



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
DO TRÓPICO ÚMIDO

ONIWENDEL FELIPE DE MORAIS PEREIRA

GOVERNANÇA DE RISCO EM BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS: UMA ANÁLISE DA LEI DE SEGURANÇA DE BARRAGENS E DAS ENTIDADES REGULADORAS.

BELÉM-PA
2022

ONIWENDEL FELIPE DE MORAIS PEREIRA

GOVERNANÇA DE RISCO EM BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS: UMA ANÁLISE DA LEI DE SEGURANÇA DE BARRAGENS E DAS ENTIDADES REGULADORAS.

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, como um requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências do Desenvolvimento Socioambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nírvia Ravena de Sousa

BELÉM-PA
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

P436g Pereira, Oniwendel Felipe de Moraes.
Governança De Risco Em Barragens De Contenção De
Rejeitos: Uma Análise Da Lei De Segurança De Barragens E Das
Entidades Reguladoras / Oniwendel Felipe de Moraes Pereira. —
2022.

230 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Nirvia Ravena de Sousa
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de
Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2022.

1. Amazônia. 2. FsQCA. 3. Risco. 4. Barragem. 5.
Governança de Risco. I. Título.

CDD 500.913

ONIWENDEL FELIPE DE MORAIS PEREIRA

GOVERNANÇA DE RISCO EM BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS: UMA ANÁLISE DA LEI DE SEGURANÇA DE BARRAGENS E DAS ENTIDADES REGULADORAS.

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, como um requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências do Desenvolvimento Socioambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nírvia Ravena de Sousa

Data de aprovação: 16/12/2022.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a. Nírvia Ravena
Orientadora – (PPGDSTU/NAEA/UFPA)

Ph.D. Armin Mathis
Membro interno – (PPGDSTU/NAEA/UFPA)

Ph.D. Claudio Fabian Szlafsztein
Membro interno – (PPGDSTU/NAEA/UFPA)

Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara
Membro externo – (PEBGA /UFPA)

Prof.^a Dr.^a. Ivana Claudia Guimarães De Oliveira
Membro externo – (PPGCLC/UNAMA)

RESUMO

Ainda na primeira década de implantação da Lei de Segurança de Barragens (LSB), registraram-se no Brasil três rupturas em barragens de contenção de rejeitos de consideráveis impactos socioeconômicos e ambientais. Essas rupturas, nesse início de implantação da LSB, despertam atenção para esse importante marco regulatório que deveria garantir uma adequada Governança de Risco e promover a sociedade brasileira suporte ao fortalecimento da segurança de barragens. Além disso, observando outros cenários, como a importante região da Amazônia, onde se situa o Estado do Pará, pode-se observar um fato que reforça a necessidade de reflexão na segurança dessas estruturas, haja visto, que de acordo com dados do SNISB (ANA, 2021) é o segundo ente da federação com mais barragens de contenção de rejeitos de mineração, ficando atrás, apenas, de Minas Gerais. Muitas preocupações podem ser levantadas a respeito da segurança dessas barragens, uma delas é um aspecto basilar, onde se questiona, será que a LSB apresenta Governança de Risco? E se apresenta, em qual nível está presente? Desse modo, esta tese teve como objetivo analisar se a LSB pode ser considerada como de baixo grau de presença da Governança de Risco e para isso formulou-se a hipótese que uma lacuna que existe na LSB, tendendo a prejudicar a segurança das barragens de contenção de rejeitos no Brasil, é causado pela adoção de um modelo com baixo grau de Governança de Risco. A pergunta que norteou a hipótese da pesquisa foi: Em comparação com o modelo de Governança de Risco desenvolvido pelo IRGC (2017), bem como outros modelos, a LSB pode ser classificada como de baixo grau quanto à presença da Governança de Risco? A análise foi realizada executando-se a comparação estruturada da LSB com outros modelos e para otimizar esse processo foi utilizado a ferramenta da Análise Qualitativa Comparativa, através da sua variante Fuzzy Set QCA (fsQCA). Foram utilizados como base para a comparação oito casos diferentes e para a construção das condições causais, foi utilizado o modelo de Governança de Risco do IRGC (2017). Os resultados negaram a hipótese dessa tese, porém, contribuíram com considerações finais relevantes para a temática. Entre elas, destaca-se que a maioria dos entes públicos que aplicam a LSB não possuem presença plena da Governança de Risco em seus arcabouços normativos, entre eles a SEMAS-PA, que apenas recentemente buscou iniciar a aplicação da LSB.

Palavras-chave: Amazônia; FsQCA; Risco; Barragem; Governança de Risco.

ABSTRACT

Still in the first decade of implementation of the Dam Safety Law (LSB), three failures were recorded in Brazil in tailings containment dams with considerable socioeconomic and environmental impacts. These disruptions, at the beginning of the implementation of the LSB, draw attention to this important regulatory framework that should guarantee adequate Risk Governance and promote Brazilian society to support the strengthening of dam safety. In addition, observing other scenarios, such as the important region of the Amazon, where the State of Pará is located, one can observe a fact that reinforces the need to reflect on the safety of these structures, given that, according to SNISB data (ANA, 2021) is the second entity of the federation with the most dams for containing mining tailings, second only to Minas Gerais. Many concerns can be raised regarding the safety of these dams, one of them is a basic aspect, where the question is, does LSB present Risk Governance? And if it does, at what level is it present? Thus, this thesis aimed to analyze whether the LSB can be considered as having a low level of presence of Risk Governance and for this purpose, the hypothesis was formulated that a gap that exists in the LSB, tending to impair the safety of containment dams of tailings in Brazil, is caused by the adoption of a model with a low degree of Risk Governance. The question that guided the research hypothesis was: In comparison with the Risk Governance model developed by the IRGC (2017), as well as other models, can LSB be classified as low-grade in terms of the presence of Risk Governance? The analysis was carried out by performing the structured comparison of the LSB with other models and to optimize this process, the Comparative Qualitative Analysis tool was used, through its variant Fuzzy Set QCA (fsQCA). Eight different cases were used as a basis for comparison and for the construction of causal conditions, the IRGC Risk Governance model (2017) was used. The results denied the hypothesis of this thesis, however, they contributed with final considerations relevant to the theme. Among them, it is noteworthy that most public entities that apply the LSB do not have full presence of Risk Governance in their regulatory frameworks, including SEMAS-PA, which only recently sought to start applying the LSB.

Keywords: Amazonia; FsQCA; Risk; Dam; Risk Governance.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me conserva com saúde e a capacidade necessária para concluir essa tese. Aos meus pais, Clotilde e Onias, que sempre me apoiaram em todas as fases da minha vida, dedicando-se para me proporcionar sempre o melhor. A toda minha família, avós, tios, tias que contribuíram para minha formação.

À minha esposa Tainá e filha Melca, pelo seu apoio e compreensão durante as muitas horas que tive que dedicar para desenvolver este trabalho, sempre me incentivando de alguma forma.

À Universidade Federal do Pará, e em especial ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, pela oportunidade de cursar o doutorado e assim aprimorar meus conhecimentos.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, pelos ensinamentos, principalmente à orientadora Profa. Dra. Nírvia Ravena, que sempre me ajudou e orientou no meu progresso acadêmico, profissional e pessoal. À Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido e do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, pela atenção e prestação de informações, quando por diversas vezes solicitei.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Impacto causado pela ruptura da barragem B1. Observam-se grandes áreas afetadas.	20
Figura 2: Imagens do antes (a esquerda) e depois (a direita) ao acidente com destaque às estruturas envolvidas	21
Figura 3: Percurso da lama da Barragem de Fundão	22
Figura 4: Momento do rompimento da Barragem I na mina Córrego do Feijão em Brumadinho – MG.....	23
Figura 5: Gráfico do aumento do número de barragens de contenção de rejeitos de mineração em função do tempo no estado do Pará.....	27
Figura 6: Mapa do estado do Pará. A direita, distribuição de barragens de contenção de rejeitos industriais. A esquerda, distribuição de barragens de contenção de rejeitos de mineração.	28
Figura 7: Uma tábua de pedra em Aneyoshi, no Japão, adverte os moradores a não construir casas abaixo dela. Centenas dessas chamadas pedras de tsunami, com mais de seis séculos de idade, pontilham a costa do Japão.	68
Figura 8: Esquema de funcionamento do framework de Governança de Risco do IRGC.....	72
Figura 9: Esquema do modelo de semáforo adotado pelo IRGC (2017).	86
Figura 10: Contexto da Governança de Risco.....	100
Figura 11: Os castores que vivem ao redor de pequenos riachos constroem represas (como abaixo) com gravetos, lama e pedras para criar grandes lagoas de água. Sua engenhosidade provavelmente ajudou a inspirar os humanos a construir represas para fins de irrigação, prevenção de enchentes, produção de energia e etc.	103
Figura 12: Ruínas da barragem tanto a margem direita quanto a esquerda. É possível distinguir as inclinações da parede a montante e a jusante nos dois lados. A barragem era muito grande, percebe-se a base com cerca de 84,1 metros de comprimento.	105
Figura 13: Barragem de Alacahoyuk de 3246 anos recuperada e reativada.	106
Figura 14: Ilustração mais antiga de uma barragem, mostra São Bento pescando no topo da Barragem de Subiaco.....	108
Figura 15: Esquema de uma barragem de rejeito a montante	114
Figura 16: Construção de barragens de rejeitos a montante usando ciclones.	114
Figura 17: Construção de barragens de rejeitos usando ciclone de fluxo descendente.....	115
Figura 18: Esquema de uma barragem de rejeitos construída pelo método a jusante.....	116

Figura 19: Barragem construída pelo método de centro de linha.	117
Figura 20: Barragem construída a partir das cargas de materiais retirados da abertura da vala de mineração.....	118
Figura 21: Barragem de Flambeau	120
Figura 22: Balanço hídrico típico em uma barragem tradicional de rejeitos	122
Figura 23: Sistema típico de recuperação de água	123
Figura 24: Registro fotográfico das consequências da ruptura da barragem de rejeitos da mina de Briseis.	126
Figura 25: Fluxograma do processo de classificação de risco de barragens de contenção de rejeitos de mineração.	152
Figura 26: Quantidade de artigos de acordo com a área de estudo.	154
Figura 27: Número de artigos publicados com QCA por ano.	155
Figura 28: Número de artigos usando as diferentes metodologias de QCA.	156
Figura 29: Metodologias utilizadas e indexação das revistas.	157
Figura 30: Revistas com maior número de artigos que empregam QCA.....	158
Figura 31: Exemplo de expressões primitivas usando operadores lógicos booleanos.....	183
Figura 32: Exemplo de redução de expressões primitivas	183
Figura 33 : Exemplo de expressões primitivas reduzida, agora denominada de implicante primário ou termos da solução.	183
Figura 34: Boletim de análise com minimização lógica gerada pelo software fsQCA 3.0.....	184
Figura 35: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal PA	185
Figura 36: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal CR.....	186
Figura 37: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal AR.....	187
Figura 38: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal GR.....	188
Figura 39: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal AT.....	189
Figura 40: Gráfico que representa a relação de Casos x GIPS.....	190

Figura 41: Recorte do boletim de resultados com destaque da cobertura e consistência.....	199
Figura 42: Esquema cíclico do modelo de Governança de Risco do IRGC (2017).....	199

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Epistemologia do risco em diferentes disciplinas e abordagens.....	41
Tabela 2: Conceitos relacionados ao termo risco	56
Tabela 3: Componentes genéricos de gerenciamento de risco	92
Tabela 4: Regulamentação de segurança de barragens na Austrália.	125
Tabela 5: Determinação do nível de dano	132
Tabela 6: Determinação da classificação de risco (PIC)	133
Tabela 7: Instrumentos da PNSB	145
Tabela 8: Critérios gerais para classificação de barragens quanto a categoria de risco.	147
Tabela 9: Matriz utilizada para a classificação quanto à categoria de risco, considerando as características técnicas.....	148
Tabela 10: Matriz utilizada para a classificação quanto à categoria de risco, considerando o estado de conservação.	149
Tabela 11: Matriz utilizada para a classificação quanto à categoria de risco, considerando o plano de segurança da barragem.....	150
Tabela 12: Metodologia de classificação quanto a categoria, com base na pontuação.	151
Tabela 13: Casos que integram a pesquisa segundo o critério estabelecido	163
Tabela 14: Nível de presença ou ausência da participação social da condição.....	165
Tabela 15: Condições causais do Modelo de Governança de riscos do IRGC	170
Tabela 16: Pontuação calibrada do nível de presença/ausência	172
Tabela 17: Questionário padrão de suporte a calibração das condições causais.....	173
Tabela 18: Tabela de dados sem o resultado	175
Tabela 19: Tabela de dados completa com inclusão do outcome calibrado	177
Tabela 20: Tabela verdade sem minimização lógica processada com auxílio do software fsQCA 3.0	179
Tabela 21: Tabela-verdade	181
Tabela 22: Principais operadores lógicos utilizados na minimização lógica.	182

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ALARP – As Low As Reasonably Practicable
- ALARA – Sinônimo de ALARP
- ANA – Agencia Nacional das Águas
- ANM – Agencia Nacional de Mineração
- BACT – Best Available Control Technology
- CNRH – Conselho Nacional De Recursos Hídricos
- COMPASSS - Comparative Methods For Systematic Cross-Case Analysis
- CSD - Commission for Safety of Dams
- csQCA – Crispy Set Análise Comparativa Qualitativa
- DWAF – Department of Water Affairs and Forestry
- EU – União Europeia
- fsQCA – Fuzzy Set Análise Comparativa Qualitativa
- FWER – Taxa de Erro Familiar
- IRGC – International Risk Governance Center
- IJRAM – International Journal of Risk Assessment and Management
- ICOLD – International Commission on Large Dams
- LSB – Lei de Segurança de Barragens
- MAC – Mining Association of Canada
- MWAF – Minister of Water Affairs and Forestry
- mvQCA – Multi Value Análise Comparativa Qualitativa
- NDCD – National Department of Civil Defense
- NIW – National Institute of Water
- NLEC – National Laboratory of Civil Engineering
- NWC – National Water Commission
- NZSOLD – New Zealand Society on Large Dams
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ONG – Organização Não Governamental
- ONU – Organização das Nações Unidas
- ORSEP – Organismo Regulador de Seguridad de Presas
- PIC – Sinônimo de Classificação de Risco de Barragem

PRI – Redução Proporcional na Consistência

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

QCA – Análise Comparativa Qualitativa

RO1 – Identificação dos danos potenciais

RO2 – Projeção da extensão do dano

RO3 – Projeção do tempo de duração do dano

RO4 – Projeção da possibilidade de reparação do dano

RO5 – Identificação dos processos que criam os riscos

RO6 – Identificação do nível de vulnerabilidade do sistema que sofrerá o dano

RO7 – Projeção dos Cenários de acidentes

RO8 – Capacidade de quantificação do risco objetivo

RS1 – Ocorre a coleta das opiniões, valores e preocupações das diferentes partes interessadas sobre o risco.

