades do empreendimento poderia contribuir para o sucesso do empreendimento. A afirmação acima refere-se à possibilidade de ocorrência de um evento específico.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

8. A adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento, poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Certas informações podem depender, em tese, de resultados de testes, simulações, evolução de projetos, decisões políticas, etc... Exemplos hipotéticos: (1) o documento que estabelece os limites entre os sistemas do submarino e da instalação de apoio em terra poderia, em uma primeira versão, ser emitido com informações prematuras e pouco detalhadas e afetar a elaboração dos projetos; (2) A falta de informações detalhadas sobre alguns equipamentos poderia atrasar a aquisição destes; (3) a falta de detalhes nos planos de ação para tratamento de exigências da avaliação de segurança poderia levar a incertezas no planejamento; (4) a falta de algumas informações, em face das incertezas iniciais, pode refletir na precisão de um cronograma geral do empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

9. Em sua opinião, ocorreriam casos de falta de informação (ou de detalhamento) em alguns documentos emitidos, e em decorrência disso, algumas atividades realizadas por outras entidades do empreendimento seriam afetadas.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

10. A verificação da relevância dos eventos identificados por cada entidade (que constaria de sua respectiva lista de eventos) ocorreria em reuniões de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Em tese, nem todos os eventos que constariam da "lista de eventos" elaborada por uma entidade seriam relevantes para o empreendimento, assim, a verificação da relevância entre todas as entidades poderia servir como filtro. Por outro lado, pode-se entender que os eventos previstos são todos relevantes somente por estarem na lista elaborada por cada entidade.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

11. O compartilhamento de informações sobre as ações de resposta aos possíveis eventos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Para cada evento que uma entidade previu e registrou em uma lista, é requerida uma ação de resposta. Assim, a afirmação acima versa sobre o compartilhamento do que cada entidade espera fazer diante dos eventos previstos por ela, e que podem afetar o empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

12. Considerando-se o conjunto de todas as entidades do empreendimento, as entidades teriam recursos adequados para desenvolver suas atividades, como pessoal qualificado ou material, como software, equipamentos, e instalações físicas (escritórios, etc.).

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

As questões 13, 14 e 15 são grades de múltipla escolha sobre disponibilidade e relevância de recursos (pessoal e material).

13. Em sua opinião, atribua uma nota referente à frequência pela qual cada um dos recursos abaixo relacionados poderá faltar (ou ficar escasso) ao longo da realização do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades).

A opção 1 significa que "o recurso faltará com muita frequência", e a opção 5 significa que "o recurso nunca faltará"

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não sei	1	2	3	4	5
Recursos humanos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipamentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instalações físicas (escritórios, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Em sua opinião, atribua uma nota para a relevância de cada um dos recursos abaixo relacionados para o sucesso do empreendimento (considerando o conjunto de todas as entidades):

A opção 1 significa que "o recurso é sem importância", e a opção 5 significa que "o recurso é muito importante".

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não sei	1	2	3	4	5
Recursos humanos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Equipamentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instalações físicas (escritórios, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Em sua opinião, indique o recurso mais suscetível de faltar ou ficar escasso ao longo da realização do empreendimento, para cada uma das entidades abaixo.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não sei	Nenhum recurso	Recursos humanos	Software	Equipamentos	Instalações físicas
Entidade de coordenação do empreendimento (Marinha)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entidade de projeto submarino (Marinha)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entidade de projeto das instalações de apoio em terra (Marinha)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entidade de licenciamento do submarino pela entidade (Marinha)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entidade de licenciamento das instalações de terra pela entidade (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entidade de construção do submarino (empresa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entidade de construção das instalações em terra (empresa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Nesta última etapa (questões de número 16 a 28) espera-se que o respondente possa atribuir uma nota relativa ao quanto concorda com as afirmações.

16. O uso de indicadores de desempenho por parte de cada entidade poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Diversas organizações usam indicadores de desempenho para monitorar suas operações. O mesmo poderia, em tese, ser feito pelas entidades que participam do empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

17. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

18. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades (por exemplo, em reuniões periódicas) ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

19. A realização de reuniões para verificação da relevância dos indicadores de desempenho usados por cada entidade ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Em tese, nem todos os indicadores de desempenho usados por uma entidade seriam relevantes para o empreendimento, assim, a verificação da relevância entre todas as entidades poderia servir como filtro. Por outro lado, pode-se entender que os indicadores usados são todos relevantes somente por estarem sendo compartilhados entre as entidades.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

20. A elaboração de uma lista de lições aprendidas (sucessos ou falhas), a ser feita por cada entidade, poderia contribuir para o sucesso do empreendimento. Cada entidade pode relacionar lições aprendidas (sucessos ou falhas) de ações tomadas anteriormente. Isso é uma prática em diversas organizações.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