RS2 – Identificação do Nível de envolvimento, prestação de contas e/ou responsabilidade dos stakeholders.

RS3 – Existe a identificação de vieses cognitivos ou heurísticos que afetam a percepção do risco objetivo ou preocupação?

RS4 – Existem restrições sociológicas, organizacionais e antropológicas para os atores e partes interessadas?

RS5 – Identificação da resposta social ao risco objetivo

RS6 – Identificação do comportamento das partes interessadas diante do risco

RS7 – Existe possibilidade de mobilização política ou social diante do risco?

RS8 – Identificação do papel das instituições, estruturas de governança e mídia existentes na definição e abordagem das preocupações públicas?

RS9 – Os gerentes de risco (público e/ou privado) são propensos a enfrentar controvérsias e conflitos devido a diferenças na percepção de risco, nos objetivos e valores das partes interessadas ou por injustiças na distribuição de benefícios sobre os riscos objetivos?

WBGU – German Advisory Council on Global Change

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Justificativa	19
1.2. Formulação do problema de pesquisa: Hipótese e Pergunta	31
1.3. Objetivos	33
1.3.1. Objetivo Geral	33
1.3.2. Objetivos Específicos	33
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
2.1. Governança: Uma Visão Geral	34
2.2. Revisão Teórica do Risco	38
2.2.1. A Importância da Teorização do Risco	38
2.2.2. Abordagens Sobre o Risco	39
2.2.3. A epistemologia do risco	46
2.2.4. O Conceito De Risco	54
2.3. A Governança de Risco	58
2.3.1. A Governança de Risco: O Surgimento De Um Novo Paradigma	59
2.3.2. A Governança de Risco: Compreendendo a visão tradicional	62
2.3.3. A Governança de Risco: Reflexão Sobre Aspecto Integrativo e Adaptativo	66
2.3.4. A Governança de Risco: Uma Abordagem Contemporânea	68
2.3.4.1. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Visão Geral	71
2.3.4.1.1. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Pré-Avaliação	72
2.3.4.1.2. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Classificação de Risco	75
2.3.4.1.2.1. Classificação de Risco: Avaliação Objetiva do Risco	77
2.3.4.1.2.2. Classificação de Risco: Avaliação Subjetiva do Risco	81
2.3.4.1.3. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Análise do Risco	83
2.3.4.1.3.1. Análise do Risco: Caracterização do Conhecimento	84
2.3.4.1.3.2. Análise do Risco	85
2.3.4.1.4. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Gestão do Risco	87
2.3.4.1.4.1. Gestão do Risco: Estratégias de Gestão Baseadas nas Características de Risco	93
2.3.4.1.5. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Aspectos transversais	97
2.3.4.1.5.1. Aspectos transversais: Comunicação	97
2.3.4.1.5.2. Aspectos transversais: Engajamento dos interessados	98
2.3.4.1.5.3. Aspectos transversais: O contexto	99
2.4. As barragens de Contenção de Rejeitos	102

2.4.1.	Barragens utilizados pelo homem e sua importância	102
2.4.2.	Tipos de barragens	109
2.4.2.1.	Barragens de Contenção de Rejeitos	111
2.4.2.2.	Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração	112
2.5.	Segurança de Barragens de Contenção de Rejeitos: Panorama Internacional	124
2.5.1.	Austrália	124
2.5.2.	Canadá	128
2.5.3.	Nova Zelândia	129
2.5.4.	México	133
2.5.5.	Argentina	134
2.5.6.	África do Sul	135
2.5.7.	Espanha	137
2.5.8.	Portugal	140
2.5.9.	Chile	141
2.6.	Segurança de Barragens de Rejeitos: Panorama Brasileiro	144
2.6.1.	Segurança de barragens de contenção de rejeitos de mineração	146
3.	METODO DE PESQUISA	153
3.1.	A Relevância da Análise Comparativa Qualitativa (QCA)	153
3.2.	O fuzzy-set QCA (fsQCA)	159
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	162
4.1.	Estágio I: Construção da matriz de dados	162
4.1.1.	Construção da matriz de dados: Definição do número de casos	162
4.1.2.	Construção da matriz de dados: Definição do resultado	164
4.1.3.	Construção da matriz de dados: Definição das condições causais	165
4.1.4.	Construção da matriz de dados: Montagem e Calibração da Tabela de Dados	170
4.1.4.1.	Introdução ao processo de calibração	170
4.1.4.2.	Subetapa I: Calibrando As Condições Causais	172
4.1.4.3.	Subetapa II: Calibrando o Resultado	175
4.2.	Estágio II: Construção da tabela-verdade	177
4.2.1.	Construção da Tabela-Verdade: Distinção Entre as Configurações	178
4.2.2.	Construção da tabela-verdade: atribuição de casos as linhas	179
4.2.3.	Construção da tabela-verdade: determinação do resultado	180
4.3.	Estágio III: Minimização lógica	181
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	190
5.1.	Grau de presença da Teoria de Governança de Riscos nos casos analisados (GIPS)	190

5.1.1.	Grau de presença da Teoria de Governança de Riscos: Caso Lei de Segurança de Barragem	191
5.2.	Reflexões sobre a minimização lógica e os elementos essenciais numa Governança de Risco	198
REFERÊNCIAS		202
ANEXO I		222

1. INTRODUÇÃO

As barragens de contenção de rejeitos de mineração têm despertado a atenção da sociedade para sua segurança. No início da década de 2010, foi promulgado no Brasil a Lei 12.334 (BRASIL, 2010), importante marco regulatório que prometia garantir mais segurança à sociedade em relação às barragens de diversos fins, tais como as barragens para contenção de rejeitos. No entanto, uma série de acidentes vem provando que o advento dessa lei não está gerando o efeito desejado. Alguns deles podem ser citados, como em 2014, na cidade de Itabirito, em Minas Gerais, onde se rompeu a barragem B1 da Herculano Mineração, gerando impactos ambientais, sociais e econômicos significativos, porém com baixa repercussão na mídia brasileira. Mais adiante, no ano de 2015, na cidade de Mariana, Minas Gerais, ocorreu o maior acidente ambiental relacionado com barragens na história do Brasil. Esse acidente na barragem do Fundão ocasionou o lançamento na drenagem natural de cerca de 42 milhões de metros cúbicos de lamas oriundas do beneficiamento do minério de ferro, além de outros diversos impactos ambientais, sociais e econômicos. Não obstante a esse histórico de fatalidades, em 2019, no final da primeira década de implantação da Lei 12.334 (BRASIL, 2010), ocorreu o acidente com a Barragem 1, na cidade de Brumadinho. Esse último acidente foi de consideráveis proporções ambientais e socioeconômicas, porém ganhou mais notoriedade por ser o maior desastre envolvendo trabalhadores brasileiros, levando a óbito cerca de 270 pessoas que foram soterradas pela lama que eclodiu da barragem após sua ruptura. Esses três casos citados reforçam que nossa sociedade não está isenta da ocorrência de acidentes com esses tipos de estruturas, vive-se numa sociedade de riscos, como reforça Beck (2009; 2011), sociedade que aceita o risco e tem como dever, entender que existem problemas específicos que exigem conhecimento para gerenciá-los.

Diante do advento dessa lei que deveria prover ao povo brasileiro mais confiança, surgiu esse fato curioso e consternador. Fato esse que aponta que houveram três barragens que romperam ainda na primeira década de implantação da Lei de Segurança de Barragens (LSB). Algumas perguntas podem ser geradas a partir disso, tais como, será que todas as barragens de rejeitos são seguras? Como é feita a gestão da segurança nas barragens? Se na primeira década de implantação da LSB ocorreram três acidentes de grandes proporções, quantos acontecerão nas próximas décadas? Será que tem alguma coisa errada nesse processo de gerenciamento da segurança criado pela LSB? Com tantas perguntas e desconfianças levantadas a respeito dessa Lei de Segurança de

Barragens, fica evidenciado a necessidade de refletir sobre esse marco regulatório que prometia trazer mais segurança para todas as barragens de contenção de rejeitos.

Várias motivações podem ser elencadas para justificar o interesse em refletir nessa importante legislação, o primeiro que se destaca é a quantidade de barragens de contenção de rejeitos que existem no Brasil e no estado do Pará. Em 2017, de acordo com dados da ANA (2018), no Brasil existiam cadastradas mais de 600 barragens, sendo cerca de 300 pertencentes ao estado de Minas Gerais e 80 no estado do Pará. Em 2021, houve um aumento no estado do Pará de cerca de 42% do quantitativo de barragens, saltando para 114 barragens (ANA, 2021), ou seja, nesse interstício de quatro anos, pode-se verificar que houve um aumento de aproximadamente 10,5% ao ano em relação ao quantitativo de barragens. Nesse contexto, destaca-se ainda que o estado do Pará figura como o segundo ente da federação brasileira com mais barragens de contenção de rejeitos e com previsão de aumento desse número, haja visto que atualmente a principal atividade da economia paraense é o extrativismo mineral e no ano de 2020 foi o principal responsável pelo PIB positivo do estado do Pará (PARÁ, 2021).

No Pará, para que acontecimentos relacionados a ruptura de barragens sejam evitados é necessário primeiramente a adoção de maturidade para entender que essa lei é importante, porém, talvez possua alguma (s) lacuna (s) que precisa (m) ser discutida (s).

Por fim, após realizada essa breve contextualização, orienta-se que os demais subtópicos versarão sobre a justificativa, elaboração das perguntas de pesquisa/hipóteses e por fim, os objetivos deste trabalho.

1.1. Justificativa

Segundo a ANA (2021), no Brasil existem 907 barragens de contenção de rejeitos de mineração e 46 barragens de contenção de rejeitos industriais que estão oficialmente cadastradas na PNSB. Nesse universo, o estado do Pará é o segundo estado brasileiro com mais barragens de contenção de rejeitos de mineração e industriais também, com um total de 114 estruturas desse primeiro tipo e 11 estruturas desse segundo, apenas o estado de Minas Gerais apresenta quantidade superior (352 barragens de contenção de rejeitos de mineração e 13 barragens de contenção de rejeitos industriais), ocupando o primeiro lugar nesse cenário. Esse fato desperta interesse com relação a segurança das barragens de contenção de rejeitos de mineração e também nas de contenção de rejeitos industriais, especialmente no estado do Pará que já presenciou acidentes com esse último tipo de barragem. Enfim, partindo para a observação do cenário nacional, nota-se que na primeira década de implantação da LSB, ocorreram vários acidentes com barragens de contenção de rejeitos (ANA, 2021; ANM, 2021), porém três foram significativos e ocorreram em barragens de contenção de rejeitos que inclusive eram classificadas como de categoria de risco baixo, todas situadas no estado de Minas Gerais. Esses rompimentos, em especial os três ocorridos em Minas Gerais, têm provocado reflexões, especialmente, sobre a confiabilidade da Governança de Risco praticada pelo poder público, contudo, antes de avançar, cabe rememorar esses fatídicos episódios.

O primeiro acidente ocorreu no dia 10 de setembro de 2014, quando se rompeu a barragem de contenção de rejeitos B1, da Herculano Mineração LTDA, em Itabirito, na região central do estado de Minas Gerais. No total, três pessoas morreram e o prejuízo ambiental causado pelo rompimento da barragem em Itabirito foi considerado grande. Seis cursos d'água foram afetados, além da perda irreversível para flora e prejuízos para a fauna. O estrago só não foi maior pois uma parte considerável dos rejeitos da barragem B1 foram contidos pelas estruturas das barragens B2, B3 e B4. (EMERICH, 2015).

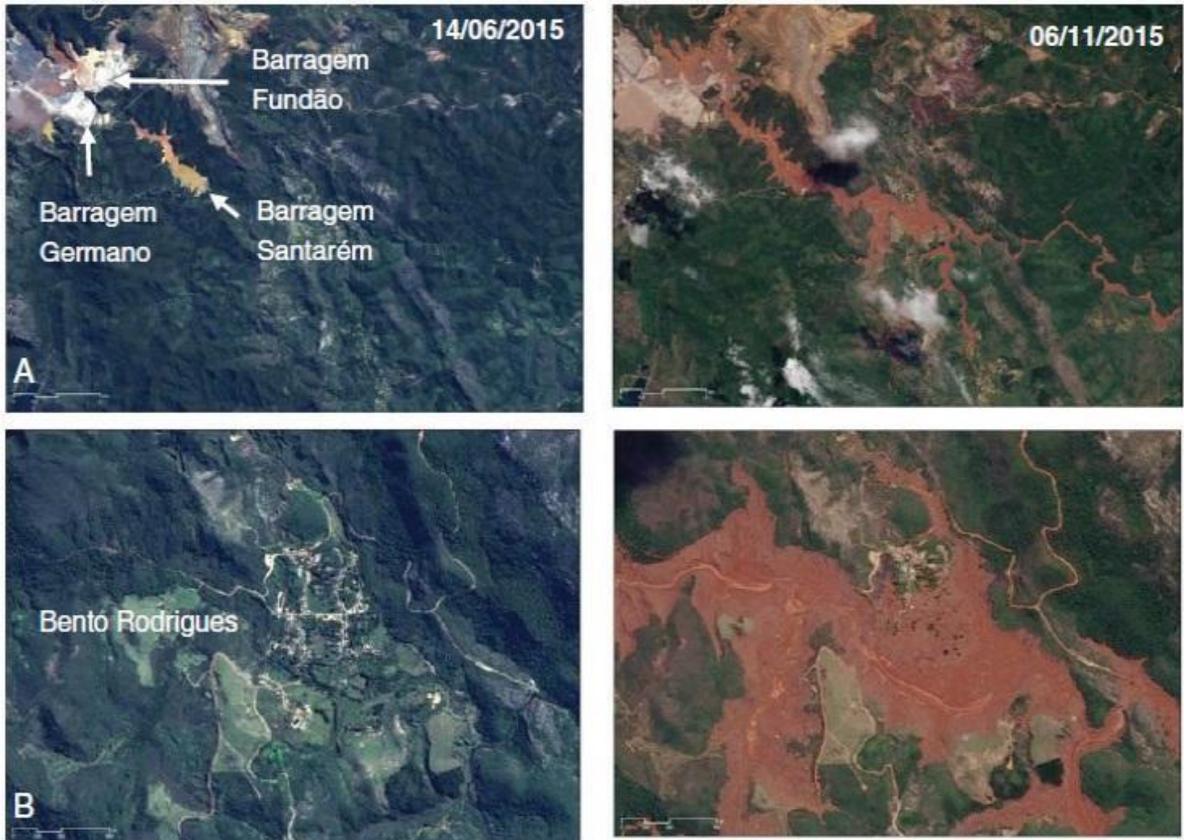
Figura 1: Impacto causado pela ruptura da barragem B1. Observam-se grandes áreas afetadas e maquinários cobertos pelo rejeito.



Fonte: G1-MG (2014)

O segundo acidente foi registrado no dia 5 de novembro de 2015 (ver figura 2), quando se rompeu a barragem do Fundão, na cidade de Mariana. Essa fatalidade provocou um dos piores desastres ambientais vistos em escala nacional e o maior acidente com barragem registrado no Brasil. A mineradora responsável pela barragem é a Samarco Mineração S.A, uma joint venture cujos acionistas proprietários, em partes iguais, são a BHP Billiton Brasil Ltda. e a Vale S.A. Na extensa relação de problemas causados pela tragédia, destacam-se: a morte de 19 pessoas; lançamento na drenagem natural de cerca de 42 milhões de metros cúbicos de lamas oriundas do beneficiamento do minério de ferro; devastação completa do povoado de Bento Rodrigues que se situava à jusante, aproximadamente 3 km da barragem, desalojando mais de 300 famílias; degradação da qualidade ambiental de todo o trecho do Rio Doce até sua foz, no estado do Espírito Santo, em um percurso de mais de 700 km (ver figura 3) com os consequentes prejuízos ao consumo humano, aproveitamento energético, industrial, da agricultura, pecuária, fauna, flora, terrenos circundantes e o meio ambiente de um modo geral (ANA, 2017).

Figura 2: Imagens do antes (a esquerda) e depois (a direita) ao acidente com destaque às estruturas envolvidas



Fonte: ANA (2017)

Figura 3: Percurso da lama da Barragem de Fundão



Fonte: ANA (2017)

O terceiro caso foi registrado no dia 25 de janeiro de 2019, na cidade de Brumadinho, onde se rompeu a Barragem I, estrutura que estava desativada e que pertencia à mina Córrego do Feijão, de responsabilidade da Vale S.A. Esse triste episódio pode ser considerado como o mais grave acidente de barragem em relação ao número de vítimas na história da mineração brasileira. Foram cerca de 270 vítimas fatais, entre mortos e desaparecidos, além de enorme dano ambiental e socioeconômico para a região, causado pela liberação abrupta de 11 milhões de metros cúbicos de rejeito, que em poucos segundos atingiu a sede administrativa da mina e áreas de convívio, como o restaurante da empresa e posteriormente alcançou as áreas de fora do complexo mineiro. A figura 4 exibe o poder destruidor dessa onda de rejeitos no momento da ruptura (ANM, 2020).

Figura 4: Momento do rompimento da Barragem I na mina Córrego do Feijão em Brumadinho – MG.



Fonte: ANM (2020)

Esses acidentes ocorridos nessas estruturas de contenção de rejeitos de mineração possuem alguns elementos em comum, interessante ponderá-los para esse momento através de duas premissas. A primeira é que esses três graves acidentes ocorreram em barragens que apresentavam categoria de risco baixo, segundo classificação de risco vigente à época em que fora emitida pela ANM. A segunda é que essas estruturas se localizam no estado de Minas Gerais e como exposto anteriormente, é o estado da federação brasileira com maior quantitativo de barragens de contenção de rejeitos de mineração. No entanto, não se deve esquecer o estado do Pará que é o segundo estado brasileiro com maior quantidade de barragens desse tipo, além disso, está inserido no maior parque mineral do Brasil e ainda pouquíssimo explorado, o complexo Carajás. Essa arena de grandes projetos de mineração como S11D no município de Canaã dos Carajás (no qual tem longevidade projetada de produção para 50 anos), o projeto do Salobo em Marabá entre outros (CASTRO; CARMO, 2019). O Pará possui ainda poucas barragens quando comparado com Minas Gerais, porém o suficiente para situar esse estado nessa posição desconfortável de segundo ente da federação brasileira com mais barragens de contenção de rejeitos (tanto de mineração quanto industrial) e com perspectiva para expansão. Diante de tudo isso, de fato, se espera que o estado do

Pará bem como quaisquer outros estados da federação brasileira não possam ser cenário para nenhum acidente com barragens de contenção de rejeitos, tanto as de mineração quanto industriais.

Contudo, para fins dessa discussão, não se pode deixar de observar o que se refere ao cenário geral de acidentes com barragens no estado do Pará, haja visto que possui infelizmente um histórico negativo de acontecimentos em barragens de contenção de rejeitos industriais, no entanto, reforça-se que ainda não foi identificado nenhum acidente com barragens de contenção de rejeitos de mineração.

Para fins deste trabalho é importante diferenciar e deixar expressamente definido esses dois tipos de barragens. Primeiramente, as barragens de contenção de rejeitos de mineração possuem a finalidade de armazenar os rejeitos produzidos no processo de extração mineral de sua área de deposição natural, no entanto, as barragens de contenção de rejeitos de industriais possuem a função de conter os rejeitos que são provenientes do processo do beneficiamento de minérios que já foram em outro momento extraídos do solo. Geralmente, o segundo tipo de barragem apresenta junto aos rejeitos materiais químicos tóxicos, tais como o rejeito proveniente do beneficiamento da bauxita que contém elevadas concentrações de soda cáustica que são subprodutos gerados da transformação da bauxita em alumina. Por outro lado, as barragens de contenção de rejeitos de mineração apresentam na maioria dos seus casos apenas resíduos do processo de mineração sem a presença de reagentes químicos, porém não deixam de serem tóxicos ao meio ambiente se forem despejados irracionalmente ou porventura de algum acidente, como ocorreu nos acidentes de Itabirito em 2014, Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019. Nessas barragens continham rejeitos proveniente do tratamento de minério de ferro, material rico em óxido de ferro, silício, manganês, alumínio e outros minerais que quando foram despejados de forma abrupta na natureza e causaram soterramento de cursos de águas, animais, mortes de pessoas, elevação do índice de alguns elementos químicos em cursos de água, como a alta concentração de ferro, alumínio e etc. (CASTRO; CARMO, 2019; STEINBRENNER ET AL., 2020).

Ainda não há no Pará registros de acidentes envolvendo as barragens de contenção de rejeitos de mineração, contudo apesar do Pará possuir cerca de 11 barragens de contenção de industriais (ANA, 2021), já ocorreram alguns acidentes de significativos impactos socioambientais. Em 2003 a empresa ALUNORTE pertencente à companhia VALE DO RIO DOCE, foi denunciada por

moradores locais por promover o despejo de lama vermelha¹ no Rio Murucupi através de um duto de esgoto clandestino proveniente da mineradora. O vazamento foi de grande intensidade ocasionando a alteração na coloração da água (marrom avermelhada), morte de diversos peixes ao longo da praia de Itupanema em decorrência dos resíduos químicos. Nesse mesmo infeliz ano ocorreu um vazamento de resíduos industriais da Imerys Rio Caulim Capim S/A, mantida na época pela multinacional francesa IMERYS nos igarapés Curuperê e Dendê (CASTRO; CARMO, 2019; GOMES; RODRIGUES; FERREIRA, 2020). Em 2005 ocorreu o registro de um vazamento de cerca de 80 litros de soda cáustica que atingiu as águas do rio Pará. A principal causa encontrada indicou que a barragem de contenção de rejeitos DRS1 da ALUNORTE, no momento do processo de transferência para armazenamento, apresentou falha no alarme de controle do nível, o que ocasionou transbordamento para o meio ao entorno causando a mortandade de peixes. Em 2009, mais um lamentável episódio ocorreu e novamente os rejeitos contaminantes vazaram através de dutos clandestinos para o Rio Murucupi, a ALUNORTE foi posteriormente multada 3 vezes pelo Ibama em R\$ 17,1 milhões, porém até o presente momento não foi registrado o pagamento. Em meados do mês de fevereiro de 2018, cerca treze comunidades ribeirinhas que dependiam dos recursos dos igarapés Bom futuro, Burajuba e rios Mucuri e Tauá, na bacia do Rio Pará, tiveram seus quintais e poços artesianos tomados por uma lama vermelha que posteriormente foi levada para análise e encontrou-se elevados níveis de chumbo, alumínio, sódio e outras substâncias oriundas da bacia de rejeitos da HYDRO ALUNORTE, empresa pertencente a multinacional Norueguesa Norsk Hydro ASA (CAZELI, 2018; GOMES; RODRIGUES; FERREIRA, 2020).

Apesar de todos esses fatídicos episódios de acidentes com barragens de contenção de rejeitos industriais terem ocorrido nas últimas três décadas, não foi registrado nenhum acidente com barragens de contenção de rejeitos de mineração no estado do Pará. Esse fato desperta curiosidade, em especial por causa dos acidentes recentes que ocorreram em Minas Gerais, eventos de grandes consequências socioambientais como citados anteriormente.

Desse modo, diante de um cenário regional de vários acidentes em barragens de contenção de rejeitos de industriais e nenhum acidente em barragens de contenção de rejeitos de mineração,

¹ O termo lama vermelha se refere ao rejeito resultante da indústria de beneficiamento do alumínio, é gerada a partir do refino da bauxita para produção de alumina (Al₂O₃) através do processo Bayer (SILVA FILHO; ALVES; MOTTA, 2006).

há que se refletir para evitar que as consequências dessa modernidade atinjam mais um nível e cheguem a provocar mais um acidente de significativos impactos socioambientais, porém dessa vez no estado Pará ou até mesmo em outro estado brasileiro. Como afirma abaixo Castro e Carmo (2019, p. 11), tem que se buscar uma forma de melhorar e certamente uma visão crítica desse processo pode incomodar, mas é o que tende a causar amadurecimento.

Novas abordagens combinadas com metodologias interdisciplinares e transescalares são fundamentais para compreender e intervir diante dos problemas causados pelo desenvolvimento e seus múltiplos riscos, danos, entraves e limites. As consequências da modernidade nos assombra nesse início de século. São contextos tensos, conflituosos e complexos que se especializam em sociedades marcadas por uma profunda desigualdade social, justificando a necessária visão macrosocial em detrimento da percepção instrumental, econômico-financeira desses processos. Ao largo disso, avalia-se que não é apenas o modelo econômico que se revela limitado, mas também o pensamento linear, previsível e colonial que o embasa, cuja lógica se acostumou a fazer argumentações superficiais para questões que exigem um pensamento complexo.

Os desastres são fatores estruturais da mineração enquanto atividade de extração, beneficiamento e produção de minérios. Para o enfrentamento dos desastres é necessário repensar esse modelo de desenvolvimento baseado na espoliação dos recursos naturais e das vidas. Certamente uma visão crítica desses processos, na perspectiva da ecologia política, incomoda por não compactuar com estratégias que naturalizam a degradação.

Diante desse contexto, com o crescente avanço da exploração mineral no estado do Pará há uma tendência que favorece o surgimento de novas barragens. Novas barragens que despertam atenção. De acordo com dados da ANA (2021) se construiu o gráfico expresso na figura 5 onde é possível inferir que esse aumento crescente das barragens de contenção de rejeitos de mineração no estado do Pará já é uma realidade e mesmo diante de uma crise pandêmica iniciada no primeiro trimestre de 2020 que impactou sociedades do mundo inteiro, percebe-se claramente uma linearidade crescente em relação ao quantitativo de barragens e como isso pouco afetou o setor mineral no estado do Pará.