21. O compartilhamento das lições aprendidas (identificadas por cada entidade) entre todas as entidades poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

22. As reuniões para discussão e compilação das lições aprendidas deveriam ocorrer conforme estabelecido pela entidade que coordena o empreendimento. Em tese, outro ponto de vista seria o de que cada entidade traria suas informações em momento oportuno para compartilhar com todas as outras entidades, independente da entidade de coordenação solicitar.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

23. O compartilhamento de lições aprendidas entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

24. A realização de projeções para o futuro, a ser feita por cada entidade, poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Essas projeções se referem à ocorrência de eventos num futuro mais distante, onde existem muitas incertezas, e beiram o terreno da especulação. Mas é uma prática usada em algumas organizações.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

25. O compartilhamento de informações sobre projeções para o futuro entre todas as entidades do projeto poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
discordo plenamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	concordo plenamente

26. O compartilhamento de Informações sobre as projeções para o futuro entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

discordo plenamente concordo plenamente

27. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações entre as entidades (a fim de garantir uma continuidade no desenvolvimento das atividades no futuro) poderia contribuir para o sucesso do empreendimento.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

discordo plenamente concordo plenamente

28. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

discordo plenamente concordo plenamente

Você chegou ao final do questionário. Sua participação foi essencial para a realização desta pesquisa. Ao término do estudo você poderá ter acesso gratuito a uma cópia da tese via site do Programa de Engenharia Nuclear da COPPE pelo link http://www.con.ufrj.br/?page_id=138

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Anexo G - Tabela 5.3.1.1 – Respostas dos especialistas para as questões de múltipla escolha com uso da escala do tipo Likert de cinco pontos

Questões do Tipo Likert de 5 pontos	Respostas	Mediana	Q1	Q3	IRQ (Q3 - Q1)
1. A elaboração por parte de cada entidade de uma lista de possíveis eventos (adversos ou favoráveis) para os quais a entidade deva responder poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5 5 5 4 5 5 5 5 5 4 5 5	5	5	5	0
2. O compartilhamento de informações acerca das listas de eventos previstos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	3 4 5 4 3 4 5 5 5 5 5 5	5	4	5	1
3. O compartilhamento de informações sobre os eventos identificados por cada entidade ocorreria de forma regular, sem interrupções ou percalços.	4 2 5 4 4 5 5 3 4 5 3 4	4	3,75	5	1,25
4. A divulgação de um cronograma geral de atividades do empreendimento entre as entidades afetaria a previsão de possíveis eventos (favoráveis ou adversos) feita por cada uma delas.	5 4 5 5 5 4 5 5 5 5 5 5	5	5	5	0
5. O compartilhamento de informações sobre um cronograma geral de atividades do empreendimento em reuniões entre as entidades ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	3 2 5 4 5 4 5 4 4 5 4 4	4	4	5	1
6. O estabelecimento da interface entre os projetos do submarino e das instalações em terra (e.g. estruturas, sistemas e componentes) afetaria a identificação de possíveis eventos que possam ocorrer ao longo de atividades como elaboração de projetos e avaliação de segurança.	5 4 5 4 5 5 3 5 5 4 4	5	4	5	1
7. A verificação da compatibilidade entre as bases de projeto usadas pelas equipes de projeto (do submarino e das instalações em terra) entre as entidades do empreendimento poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5 5 5 5 5 5 5 5 5 4 5 5	5	5	5	0
8. A adoção de medidas para evitar a elaboração/emissão de documentos com falta de informação (ou de detalhamento) durante a realização de algumas atividades previstas no planejamento, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5 4 5 5 5 4 5 4 5 5 5 4	5	4	5	1

9. Em sua opinião, ocorreriam casos de falta de informação (ou de detalhamento) em alguns documentos emitidos, e em decorrência disso, algumas atividades realizadas por outras entidades do empreendimento seriam afetadas.	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5	4,5	4	5	1
10. A verificação da relevância dos eventos identificados por cada entidade (que constaria de sua respectiva lista de eventos) ocorreria em reuniões de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	4	2	4	4	5	3	4	3	4	3	3	4	4	3	4	1
11. O compartilhamento de informações sobre as ações de resposta aos possíveis eventos entre as entidades (mesmo que essas pertençam a instituições diferentes, como Marinha, autarquia, construtoras) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	1
12. Considerando-se o conjunto de todas as entidades do empreendimento, as entidades teriam recursos adequados para desenvolver suas atividades, como pessoal qualificado ou material, como software, equipamentos, e instalações físicas (escritórios, etc.).	2	2	5	4	4	3	5	3	3	4	3	4	3,5	3	4	1
16. O uso de indicadores de desempenho por parte de cada entidade poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	4	5	1
17. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5	3	4	4	4	5	1
18. O compartilhamento de informações sobre indicadores de desempenho usados por cada uma das entidades (por exemplo, em reuniões periódicas) ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	3	2	4	5	4	5	5	4	4	4	3	4	4	3,75	4,25	0,5
19. A realização de reuniões para a verificação da relevância dos indicadores de desempenho usados por cada entidade ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3,75	4	0,25
20. A elaboração de uma lista de lições aprendidas (sucessos ou falhas), a ser feita por cada entidade, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	4	5	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4,75	5	0,25