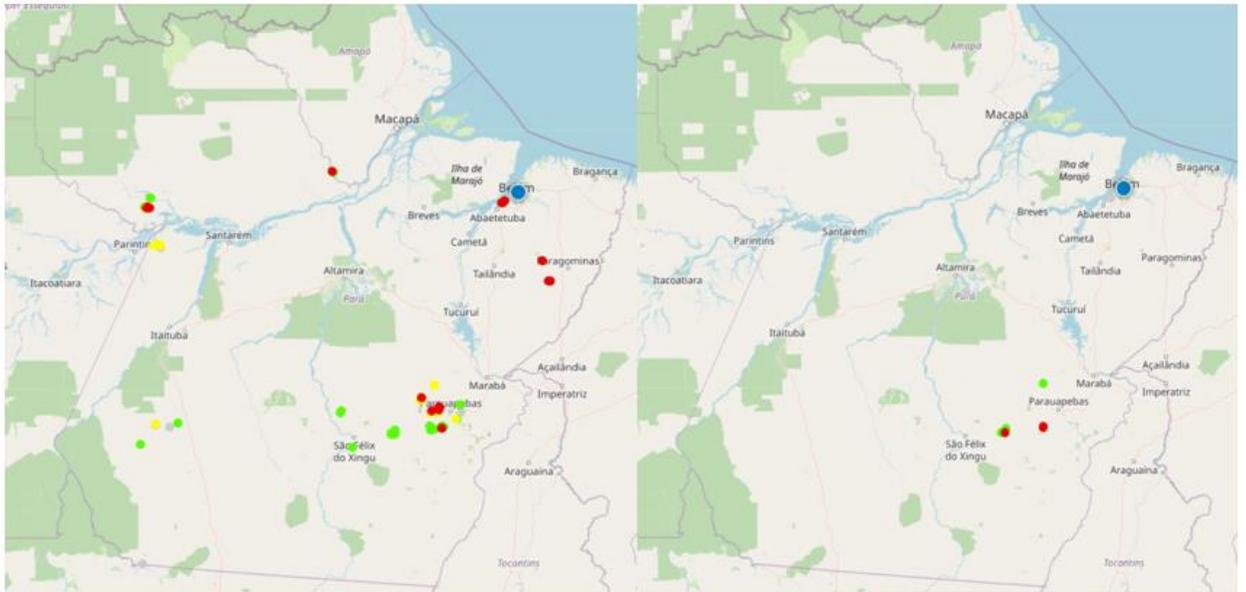
Figura 5: Gráfico do aumento do número de barragens de contenção de rejeitos de mineração em função do tempo no estado do Pará.



Fonte: ANA (2021)

Além disso, conforme observa-se na figura 6, há uma distribuição geográfica das barragens que permite verificar que diante da perspectiva de evolução da exploração mineral, principalmente na região sudeste do estado, ainda se identificam grandes sub-regiões ocupadas por essas estruturas em face da exploração mineral.

Figura 6: Mapa do estado do Pará. A direita, distribuição de barragens de contenção de rejeitos industriais. A esquerda, distribuição de barragens de contenção de rejeitos de mineração.



Fonte: ANA (2021).

Nesse cenário paraense de grande avanço da exploração mineral com perspectiva de crescimento e diante de uma Lei de Segurança de Barragens que ainda não fornece credibilidade para a sociedade emerge a necessidade de refletir sobre essa legislação, em especial sobre os aspectos relacionados à Governança de Risco.

Enfim, sabendo que as três piores falhas de barragens de contenção de rejeitos registradas na primeira década de implantação da LSB ocorreram em estruturas inseridas na PNSB, emerge uma grande desconfiança de todo esse processo de gestão de segurança. Dessa forma, levantam-se as seguintes questões reflexivas, o que está errada na LSB? Numa classificação que indica que uma barragem tem classificação de risco baixo e pouco tempo depois ela rompe? De fato, não se pode aceitar como normal que uma classificação de risco emitida por um órgão público informe que três barragens classificadas como de risco baixo venham romper num interstício de 5 anos. É inegável pensar que existem lacunas.

Dessa forma, para se iniciar o entendimento de quais lacunas essa lei possui, é relevante discorrer sobre como a LSB é importante para a sociedade. A resposta pode ser obtida cavando a fundo, buscando entender primeiramente o seu histórico de construção, porém, cabe lembrar que os arquivos não são apenas uma soma de todos os textos guardados sobre algo, numa espécie de

testemunho histórico de uma identidade do passado, mas sim há regularidades dos enunciados, as formações discursivas que foram produzidas na história sobre determinado tema são contínuas (FOUCAULT, 2008).

Bem, sendo assim, retrocedamos na história e possamos colocar-nos no ano de 2003, importante marco temporal que mostra que alguns deputados federais apresentaram o projeto de lei 1.181. A principal motivação desse ato foi impulsionada pelo acidente na barragem da empresa de Mineração Rio Verde, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais, em junho de 2001. Esse rompimento matou cinco pessoas, assoreou mais de 6 km do córrego Taquaras com rejeitos de minério de ferro, além de afetar uma grande área de proteção ambiental de Mata Atlântica (MELLO; PIASENTIN, 2010; MENESCAL, 2009). Diante disso, começou a longa tramitação desse projeto de lei. A motivação desse projeto era embasada em nobres intenções que deveriam assegurar para a sociedade uma lei a nível federal que proporcionasse mais segurança às famigeradas barragens de diversos fins, em especial as de contenção de rejeitos, sejam elas industriais ou de mineração. Foram um pouco mais de sete anos para ocorrer a sua aprovação. Na teoria, reforço, deveria ser uma lei que proporciona uma melhor segurança em barragens de diversos fins. Essa foi a mensagem principal que essa legislação passou num primeiro momento para a sociedade, que até então não possuía nenhuma legislação federal nesse sentido.

Sendo assim, no papel essa é uma lei importante que deveria proporcionar menores riscos, principalmente à sociedade e ao meio ambiente, que são os grandes prejudicados na ocorrência de acidentes com esse tipo de estrutura. Essa lei, rotulada como Lei de Segurança de Barragens, deveria coligir boas informações ao governo federal e à sociedade, com o foco principal na melhoria da segurança. Porém, observado a primeira década de implantação da LSB, três acidentes significativos ocorreram em estruturas classificadas como de risco baixo. Isso faz emergir várias dúvidas e incertezas, que geram grande incredulidade desse processo de governança de riscos.

Enfim, diante desse cenário, cabe a esse trabalho tentar encontrar alguma lacuna nesse processo de Governança de Risco, para dessa forma contribuir com o fortalecimento dessa legislação bem como nos processos acessórios e assim, evitar que algum acidente venha a ocorrer futuramente em algum estado brasileiro, em especial no estado do Pará, com barragens de contenção de rejeitos de mineração bem como evitar outros acidentes em barragens de contenção

de rejeitos industriais, especialmente nesse contexto local de corriqueiros acidentes com essas estruturas de contenção de rejeitos industriais e que tanto afetam as comunidades locais.

1.2. Formulação do problema de pesquisa: Hipótese e Pergunta

Nesse cenário de incertezas, inicia-se provocando uma reflexão, nesse caso sobre o processo de Governança de Risco praticado pelo poder público. Essa reflexão começa por buscar entender se realmente há uma adequada Governança de Risco na LSB. Renn (2008b), principal desenvolvedor da teoria da Governança de Risco, expressa que esse tipo de governança significa que diferentes atores devem ser envolvidos na tomada de decisões coletivas relacionadas ao risco e para esse autor esse ato envolve normalmente quatro grandes atores. O primeiro é o governo ou as agências que estão trabalhando dentro do governo. Em segundo, é o setor empresarial ou industrial que pode ser representado por qualquer outro ator econômico. Em terceiro, temos a sociedade civil que pode ser representada por ONGs e outros movimentos que tendem a identificar uma espécie de custo social, por último, cientistas e especialistas que apresentam o estado da arte reconhecido, todos os quatro têm algo a dizer, têm algum poder a desempenhar e a questão principal sobre a Governança de Risco é descobrir como esses quatro diferentes atores interagem e se eles fazem algo para reduzir o risco ou o amplificam.

Outrossim, para começar no aprofundamento acerca da reflexão sobre a Governança de Risco, cabe-nos iniciar explanando sobre o principal centro de pesquisa e desenvolvimento sobre essa Governança, o International Risk Governance Center (IRGC), onde se destaca como uma fundação independente e sem fins lucrativos que visa ajudar a melhorar a compreensão e gestão de riscos. Com sede em Genebra, na Suíça, possui apoio do Parlamento Europeu e da ONU, se destacando com contribuições notórias para o campo da governança de risco.

O IRGC, em 2005, desenvolveu um ideário de modelo Governança de Risco que pode ser considerado inclusivo no que se refere a participação da sociedade civil em seus mais variados níveis, haja visto que fornece uma estrutura que pode contribuir para melhorar as práticas de gestão de risco que vão além da análise e gestão de risco convencional, incorporando valores sociais e culturais que oferecem suporte na mensuração do risco real. O modelo do IRGC fornece duas grandes inovações para o campo do risco: a inclusão do contexto sociocultural e uma nova categorização do conhecimento relacionado ao risco. Em especial, sobre o vértice da inclusão do contexto sociocultural, ele possibilita levar em consideração que para uma Governança de Risco eficiente e eficaz é necessário abordar aspectos que vão desde a coleta das opiniões, valores e preocupações das diferentes partes interessadas sobre o risco até pesquisas sociais mais profundas

que visam a identificação de vieses cognitivos ou heurísticos² que possam afetar a percepção do risco objetivo, além de permitir que possa ser identificado a existência de restrições sociológicas, organizacionais e antropológicas para todos os atores bem como as partes interessadas envolvidas.

Diante dessa discussão e baseado nas claras evidências que a Lei de Segurança de Barragens não está produzindo o efeito esperado, maior segurança nas barragens de contenção de rejeitos de mineração e industriais, levante-se a seguinte hipótese:

- **Uma lacuna que existe na Lei de Segurança de Barragens e prejudica a segurança das barragens de contenção de rejeitos no Brasil é causado pela adoção de um modelo com baixo grau de Governança de Risco.**

Para confirmar ou negar essa hipótese, levanta-se a seguinte pergunta que deverá ser respondida durante a pesquisa:

- **Em comparação com o modelo de Governança de Risco desenvolvido pelo IRGC (2017), bem como outros modelos, a Lei de Segurança de Barragens pode ser classificada como de baixo grau quanto à presença da Governança de Risco?**

Essa é uma pergunta complexa que exigirá uma comparação estruturada da Lei de Segurança de Barragens com vários modelos e para tentar solucionar essa pergunta será realizada uma análise com auxílio da ferramenta da Análise Qualitativa Comparativa (QCA), através da sua variante Fuzzy Set QCA (fsQCA). Essa variante permite realizar comparações sistematizadas usando o auxílio da teoria dos conjuntos difusos (fuzzy set), em especial por permitir associações parciais, contemplando dessa forma a necessidade de atribuir um grau da presença da Governança de Risco, que poderá variar de baixo a alto.

² Nesse modelo do IRGC é expresso que os vieses heurísticos ou cognitivos são formas como os indivíduos percebem os riscos e se comportam diante dele. De acordo com o IRGC (2017) baseado no trabalho de Kahneman (2012) existem padrões comportamentais que afetam como as pessoas tomam decisões, por exemplo, o efeito ancoragem na qual as pessoas tendem a escolher com base em um significado generalista e simbólico no lugar de aprofundar e buscar novas informações de fontes confiáveis ou ainda a heurística da disponibilidade que de acordo com Kahneman (2012) orienta o indivíduo a escolher uma informação que está mais disponível na memória. Tais comportamentos, assim como outros, podem afetar como a sociedade toma decisões, principalmente diante de cenários incertos.

1.3. Objetivos

Na sequência serão apresentados os objetivos, geral e específicos, que guiarão este trabalho.

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral será analisar se a Lei de Segurança de Barragens apresenta baixo grau de presença da teoria de Governança de Risco.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) Determinar o grau de presença da Governança de Risco na Lei de Segurança de Barragens com a aplicação da Análise Comparativa Qualitativa (QCA).
- b) Determinar o grau de presença da Governança de Risco das entidades reguladoras que lidam com a segurança de barragens de contenção de rejeitos (ANM, SEMAS-PA, INEMA-BA, SEMA-MA, SEMAD-MG, CETESB-SP e NATURATINS-TO) com a aplicação da Análise Comparativa Qualitativa (QCA).
- c) Analisar o caso da Lei de Segurança de Barragens quanto a presença da Governança de Risco, discorrendo sobre as condições causais concernentes ao modelo de Governança de Risco do IRGC (2017).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, apresenta-se a revisão da literatura estruturada a partir de quatro pilares conceituais. Inicialmente, discorrer-se-á sobre uma visão geral da governança. Em seguida, são apresentados fundamentos consolidados sobre o risco. Posteriormente, será expresso a temática de Governança de Risco e por fim, será discorrido a respeito das barragens de contenção de rejeitos bem como a Lei de Segurança de Barragens e sua intrínseca relação com a Governança de Risco.

2.1. Governança: Uma Visão Geral

É complexo definir um conceito concreto para governança, como afirma Silva (2010), há um consenso de que o termo “governança” não possui coerência quando das utilizações do termo, haja visto que não há uma “teoria da governança” consistente. Outrossim, como aponta Meuleman (2008) apud Silva (2010), o entendimento que surge é que os usos para o termo governança são distintos, tornando-se um termo tão genérico a ponto de perder seu significado e tornar-se uma tautologia.

Dessa forma, Silva (2010) ao reforçar que a governança sendo concebida como uma proposição analítica que permanece sempre verdadeira, desperta a atenção para o fato desse termo não ser aplicado apenas nos contextos sociocientíficos, mas também nas políticas públicas, de tal forma que produz o sentimento que ele é assumidamente comum. Contudo, pensar isso é uma ilusão, haja visto que há cerca de vinte anos a governança ainda era uma questão de muitos especialistas, era um conceito ligado ao setor Público, uma palavra estrangeira (KENNETT, 2008; BENZ ET AL, 2007; BEVIR, 2007). Desde então, como afirma Benz et al. (2007), pode-se falar de uma marcha triunfal do termo e da perspectiva associada à rápida difusão. No início havia a suspeita de que poderia ser um conceito de moda e que em breve desapareceria de cena. Contudo, para se tranquilizar a esse respeito, é apropriado examinar mais de perto as origens da perspectiva de governança. Essa perspectiva tem sólidas raízes teóricas, ou é meramente uma questão de atrair atenção a curto prazo com inovações puramente semânticas?

Para responder essa pergunta, inicia-se com o direcionamento de Benz et al. (2007), na qual expressa que no mundo da língua inglesa, o termo “governança” não é de modo algum uma palavra incomum, haja visto que ela se referia ao "ato ou maneira de governar" ou "o cargo ou função de governar". Historicamente falando, esse fenômeno existe há vários milhares de anos, e um ponto

de vista especial não pode ser visto a partir de tal palavra. Este uso diário do termo “governança”, que remonta ao século 13, não é analiticamente muito inspirador. Ele não quebra a realidade de uma maneira que traz à luz aspectos excitantes e inéditos. No entanto, seria prematuro reduzir a perspectiva de governança para tal compreensão da vida cotidiana. Em vez disso, um olhar mais atento revela que aqui (como nas ciências sociais não raramente) um termo cotidiano foi usado como um nome para uma perspectiva que deixa para trás o conhecimento cotidiano dos fenômenos sociais e assim pode iluminar o próximo passo sócio científico (KENNETT, 2008; BENZ ET AL, 2007).

O termo Governança, de acordo Kjaer (2004), pode ser rastreada até o verbo grego *kubernän* (pilotar ou dirigir) e foi usado por Platão com relação a como projetar um sistema de governo. O termo grego deu origem ao termo do latim medieval *gubernare*, que tem a mesma conotação de pilotagem, criação de regras ou direção. Durante muito tempo essa palavra foi utilizada como sinônima de governo (SILVA, 2010).

No entanto, o entendimento da governança não deve se restringir ao uso exclusivo equiparado ao verbo governar, na verdade considerar isso é um ledo engano que muitas pessoas cometem. Partindo desse ponto focal, foi nas décadas finais do século XX e na primeira década do século XXI que surgiram produtivas discussões sobre esse termo, tais momentos contribuíram significativamente para o entendimento da governança no sentido de uma perspectiva mais profunda, como destaca Silva (2010, p. 67).

A Comissão Europeia (Governance in the EU - A White Paper) em suas discussões sobre o tema, discute a versatilidade do termo, que é utilizado em conexão com várias ciências sociais contemporâneas, especialmente economia e ciências políticas. Ele se origina da necessidade da economia (com relação à governança corporativa) e das ciências políticas (com relação à governança do Estado) por um conceito abrangente capaz de transmitir diversos significados não cobertos pelo termo tradicional “governo”. Para a Comissão Europeia, o termo governança se refere ao exercício do poder de forma abrangente, incluindo ações por órgãos executivos, assembleias (como os parlamentos nacionais) e órgãos judiciais (como cortes nacionais e tribunais). O termo governança corresponderia às chamadas formas de organizações pós-modernas.

Dessa forma, debates e definições a respeito da governança eclodiram em diferentes escalas espaciais e de diferentes tipos de instituições e campos acadêmicos. O termo "governança" foi dessa maneira transladado e utilizado em vários países da Europa Ocidental bem como em grandes nações como EUA, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, e posteriormente se tornou um tema

dominante em organizações internacionais, particularmente o Banco Mundial e as Nações Unidas. Na literatura ocidental, ele se preocupa principalmente com a ideia de uma mudança da percepção realista do antigo governo, baseado no sistema westfaliano, em que o mundo é organizado em nações territorialmente soberanas e exclusivas, sendo cada uma, produto de um monopólio interno da legítima violência. Esse antigo sistema era caracterizado como uma administração governamental na qual o governo era considerado como o ator dominante e chave na arena da política. Internamente, funcionava uma clara hierarquia de autoridade e nesse governo havia um processo hierárquico de cima para baixo, com o Estado-nação tomando o centro das atenções. No entanto, com a mudança do sentido de governança, foi identificado que a administração governante passou a ser apenas um dos intervenientes na arena da política. A arena política se tornou visivelmente mais populosa, há mais atores envolvidos, as fronteiras entre o público e a esfera privada são menos precisas e o comando do governo sobre o processo político é dito como ultrapassado (KENNETT, 2008).

Para Bevir (2007) a análise do termo governança começa com entendimento usado para descrever mudanças na natureza e no papel do Estado que seguiram as reformas do setor público das décadas de 1980 e 1990, em especial na Inglaterra. Comumente, diz-se que essas reformas levaram a uma mudança da burocracia hierárquica para um maior uso de mercados, quase-mercados e redes, especialmente na prestação de serviços públicos. Os efeitos das reformas foram intensificados pelas mudanças globais, incluindo o aumento da atividade econômica transnacional e o surgimento de instituições regionais como a União Europeia (UE). Assim entendida, a governança expressa uma crença generalizada de que o Estado depende cada vez mais de outras organizações para assegurar suas intenções, entregar suas políticas e estabelecer um padrão de regras. Por analogia, a governança também pode ser usada para descrever qualquer padrão de regra que surge quando o estado é dependente de outros ou quando o Estado desempenha pouco ou nenhum papel. Por exemplo, o termo governança internacional muitas vezes se refere ao padrão de regra encontrado no nível global, onde a Organização das Nações Unidas (ONU) é muito fraca para se assemelhar ao tipo de estado que pode impor sua vontade em seu território. Da mesma forma, o termo “governança corporativa” refere-se a padrões de regras dentro dos negócios - isto é, aos sistemas, instituições e normas pelos quais as corporações são dirigidas e controladas (BEVIR, 2007).

Não obstante disso, Benz et al. (2007) congrega o entendimento que há duas disciplinas relevantes para a genealogia do termo governança e que trabalham em direções diametralmente opostas para um entendimento comum dos termos. A primeira disciplina é a economia que fornece o esclarecimento de que existem outros mecanismos igualmente importantes de gerenciamento da interdependência do mercado, e a segunda é a ciência política que possui a capacidade em nível muito próximo, porém em termos de hierarquia ou estado. Cada uma das duas disciplinas não apenas descobre o mecanismo de governança previamente discutido e favorecido por outros, mas também outros mecanismos. Assim sendo, em particular cooperação com a sociologia, uma imagem amplamente dividida e diferenciada de governança começou a tomar forma.

Essa forma é entendida como uma governança expressa através da consciência crescente das maneiras pelas quais formas difusas de poder e autoridade podem assegurar a ordem mesmo na redução da atividade do Estado.

Contudo, o estado é um ator essencial e majoritariamente importante no processo de governança. No contexto dessa pesquisa, serão adotadas duas visões sobre governança que se relacionam diretamente. A primeira é a essência conceitual da governança expressa por Benz et al. (2007), na qual considera mais apropriado estabelecer a governança como um termo genérico para todos os padrões de gestão de interdependência entre os estados ou entre os atores estatais e sociais, no sentido de entender como ocorre a hierarquia no sentido de governar. A Segunda é expressa pela Comissão de Governança Global (1995, p. 2):

Governança é a soma das muitas maneiras pelas quais indivíduos e instituições, públicas e privadas, administram seus assuntos comuns. É um processo contínuo pelo qual interesses conflitantes ou diversos podem ser acomodados e ações cooperativas podem ser tomadas. Inclui instituições e regimes formais habilitados para fazer cumprir o necessário, bem como arranjos informais que pessoas e instituições concordaram ou consideram ser do seu interesse.

Ou seja, essas visões são caracterizações abrangentes, que incluem múltiplos atores sociais e diversas práticas sociais e se aplicam aos diferentes níveis de agregação. Também reconhece a presença de conflitos e cooperação em empreendimentos humanos e incorpora a ideia de mudanças contínuas no desenho e implementação de estratégias para gerenciar assuntos comuns em um ambiente democrático. Além disso, elas tendem a apresentar a vantagem de serem perfeitamente aplicáveis, praticamente sem alterações, a uma ampla gama de campos e tópicos, incluindo o de risco. Assim, para iniciar uma reflexão sobre a governança de risco, pode-se descrevê-la como as

várias maneiras pelas quais todos os sujeitos interessados gerenciam seus “negócios de risco” comuns, contudo discorrer-se-á mais especificamente sobre esse tipo de governança ao longo dessa fundamentação teórica.

2.2. Revisão Teórica do Risco

2.2.1. A Importância da Teorização do Risco

As teorias cotidianas, assim como as teorias científicas, são instrumentos para dar sentido ao nosso mundo. Eles dão orientação e nos permitem agir. Isso é verdade não apenas para leigos ou cientistas, mas também para atores organizados e para a sociedade em geral. As teorias estruturam a noção de se as questões são relevantes ou não, além disso, possuem a capacidade de mostrar-nos o que percebemos e ignoramos. Os pressupostos e decisões iniciais de uma teorização influenciam a fundamentação subsequente e conduzem a diferentes projetos de pesquisa, bem como diferentes interpretações dos resultados. Quando se refere ao fenômeno do risco, de fato, faz uma grande diferença o modo de sua interpretação, na qual pode ocorrer como resultado de novos e recentes tipos de risco que temos que enfrentar; ou causado em grande parte por uma mudança no estilo de governança; ou por uma sociedade cada vez mais desigualitária; ou como uma resposta às condições alienantes da vida cotidiana; ou ainda, como fruto dos problemas de diversas interpretações culturais (ZINN, 2008).

A teorização do risco está profundamente enraizada em contextos socioculturais específicos. Zinn (2008) relaciona que as abordagens acerca do risco são reconhecidas de maneiras diferentes. Nos países anglófonos, as abordagens do risco ocorrem através da teoria da sociedade de risco e governamentalidade, que são amplamente disseminadas, enquanto na Alemanha a sociedade de risco compete com a teoria de sistemas, enquanto a governamentalidade só recentemente atraiu mais atenção. No norte da Europa se difundiu a teoria cultural que foi originalmente desenvolvida nos EUA se espalhou rapidamente e já possui alguns desenvolvimentos mais recentes originados da Austrália. Poucas abordagens teóricas independentes foram desenvolvidas em outros países da Europa continental.

Nesse ensejo, a suposição mais geral compartilhada por todas as abordagens teóricas sobre risco é a distinção entre realidade e possibilidade. Enquanto o futuro for interpretado como predeterminado ou independente das atividades humanas, o termo “risco” não faz sentido algum.

Sendo assim, ao teorizar o risco e buscar um conceito, está se desenvolvendo a possibilidade de que o futuro possa ser alterado (ou pelo menos percebido como tal) pelas atividades humanas. Pode ser que se consiga controlar diretamente a ocorrência de um evento ou que pelo menos, tenha-se condições de fazer provisões para as consequências de um evento (ZINN, 2008).

2.2.2. Abordagens Sobre o Risco

O risco possui diversas abordagens. No final do século XVII, o termo risco era usado em muitos domínios da sociedade e Grimm e Grimm (1854) apud Zinn (2008) afirmavam que o “Risiko” (termo em alemão para risco), se tornará parte da linguagem cotidiana do século XVIII. Luhmann (1993) argumenta que o surgimento e disseminação do termo risco tem a ver com um novo tipo de experiência que ganhava terreno no período de transição entre o final da Idade Média e o início da era moderna e indicaria uma nova histórica experiência que ocorria em vários domínios sociais. Ele supõe que a ocorrência da noção inicial de risco foi apoiada pela percepção de que certas vantagens só serão obtidas se algo estiver em jogo. Não é uma questão do custo, que pode ser calculado de antemão e negociado contra as vantagens. Trata-se, antes, de uma decisão que, como se pode prever, será posteriormente lamentada se ocorrer uma perda que se esperava evitar.

Uma forma inicial institucionalizada para permitir a tomada de riscos e proteger-se contra possíveis perdas foi desenvolvida no final da Idade Média no comércio marítimo. Os comerciantes se uniram para administrar o risco sempre agudo de perder um ou mais de seus navios. Eles desenvolveram uma forma inicial de seguro (LUHMANN, 1993). O sucesso do conceito de risco continuou com a aplicação de técnicas de cálculo de risco probabilístico em diversos domínios da sociedade. A ideia de seguro contra acidentes na produção industrial e o desenvolvimento do seguro social compulsório foram marcos no uso social do cálculo de risco e no manejo das populações. Ewald (1986) até interpreta o desenvolvimento de uma sociedade de seguros como um indicador da transição para a modernidade. Atualmente, as técnicas de risco são aplicadas em diversas sociedades. Existem seguros contra uma enorme variedade de riscos (por exemplo, seguros de vida, automóveis, casas e etc.) e a indústria usa rotineiramente ferramentas de avaliação para minimizar os custos causados por acidentes desnecessários.

Na medicina, técnicas matemáticas similares são aplicadas para descobrir novos tratamentos e drogas. O controle do crime usa técnicas de risco para calcular o risco de ocorrências subsequentes e a psicologia se refere a elas para avaliar casos isolados. Usa-se o conhecimento sobre os riscos na tomada de decisão diária: por exemplo, como uma mulher pode se comportar durante a gravidez. No entanto, em algumas atividades, busca-se explicitamente o risco, ao mesmo tempo em que confiamos nos avanços proporcionadas pela ciência, como alguém que possui plena confiança na segurança da linha de bungee jumping ou no desdobramento de um paraquedas (ZINN, 2008).