21. O compartilhamento das lições aprendidas (identificadas por cada entidade) entre todas as entidades poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	4	4	3	3	5	3	5	4	5	5	5	4,5	3,75	5	1,25
22. As reuniões para discussão e compilação das lições aprendidas deveriam ocorrer conforme estabelecido pela entidade que coordena o empreendimento.	4	4	5	3	5	4	4	4	5	3	4	5	4	4	5	1
23. O compartilhamento de lições aprendidas entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	3	2	4	3	4	3	3	4	4	4	3	4	3,5	3	4	1
24. A realização de projeções para o futuro, a ser feita por cada entidade, poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	3	4	5	4	3	2	4	5	5	5	4	4	3,75	5	1,25
25. O compartilhamento de informações sobre projeções para o futuro entre todas as entidades do projeto poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	3	3	5	4	3	3	4	4	5	5	4	4	3	5	2
26. O compartilhamento de Informações sobre as projeções para o futuro entre as entidades do empreendimento ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	3	2	4	5	5	4	4	4	4	4	3	4	4	3,75	4	0,25
27. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações entre as entidades (a fim de garantir uma continuidade no desenvolvimento das atividades no futuro) poderia contribuir com o sucesso do empreendimento.	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4,75	5	0,25
28. O compartilhamento de informações sobre a necessidade de futura força de trabalho e de suas qualificações ocorreria de maneira regular, sem interrupções ou percalços.	3	2	3	5	4	4	5	5	4	4	4	5	4	3,75	5	1,25

Anexo H - Agregação da variabilidade em relação ao tempo para cada função

Função	Contribuição das questões na composição da variabilidade em relação ao tempo		Combinação
(1) Elaborar projeto da IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(2) Elaborar projeto do SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(3) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(4) Elaborar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(5) Construir a IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(6) Construir o SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(7) Propor Limites de Projeto	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(8) Propor limites para o licenciamento	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(9) Elaborar REM e RANS	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(10) Elaborar documento de interface com IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(11) Elaborar documento de interface com SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(12) Atualizar arcabouço normativo da IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(13) Atualizar arcabouço normativo do SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(14) Estabelecer base de projeto IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(15) Estabelecer base de projeto SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(16) Adquirir equipamentos para IAT	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(17) Adquirir equipamentos para SNA	Muito tarde (Q12)		Muito tarde
(18) Contratar pessoal para a equipe da IAT	Na hora (q28)	Muito tarde (Q13-RH)	Muito tarde

(19) Contratar pessoal para a equipe do SNA	Na hora (q28)	Muito tarde (Q13-RH)				Muito tarde
(20) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança da IAT	Muito tarde (Q12)	Muito tarde (Q13-RH)				Muito tarde
(21) Avaliar o Relatório de Análise de Segurança do SNA	Muito tarde (Q12)	Muito tarde (Q13-RH)				Muito tarde
(22) Cumprir exigências do projeto da IAT	Muito tarde (Q12)					Muito tarde
(23) Cumprir as exigências do projeto do SNA	Muito tarde (Q12)					Muito tarde
(24) Gerenciar a Obtenção da INC	Na hora (Q3)	Muito tarde (Q12)	Na hora (Q18)	Muito tarde (Q23)	Na hora (Q26)	Na hora
(25) Estabelecer um cronograma geral	Na hora (Q5)	Muito tarde (Q12)	Na hora (Q26)			Na hora
(26) Verificar a evolução dos projetos	Muito tarde (Q12)					Muito tarde
(27) Verificar a compatibilidade entre as bases de projeto	Muito tarde (Q12)					Muito tarde
(28) Prover material/serviços específicos para a equipe da IAT	Muito tarde (Q12)	Muito tarde (Q13-Soft)	Muito tarde (Q13-Equip)	Muito tarde (Q13-Esc)		Muito tarde
(29) Prover material/serviços específicos para a equipe do SNA	Muito tarde (Q12)	Muito tarde (Q13-Soft)	Muito tarde (Q13-Equip)	Muito tarde (Q13-Esc)		Muito tarde