Esse excesso de confiança em grande parte se origina num processo de modernização que possibilita ao homem assumir mais riscos em virtude de uma ciência que vem suplantando as tradicionais visões de mundo. Isso já era pragmatizado por Weber (2005, p. 22) em seu discurso expresso há cerca de 70 anos e registrado na obra “Ciência como vocação”, é o que o autor chama do mundo experimentar um desencantamento que propicia ao ser humano poder se preparar melhor para os eventos indesejados que possam ocorrer:

A crescente intelectualização e racionalização [...] significa [...] o conhecimento ou a crença de que, se alguém desejasse, poderia aprender a qualquer momento. Portanto, significa que, principalmente, não há forças incalculáveis misteriosas que entram em ação, mas sim que, em princípio, é possível dominar todas as coisas por meio de cálculos. Isso significa que o mundo está desencantado. Não é mais necessário recorrer a meios mágicos para invocar ou implorar aos espíritos, como faziam os selvagens. Isso consegue-se graças aos meios técnicos e ao cálculo.

Mesmo que essa ideia de um mundo racionalizado nunca tenha sido plenamente realizada, ela se tornou uma semântica social central e, como parte dela, o conceito de risco também. Risco implica que um futuro incerto pode ser disponibilizado para a ação humana acima de tudo com a ajuda da ciência e técnica positivistas (ZINN, 2008). Alguns pesquisadores acreditam que essa posição de confiança foi suplantada pela ênfase no lado negativo do risco, danos, perdas e lesões (DOUGLAS, 1994; TULLOCH E LUPTON, 2003; LUPTON, 2013), e causaria até mesmo uma aversão ao risco irracional ou uma cultura do medo.

Dessa forma, a abordagem comunicativa do risco adquiriu força, porém a qualidade da mudança, sua avaliação e as possíveis causas ainda são controversas. Enquanto alguns interpretam o aumento na comunicação de risco como um desenvolvimento bastante indesejável, outros enfatizam que é uma resposta razoável a mudanças sociais perigosas. Alguns julgam que a vida é

mais segura do que nunca, enquanto outros enfatizam a qualidade especial de novos riscos que ameaçariam a existência de toda a vida humana. As razões para o aumento da comunicação do risco poderiam, portanto, ser interpretadas como uma nova sensibilidade em relação aos riscos, fruto de uma cobertura mais desenvolvida tecnologicamente da mídia ou ainda como uma mudança fundamental do nível de qualidade dos perigos que temos de enfrentar (BENZ et al., 2007; ZINN, 2008; BECK, 2011).

Nesse sentido, os conceitos de risco usados em uma variedade de diferentes disciplinas e abordagens são geralmente explicados contra o pano de fundo de sua fundação epistemológica (ZINN, 2008; BECK, 2009; 2011). Isso se refere a uma ideia de risco que é conceitualizada principalmente como uma entidade, que tem uma existência objetiva e é objetivamente acessível independente do contexto social, ou se os riscos são vistos primeiramente como socialmente mediados ou ainda como algo socialmente construído independentemente de sua existência concreta (ver tabela 1).

Tabela 1: Epistemologia do risco em diferentes disciplinas e abordagens

	Risco como...	Perspectivas	Abordagens
1	Real e Objetivo.	Cálculo objetivo de eventos	Avaliação técnica de riscos, seguros, epidemiologia, toxicologia.
2	Subjetivamente parcial.	Os riscos objetivos são subjetivamente percebidos e calculados.	Paradigma psicométrico, escolha racional: utilidade objetiva/subjetiva.
3	Socialmente mediada.	A experiência subjetiva de riscos reais é mediada socialmente.	edgework (comportamento arriscado ou radical.)
4	Real e socialmente construído.	A realidade e a discussão sobre os riscos influenciam-se e produzem-se mutuamente.	Sociedade de risco
5	Socialmente transformado.	As ameaças reais são transformadas em riscos para as fronteiras socioculturais.	Teoria cultural
6	Socialmente construída.	Eventos são riscos na medida em que fazem parte de uma tecnologia calculista.	Governamentalidade
		Os riscos são decisões socialmente atribuídas.	Teoria dos sistemas

Fonte: Zinn (2008).

Conforme se observa na tabela 1, numa primeira perspectiva realista, os riscos são entendidos principalmente como eventos reais ou perigos iminentes que podem ser abordados objetivamente sem que haja um domínio específico de uma determinada disciplina: por exemplo, observa-se o risco presente em aplicações atuariais, pesquisas toxicológicas e epidemiológicas, engenharia, avaliação probabilística, bem como abordagens econômicas, incluindo comparações risco-benefício. Quando limites da qualidade do cálculo ocorrem, eles são interpretados como uma falta de conhecimento que se pode superar, em princípio, por meio de pesquisas adicionais e melhores análises científicas. A maneira superior de gerenciar as incertezas é vista na produção de conhecimento mais objetivo, mesmo quando se aceita que o conhecimento será sempre limitado. Em tal perspectiva realista, os riscos são calculados pela probabilidade de sua ocorrência e pela quantidade do dano. Tais cálculos são confiáveis, desde que sejam baseados em um grande número de eventos diferentes e as condições futuras sejam comparáveis com o passado (“*ceteris paribus*”). No entanto, modelos e cenários são desenvolvidos a fim de encontrar orientações sobre como agir racionalmente em relação a um futuro incerto, mesmo quando o conhecimento é limitado. Porém, tais modelos dependem de suposições não testadas (LUHMANN, 1993; ZINN, 2008; BECK, 2011). Além disso, no que se refere aos debates sobre risco nessas áreas técnico-científicas, há uma tendência a girar em torno de questões de quão bem um risco foi identificado ou calculado; o nível de seriedade de um risco em termos de seus possíveis efeitos; quão precisa é a ciência que tem sido usada para medir e calcular o risco; e quão inclusivos são os modelos causais ou preditivos que foram construídos para entender por que os riscos ocorrem e por que as pessoas respondem a eles de certas maneiras. Essas abordagens tendem a ser empregadas por aqueles que trabalham com gerenciamento de risco, comunicação de risco e análise de risco (LUPTON, 2013).

Em uma segunda perspectiva realista, o gerenciamento de riscos das pessoas é interpretado como subjetivamente enviesado. Isso significa que, embora possamos objetivamente descobrir qual seria a melhor resposta a um risco, os julgamentos e percepções subjetivas observáveis se desviam sistematicamente. Estes desvios são interpretados como não razoáveis, enquanto o ideal é visto como a opção racional superior para buscar.

Por exemplo, na economia, o risco é conceituado não como dano físico ou outro efeito objetivo, mas como uma utilidade esperada (RENN, 1992). Utilidades esperadas que são regularmente expressas em termos de dinheiro têm a vantagem de propiciar a comparação

diretamente com vários riscos e custos. O pressuposto subjacente é que os indivíduos tentam maximizar sua utilidade e que as informações necessárias e o tempo estão disponíveis para equilibrar prós e contras. Essa abordagem convencional na economia é relaxada pelo reconhecimento de preferências subjetivas. As utilidades subjetivas reconhecem que as preferências dos indivíduos interpretam a utilidade subjetivamente, referindo-se a diferentes valores ou interesses relativamente estáveis, enquanto o conceito de racionalidade é mantido. Quando se trata de pesquisar sobre a tomada de decisão dos indivíduos, a economia e a psicologia chegam perto de assumir que há decisões objetivamente melhores, enquanto desvios sistemáticos são vistos como indesejáveis (ZINN, 2008).

Uma outra abordagem do risco, denominada de psicométrica (SLOVIC, 2000) examina intensamente quais riscos as pessoas se preocupam e o quanto estão preocupadas. Usando questionários padronizados, escala psicofísica e análise multivariada, essa abordagem constrói mapas cognitivos da percepção de risco para descobrir padrões gerais e causalidades. A pesquisa de percepção de risco mostrou como a qualidade dos riscos (por exemplo, sua escala, pavor ou probabilidade) influencia as respostas aos riscos. Outro estudo tenta integrar fatores culturais e emocionais (SLOVIC, 1999), enquanto a dinâmica sociocultural e histórica da comunicação de risco é menos examinada. A compreensão da dinâmica dos processos interativos sobre risco permanece subdesenvolvida, desde que os riscos sejam entendidos como significativamente identificados por suas características objetivas e sua percepção, conforme determinado pelas leis independentes do contexto geral, embora um maior reconhecimento da construção sociocultural do risco tenha ocorrido posteriormente (TAYLOR-GOOBY; ZINN, 2006).

Em algumas abordagens, os riscos objetivos são interpretados como mediados por fatores sociais. Por exemplo, Douglas (1994) assume que, embora os riscos sejam necessariamente reais, para foco de debate, eles são socialmente selecionados e transformados. A seleção e percepção de risco e a resposta aos riscos de um grupo social seriam determinadas pela organização institucional do grupo. A realidade de um perigo é um pré-requisito para debates e atividades persistentes sobre risco, enquanto sua politização é culturalmente determinada.

Outras abordagens compreendem explicitamente o risco como sendo algo socialmente construído, em oposição a ser mediado. Isto implica que os debates de risco podem ocorrer e decolar sem qualquer relação substancial com um mundo real. Embora essas teorias não neguem a

existência de um mundo material, elas conceituam o risco criado e gerenciado como parte dos processos sociais. Portanto, o aumento das preocupações públicas só pode ser explicado por fatores sociais. Por exemplo, a perspectiva da governamentalidade se concentra nos processos sociais que constituem risco. O risco é entendido como uma forma específica de gerenciar a incerteza por meio de técnicas matemáticas (principalmente análise estatística-probabilística) que são dotadas de significado dentro dos processos institucionais e discursivos. Em um nível epistemológico similar, a abordagem da teoria de sistemas interpreta o risco como constituído pela tomada de decisão e a atribuição de decisões aos atores sociais. Os riscos são, portanto, parte de qualquer decisão. No entanto, um dano ou risco pode ser atribuído a nós mesmos, ainda que não se tenha nada a ver com isso. Essas abordagens não negam um mundo real em princípio, mas esse mundo influencia como entende-se o risco e a incerteza como seres sociais. Eles assumem que só se pode entender as lutas conflitantes sobre risco se referindo à dinâmica social. Alegações da realidade sobre o caráter objetivo de tais riscos são vistas como parte desses processos (ZINN, 2008).

Algumas abordagens são difíceis de se posicionar. Elas interpretam os riscos como reais e socialmente construídos ao mesmo tempo. Beck (2002) afirma que há possibilidade de combinar tanto uma perspectiva realista quanto uma perspectiva construtivista. Ele enfatiza, por um lado, a realidade do risco (como perigo, dano, etc.) e sua mediação social e, por outro lado, a construção social dos riscos pelas instituições sociais. Ulrich Beck, portanto, segue uma perspectiva realista crítica.

Por fim, Lyng (2005) em sua abordagem sobre edgework, interpreta os perigos mortais de alto risco bem como a experiência da adrenalina que o acompanha como bastante real. Ao mesmo tempo, ele atribui o caráter sedutor ao alto risco, a partir de contextos sociais, como um mundo social super socializador e alienante. Portanto, a experiência dos riscos é entendida, por um lado, como imediata e pré-social e, por outro, como mediada socialmente.

Explicar essa tendência no comportamento voluntário de assumir riscos cria vários desafios conceituais e teóricos, como afirma Lyng (2005). Primeiro, as características salientes de uma ampla gama de empreendimentos de alto risco (empreendidos não como meios para outros fins, mas como fins em si mesmos) devem ser identificados através da aplicação de um conceito unificador. O conceito de edgework refere-se especificamente à experiência de gerenciar essas condições. Como uma possível subcategoria de ação que pode envolver alguns elementos de fluxo,

a noção de edgework direciona atenção explícita para as dimensões mais anárquicas das experiências de alto risco (LYNG, 1990).

De acordo com Lyng (2005) o termo “edgework” foi cunhado pela primeira vez pelo autodenominado jornalista “Gonzo”, Hunter S. Thompson, em seus primeiros livros *Hell’s Angels* (1966) e *Fear and Loathing in Las Vegas* (1971). Como um jornalista com pouco interesse na aplicação científica social de seu termo, Thompson nunca forneceu uma definição explícita de edgework, embora suas poderosas descrições de suas próprias experiências de risco transmitissem uma rica compreensão do fenômeno. Apropriar-se da ideia de Thompson para a análise sociológica exigia que o edgework fosse rigorosamente conceituado em termos de suas duas partes componentes – o edge e o work. Por um lado, todas as experiências de risco classificadas como edgework envolvem um encontro com uma determinada borda ou condição de limite. No nível mais abstrato, essa condição de fronteira consiste na linha que separa forma e não-forma, ordem e desordem, expressa mais concretamente em termos da distinção entre vida e morte, sanidade e insanidade, consciência e inconsciência, ou outros limites humanos consequentes. Ao enfrentar os desafios de vida e morte da escalada do Himalaia ou os perigos psíquicos do uso de drogas alucinógenas, garantir que não “cruze a linha” para a ausência de forma ou aniquilação é um objetivo crítico do empreendimento. No entanto, o real significado da “edge” nessas atividades se reflete em como os trabalhadores de ponta de todos os matizes procuram chegar o mais próximo possível dessa linha crítica sem realmente cruzá-la (LYNG, 1990).

Por outro lado, negociar a linha entre vida e morte ou consciência e inconsciência envolve o uso de habilidades e capacidades tipicamente associadas à experiência de “work”. O termo “work” carrega muitos significados diferentes tanto no senso comum quanto no uso acadêmico, mas de acordo com Lyng (1990) o modelo edgework emprega uma concepção sociológica baseada na distinção marxista entre trabalho livre e alienado. A concepção de Marx de trabalho livre, ou “work” na terminologia empregada nos primeiros escritos de Marx e Engels, concentra-se na dupla função dessa “atividade” de criar “valor de uso” e permitir que os seres humanos objetifiquem seus poderes humanos na natureza. Sob certas condições estruturais, o trabalho serve como veículo para o desenvolvimento do potencial humano, pois requer o uso combinado de múltiplas capacidades humanas. Como a mais exigente de todas as atividades humanas, o trabalho ou trabalho livre pode ser descrito como “consciente”, “intencional”, “concentrado”, “física e mentalmente flexível”,

“social”, “habilidoso” e “racional”. Essa concepção de trabalho está em contraste direto com as condições de alienação no local de trabalho. O “trabalho alienado” (trabalho controlado e organizado por empregadores capitalistas com o propósito de maximizar a eficiência e o lucro) não possui nenhuma das características de desenvolvimento potencial do trabalho livre. Assim, em sua forma típica, o trabalho alienado é irracional, coagido, inflexível, competitivo, desqualificado e muitas vezes sem lógica (LYNG, 1990; 2004).

Pensar no componente “work” da expressão *edgework* em termos marxistas destaca o outro aspecto crucial do comportamento de risco compreendido neste conceito. Encontros imediatos com o limite normalmente exigem altos níveis de concentração combinados com uma consciência expandida da gama de fatores que determinam o resultado final. As ações de alguém são propositais, pois garantem a sobrevivência ou a segurança de alguém diante de um perigo extremo. Os *Edgeworkers* (assim chamados por Lyng (1990) as pessoas que adotam o comportamento do *edgework*) também empregam habilidades específicas, aquelas apropriadas para a atividade de risco particular (paraquedismo, alpinismo, corrida de moto, etc.) e uma capacidade de sobrevivência generalizada comum a quase todas as formas de *edgework*. A última habilidade é muitas vezes vista como uma forma de resistência mental que é crucial para manter o controle sobre situações que a maioria das pessoas veem como completamente incontroláveis (LYNG, 1990; 2014).

2.2.3. A epistemologia do risco

Segundo Zinn (2008) o termo risco é usado em dois modelos conectados. Primeiro, é entendido como de três formas: um perigo simbólico, dano material, ou ainda um evento futuro negativo declarado. Nesse caso, a teorização do risco é fundamentada sobre como tais perigos ou danos são gerenciados, prevenidos ou atribuídos (ou não) às decisões. No segundo modelo, o risco também é entendido como uma forma específica de gerenciar a incerteza, é sobre como as incertezas são (racionalmente) gerenciadas, e as teorias variam em relação ao grau de racionalidade, desde de uma prática calculista até para qualquer forma de gerenciamento intencional da incerteza. As gamas de teorias destacam diferentes aspectos e explicações que contribuem para a explicação dessas duas compreensões fundamentais do risco, a primeira como dano e a segunda como prática de cálculo.

A teoria dos sistemas de Luhmann (1993) conceitua a sociedade em termos da comunicação e o risco como decisões comunicadas. A sociedade é entendida como constituída por comunicações que dão sentido ao mundo ou, melhor, que constituem o mundo social na comunicação. Portanto, na perspectiva da sociedade, não há mundo “fora”. Tal mundo existe apenas na medida em que é “comunicado” (MATHIS, 2004). Como resultado, não há mais um ponto de vista objetivo dentro ou fora da sociedade para identificar riscos “reais”. Em vez disso, os riscos são “produzidos” de maneira diferente e dependem da lógica autorreferencial de sistemas funcionais, como ciência, direito, religião e economia. Na perspectiva da teoria de sistemas, a ciência observa como outros sistemas observam, constroem e gerenciam riscos. Este nível de observações é chamado de observações de segunda ordem. Em contraste, muitas outras abordagens ao risco estão relacionadas a como gerenciar ou reduzir perigos reais ou danos. Mas a construção de riscos “reais” pela ciência é apenas uma maneira de descrever os problemas de risco como problemas de conhecimento objetivo. Em outras perspectivas, as decisões de risco aparecem como problemas de justiça (lei), moralidade (ética) ou dinheiro (economia).

Enquanto outras abordagens de risco estão preocupadas com a forma de gerenciar perigos ou danos reais, a teoria de sistemas interpreta o risco como natural em todas as decisões e interpreta a sociedade moderna como uma sociedade que se descreve principalmente em termos da tomada de decisão (MATHIS, 2004). Preocupa-se principalmente com a realidade dos perigos ou malefícios, que é uma maneira técnica e científica de observar os riscos. O foco central está em como a sociedade se observa em termos de decisões (arriscadas) e como os eventos são atribuídos a decisões ou a não-decisões de entidades sociais.

A teoria dos sistemas conceitua muito fundamentalmente o risco contra o pano de fundo de uma sociedade funcionalmente diferenciada que torna impossível qualquer noção substantiva ou explicação da racionalidade e é, portanto, responsável pelo aumento da comunicação de risco (MATHIS, 2004). Luhmann (1993) baseia-se na mudança histórica da semântica, da antiga racionalidade normativa referente à natureza (Aristóteles), através da diversificação em diferentes tipos de racionalidade (principalmente científica e econômica) até uma crítica da própria racionalidade. Luhmann conclui que não há mais uma ideia substancial disponível para regular ou integrar a sociedade como um todo. Em vez disso, todos os sistemas funcionais seguem sua própria lógica, enquanto a aplicação de sua racionalidade específica é fracamente acoplada aos outros

sistemas (MATHIS, 2004). Por exemplo, o que é cientificamente possível não é necessariamente desejável moral, política ou economicamente. Os outros sistemas funcionais têm que manter a ciência dentro dos limites para evitar o poder descontrolado e destrutivo do desenvolvimento científico (LUHMANN, 1993; ZINN, 2008).

Outra forte perspectiva é a governamentalidade (EWALD, 1986; FOUCAULT, 1991) que aborda o risco sob um prisma construtivista. Ela conceitua o risco como parte de uma técnica específica que surgiu como forma para governar sociedades que se desenvolveram em estados liberais no início e no final da modernidade, especificamente na Europa industrializada ocidental. A governamentalidade é sobre a constituição da realidade social por meio de discursos e técnicas práticas que orientam a compreensão da realidade social e da ação razoável. Embora haja um foco no discurso, as estratégias governamentais são bastante práticas em termos de regras, instalação de tecnologias de vigilância, força direta e punição.

Na perspectiva da governamentalidade o risco é teorizado a partir de uma perspectiva de poder e controle. O risco é entendido como trazido à existência como uma tecnologia (prática calculista) e como discurso (conhecimento) por instituições sociais e governos em um estilo liberal para governar as sociedades modernas (FOUCAULT, 1991; SILVA, 2020). Estudos de governamentalidade recorrem ao conceito discursivo de poder de Foucault (SILVA, 2020). Foucault se desvia significativamente de entendimentos tradicionais que conceituam o poder em termos hierárquicos, aplicados pelos governos ao público com uma forma de legitimidade ou apenas coerção. Seu conceito de poder é muito mais amplo. Entende-se como um sistema discursivo pelo qual o poder é alocado na sociedade. O poder como conhecimento é disseminado em toda a sociedade e é gerado pela produção institucional e subjetiva de significado. Isso faz do “poder” um termo “pega-tudo”. Entretanto, um puro conceito discursivo de poder, que basicamente interpreta o poder em termos de comunicação, seria enganoso. Mesmo em estados liberais, os discursos são acompanhados por medidas muito práticas que estão prontas para impor a obediência, se necessário (SILVA, 2020).

A governamentalidade distingue entre estratégias de poder, que tentam determinar o comportamento dos indivíduos diretamente, e tecnologias do eu, que capacitam os cidadãos a administrar seus corpos, almas e modo de vida para atingir objetivos como perfeição, felicidade, pureza ou poder. Aqui, o risco entra em jogo como uma estratégia de poder e uma tecnologia. Por

um lado, o indivíduo não é mais tratado como um todo, mas como parte de uma prática calculista que visa as populações definidas por uma combinação específica de fatores. Assim, o indivíduo não é mais definido por suas características reais, mas por cálculos de probabilidade. Torna-se um objeto de medidas por causa de probabilidades que são válidas para uma população, mas podem não se aplicar a uma pessoa específica (FOUCAULT, 1991; SILVA, 2020).

Por outro lado, as tecnologias de risco produzem um tipo específico de conhecimento que define o que devemos fazer. Está, portanto, intimamente ligado ao conceito liberal do sujeito autônomo, auto responsável e prudente que se conduz (FOUCAULT, 1991; SILVA, 2020). O conhecimento de risco identifica um comportamento específico como razoável e socialmente desejável. Dessa forma, os governos estruturam o comportamento dos indivíduos indiretamente com a ajuda da produção de um tipo específico de conhecimento de risco. Assim, o governo liberal não é mais uma regulação da liberdade natural. Em vez disso, constitui uma liberdade artificial para indivíduos economicamente racionais.

O risco como tecnologia social para governar sociedades se refere à técnica de cálculo de probabilidades aplicada tais como as aplicadas em seguros (DEFERT, 1991; EWALD, 1991), em psiquiatria (CASTEL, 1991) ou em outras técnicas para preparar o futuro (WEIR, 1996; GARLAND; 2003). Nada é um risco em si mesmo; não há risco na realidade. Mas, por outro lado, tudo pode ser um risco; tudo depende de como se analisa o perigo e se considera o evento. (EWALD, 1991).

O risco é, portanto, entendido não como dano ou perigo, mas como uma maneira específica de gerenciar tais ameaças com a ajuda de tecnologias numéricas. Um dano ou perigo simplesmente acontece. Só se torna um risco quando é trazido à existência como uma probabilidade de um evento geralmente atribuído a uma pessoa (com qualidades específicas) ou a uma população.

Por exemplo, um acidente é algo que pode acontecer, ou não, a todos os motoristas de um carro, mas esse acidente se torna um risco quando a probabilidade de um acidente é calculada com base em nossas experiências passadas. Então, veremos que a probabilidade de um acidente é maior para os jovens condutores do que para os motoristas de meia-idade. Isso não diz nada sobre se um jovem específico dirige de maneira mais arriscada do que outro. Pode haver jovens adultos que dirigem com muito cuidado, mas como parte de um grupo eles são tratados por contribuições mais

altas para o seguro de carro. Dessa forma, o risco de ter um acidente de carro se aplica à população como um todo; ao mesmo tempo em que, identificado por critérios específicos, tende a negligenciar alguns grupos. Portanto, produz uma realidade artificial. Essas técnicas são aplicadas de maneira diversificada, por exemplo, nos seguros, psiquiatria e criminologia, a fim de tornar um futuro incerto acessível à ação humana (EWALD, 1986; 1991).

Mas o risco não é apenas uma técnica para gerenciar um futuro incerto. Faz parte dos discursos da sociedade que produzem o conhecimento para definir ações e decisões razoáveis. Assim, o risco é insolúvel quando ligado às questões normativas e morais (BAKER; SIMON, 2002; BECK, 2011). Por exemplo, Zinn (2008) mostrou como a introdução do seguro de vida nos EUA foi adiada devido ao seu status moral controverso. O seguro de vida foi amplamente condenado pelos jornais e líderes religiosos como sacrílego e imoral. Somente quando os aspectos positivos da segurança financeira para a família foram enfatizados pelos padres e outros agentes sociais importantes, depois da década de 1840, o seguro de vida tornou-se um sucesso nos EUA.

Enquanto a teoria dos sistemas e a governamentalidade reivindicam posições construtivistas, a perspectiva simbólica cultural de Douglas (1994) reforçada por Lupton (2013), reúne uma compreensão realista do perigo com uma ideia construtivista de como tais perigos são politizados. Mesmo que Douglas tenha notado que os perigos são terrivelmente reais, seu argumento não é sobre a realidade dos perigos, mas sobre como eles são politizados. O debate sempre liga algum perigo real e algum comportamento reprovado, codificando o perigo em termos de uma ameaça às instituições valorizadas. As ameaças reais são sempre transformadas em riscos simbólico-culturais. Mas a construção sociocultural do risco é teoricamente independente de sua realidade objetiva. Consequentemente, a qualidade do risco não tem impacto imediato nas formas de crítica e resistência que são funcionalmente equivalentes. Em vez disso, a organização social (escolhida) determina quais riscos são selecionados e quem deve ser responsabilizado por eles. Argumenta com a ajuda de sua tipologia de *grade/grupo* que, em uma cultura individualista que favorece o livre mercado, os fracos e os perdedores têm que levar a culpa por seu fracasso. As preocupações sociais concentram-se nos riscos para a cultura competitiva dos mercados. Em uma cultura hierárquica, os desviantes das normas sociais dominantes têm que assumir a culpa, enquanto o foco está nos riscos sociais. Finalmente, em uma cultura igualitária, estrangeiros e líderes de facções são responsabilizados e há a tendência de se concentrar nos riscos naturais.

Na teorização cultural mais atual, inspirada na virada cultural (TULLOCH, 2008), não há posição epistemológica homogênea. Dito isto, há uma tendência a produzir descrição densa (em contraste com a teoria geral ou suposições sobre mudanças societais gerais), a adotar construções subjetivas e culturais de risco no cotidiano bem como a auto-reflexividade sobre a posição do pesquisador. Consequentemente, em outro trabalho, Tulloch e Lupton (2003), enfatiza uma posição construtivista sobre o risco e se concentra em construções narrativas/discursivas de significado:

Compreensões sobre o risco e, portanto, as maneiras pelas quais o risco é tratado e vivenciado na vida cotidiana, são inevitavelmente desenvolvidas através da participação de culturas e subculturas, bem como através da experiência pessoal [...] Nossa abordagem ao risco adotou uma posição construcionista social [...] reconhecendo a importância do discurso na construção de epistemologias de risco e em enfatizar que todas as epistemologias de risco são socialmente construídas, incluindo aquelas de “especialistas”. Em vez de estabelecer uma distinção entre avaliações de risco “racionais” e “irracionais”, preferimos nos concentrar nos significados que são imputados ao risco e como esses significados operam como parte das noções de subjetividade e de suas relações sociais [...] Estamos nos baseando na compreensão pós-estruturalista da importância da linguagem para ajudar a constituir sentido e moldar a subjetividade. (TULLOCH; LUPTON, 2003, p. 12)

Assim, a virada cultural sustenta uma perspectiva que conceitua a realidade simbólica do risco em discursos e experiências subjetivas, independentemente da estrutura organizacional de um grupo social.

Na teoria de Beck (1995, 2009, 2011) sobre a sociedade de risco a tensão entre realismo e construtivismo, ou natureza e o social, é grande. Por um lado, Beck entende o risco como perigo ou dano, mas ao contrário das abordagens consideradas anteriormente, ele supõe que a qualidade dos novos riscos tem um impacto direto sobre o social. Em contraste com os primeiros riscos industriais, os riscos de engenharia nuclear, química, ecológica e genética, não podem ser limitados em termos de tempo e lugar. Não são responsáveis de acordo com as regras estabelecidas de causalidade, culpa e responsabilidade, e não pode ser compensada ou segurada (BECK, 2009). Portanto, eles não podem ser gerenciados por estratégias modernas de cálculo probabilístico. Esse argumento é muito diferente de todas as outras abordagens construtivistas apresentadas acima, que se concentram no sentido social dos riscos e tentam explicá-lo pela organização sociocultural (DOUGLAS, 1994), lógicas de sistemas funcionais (LUHMANN, 1993) ou estratégias de poder (FOUCAULT, 1991; EWALD, 1991). Novos riscos não são tão horríveis, como Douglas (1994)

declarou, eles têm, como argumenta Beck (2009; 2011), uma nova qualidade e, portanto, causam problemas específicos de conhecimento para gerenciá-los.

Por outro lado, Beck (2009, 2011) interpreta o risco trazido à existência por entidades sociais, como ciência, direito, política e mídia de massa, que definem, selecionam e gerenciam riscos. Beck defende a construção social de riscos reais e imaginários. Como o risco implica um futuro incerto, então perigos reais, preocupações, medos ou imaginação são indissolivelmente partes do risco. Os riscos são sempre reais e construídos.

Beck, criticado por alguns por sua mistura de perspectivas realistas e construtivistas (ALEXANDER, 1996; HOLLWAY; JEFFERSON, 1997; ELLIOTT, 2002; LUPTON, 2013), assume uma posição bastante pragmática (BECK, 2009). Em vez de no princípio adotar uma perspectiva, ele afirma usar essas perspectivas como meio de expressar o caráter complexo e ambivalente do risco, que engloba tanto o risco como eventos reais quanto os riscos como discurso. Beck (2009) se refere a Latour (1994), Haraway (1991) e Adam (1995), que argumentam que a distinção entre natureza e cultura (ou real e construída) é bastante artificial e introduzida pela própria modernidade. Eles sugeriram, portanto, examinar o mundo em termos de híbridos de natureza/cultura que não são nem natureza pura nem cultura. Enquanto seus conceitos são negativos, dizendo “o que não é”, Beck (2009, 2011) interpreta os riscos de forma positiva como natureza e cultura ou “híbridos feitos pelo homem”, e a sociedade de risco como uma “sociedade híbrida” que observa, descreve, valoriza e critica seu próprio hibridismo.

Nesse emaranhado de discussão epistemológica sobre o risco, o Edgework surge como uma perspectiva que visa explicar o crescente número de pessoas que são seduzidas a se engajar em atividades de alto risco na modernidade. O conceito de edgework foi introduzido por Stephen Lyng (1990, 2005) e acrescentou a questão, frequentemente menos compreendida, da tomada voluntária de riscos, como observável em esportes radicais ou atividades criminosas de alto risco. O foco está na capacidade do indivíduo de gerenciar situações de alto risco ou, como Lyng (1990) enfatiza, de ir tão perto da borda quanto possível sem realmente cruzá-la. Embora a noção do Edgework tenha sido aplicada a uma série de atividades (crime, alpinismo, compartilhamento de ações e etc.) (LYNG, 2005), o forte argumento no conceito original enfoca a fronteira natural entre a vida e a morte e as habilidades práticas incorporadas para gerenciar emoções e riscos. Conseqüentemente, o conceito de risco é real na gestão do indivíduo em situações de alto risco. Começando com a

análise da empolgação na tomada de risco, observa-se dentro de um primeiro plano fenomenológico que há uma tendência primariamente para interpretar essa experiência como um desejo anti ou pré-social, entendido como uma experiência corporal imediata do mundo.

Nesse ensejo, o edgework originalmente explica o aumento de atividades voluntárias de alto risco pela falta de possibilidades de experimentar e moldar um eu satisfatório em um mundo moderno alienante, super-socializante e desencantador. O desejo e o caráter sedutor do edgework são, portanto, causados, por um lado, pela atividade em si, mas, por outro lado, pelo contexto social. Consequentemente, o aumento das atividades de alto risco é interpretado como uma resposta às mudanças socioestruturais e socioculturais gerais. Esse dualismo da experiência corporificada e da mudança social geral é mantido em uma explicação recente para o trabalho de equipe que interpreta o crescente envolvimento das pessoas em atividades de alto risco como uma adaptação à mudança social. As incertezas crescentes na modernidade tardia podem socialmente recompensar o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem (LYNG, 2005).

O que se segue disso para teorizar? Obviamente, as abordagens diferem não apenas em seu posicionamento do problema de risco em uma escala que vai do realismo ao construtivismo; em vez disso, cada abordagem examina um domínio específico de fenômenos.

Enfim, como se observa há um grande debate entre os profissionais de risco sobre a natureza dos riscos: os riscos são construções sociais ou fenômenos reais (realismo)? A questão aqui é se as estimativas técnicas de risco representam probabilidades “objetivas” de dano, ou refletem apenas as convenções de um grupo de elite de avaliadores de risco profissionais que podem reivindicar não mais grau de validade ou universalidade do que estimativas concorrentes de grupos de partes interessadas ou público leigo. Além disso, diferentes culturas podem ter diferentes representações mentais do que consideram “riscos”, independentemente da magnitude ou probabilidade de danos. À primeira vista, é óbvio que os riscos constituem construções mentais. Eles não são fenômenos reais, mas se originam na mente humana. Os atores, no entanto, criam e remontam de forma criativa os sinais que recebem do “mundo real”, fornecendo estrutura e orientação para um processo contínuo de encenação da realidade. Portanto, os riscos se relacionam com o que as pessoas observam na realidade e o que elas experimentam. A ligação entre o risco como um conceito mental e realidade é forjada através da experiência do dano real (a consequência do risco) no sentido de

que vidas humanas são perdidas, impactos na saúde podem ser observados, o ambiente é danificado ou ainda impactos negativos irreversíveis sobrevirão a economia etc. (AVEN; RENN, 2010)

O status de risco como uma construção mental tem implicações importantes sobre como o risco é percebido. Ao contrário de árvores ou casas, não se pode escanear o ambiente, identificar os objetos de interesse e contá-los. Os riscos são criados e selecionados por atores humanos. O que conta como um perigo para alguém pode ser um ato de Deus para outra pessoa, ou mesmo uma oportunidade para uma terceira parte. Embora as sociedades tenham, ao longo do tempo, adquirido experiência e conhecimento coletivo dos impactos potenciais de eventos e atividades, não se pode antecipar todos os cenários potenciais e se preocupar com todas as possíveis consequências de uma atividade proposta ou um evento esperado. Da mesma forma, é impossível incluir todas as opções possíveis de intervenção (AVEN; RENN, 2010).

Dessa forma, o risco não pode ser entendido sob o prisma do realismo ingênuo, na qual é voltado para categorização puramente objetiva. E como afirma Aven e Renn (2010), precisa-se superar essa perspectiva e considerar as dimensões física e social do risco.

2.2.4. O Conceito De Risco

Visto algumas abordagens teóricas sobre o risco e também um breve resumo sobre a epistemologia do risco, destaca-se a argumentação de Luhmann (1993) no sentido de atingir um conceito de risco para desenvolvimento do trabalho. Para esse autor, os riscos têm a ver com as expectativas, que podem ser mais ou menos (in) certas. Dessa maneira, não se pode nem sair da cama de manhã sem nenhuma expectativa do mundo. As expectativas referem-se a conhecimentos e experiências do passado, e podem ser desenvolvidas de maneira formalizada, mais ou menos consciente, referindo-se a técnicas estatísticas, ou de maneira menos formalizada, referentes ao conhecimento cotidiano e às experiências pessoais. Dessa forma, o que alguém considera arriscado depende não apenas do conhecimento, mas também de valores socioculturais e individuais.

Dito isto, às vezes pode ser confuso que o termo risco possa ser usado no discurso de risco interdisciplinar em pelo menos três maneiras diferentes, embora conectadas. Primeiramente, muitas vezes, o risco é entendido como semelhante a perigo, perda, dano ou ameaça, sendo assim, é apenas uma indicação de eventos indesejados. Num segundo entendimento, o termo é usado para cálculo do risco segundo uma perspectiva técnica, dessa forma, é uma probabilidade pela extensão de um

evento (indesejado). No entanto, numa perspectiva menos formalizada da vida cotidiana, o risco é muitas vezes calculado por técnicas intuitivas ou pré-rationais. Por fim, o risco não se restringe a aspectos negativos é uma noção de tomada de risco que se refere a um lado positivo e negativo como uma ponderação entre ganhos e perdas (muito aplicado em seguros de vida, esportes radicais etc.). Pesquisas sobre a tomada voluntária de riscos mostraram que buscar riscos pode se tornar um valor em si, questionando assim a suposição normativa subjacente da pesquisa de risco principal de que os riscos devem ser evitados e reduzidos (ZINN, 2008). No entanto, na temática de segurança de barragens, o risco deve ser claramente expresso para evitar desastres e danos.

Dessa forma, como visto no estudo epistemológico do risco e também como afirma Aven e Renn (2010), não existe uma definição acordada de risco. Se for estudado na literatura de risco, descobre-se que o conceito de risco está presente de diversas formas (como um valor esperado, uma distribuição de probabilidade, como incerteza, como um evento, construído socialmente e etc.). No entanto, a premissa inicial a ser abordada é que os riscos devem ser entendidos como companheiros permanentes da vida cotidiana (RENN, 1992; DOUGLAS, 1994; BECK, 2011). Enquanto as pessoas valorizarem certas coisas ou condições e enquanto tomarem decisões na presença de incerteza, elas enfrentarão riscos. Os riscos são, portanto, um componente básico da vida. (AVEN; RENN, 2010)

Para a compreensão do que é o risco e a definição de um conceito que se aplique a segurança de barragens, destaca-se nessa temática dois pesquisadores de notório reconhecimento internacional na pesquisa em análise e gerenciamento de riscos.

O primeiro é o Professor de Análise e Gestão de Riscos, Terje Aven, da Universidade de Stavanger (Noruega) desde 1992. Gradou-se Doutor em Análise e Confiabilidade de Risco pela Universidade de Oslo em 1984 após a conclusão do mestrado integrado em Matemática Estatística, em 1980. Possui cerca de 224 artigos e 15 livros científicos publicados na área de gestão e análise de riscos, além disso, é presidente da International Society for Risk Analysis (SRA) e editor-chefe do Journal of Risk and Reliability.

O segundo pesquisador de renome internacional é o Ortwin Renn, Professor Titular de Avaliação de Tecnologia e Sociologia Ambiental da Universidade de Stuttgart (Alemanha), desde de 1994. Também atua como Professor Adjunto de Análise de Risco Integrado na Universidade de

Stavanger (Noruega), desde de 2008. Gradouou-se Doutor em Psicologia Social pela Universidade de Colonia (Alemanha), em 1980, após concluir o mestrado integrado em Economia e Sociologia. Possui cerca de 350 artigos e 25 livros científicos publicados em diversas áreas, em especial na temática de governança e gerenciamento de riscos. Sua obra mais proeminente identificada foi Risk Governance, publicado em 2008. Em 2012, o governo federal alemão concedeu-lhe a Ordem Nacional da Cruz de Mérito em reconhecimento do seu excelente desempenho acadêmico.

Nessa temática relacionada ao gerenciamento de riscos se considera indispensável promover essa breve revisão biográfica desses dois pesquisadores, haja visto que são autoridades de grande destaque internacional na temática de análise, gestão e governança de riscos em virtude dos diversos trabalhos publicados e de quase três décadas dedicadas a temática. Além disso, no ano de 2010, Terje Aven e Ortwin Renn publicaram juntos um relevante trabalho aonde foi abordado a governança e gerenciamento de riscos, através de um estudo escalonado, fundamentado na explanação do conceito, características e as perspectivas do risco, para que dessa forma pudessem desenvolver a discussão sobre governança de riscos e algumas estruturas associadas.

Aven e Renn (2010) desenvolveram uma estrutura analítica organizada sobre o risco, nela esclareceram que não há uma definição acordada a respeito do conceito de risco e elencaram dez conceitos sobre o risco. As definições foram buscadas desde o ano de 1976 até 2010 e estão expressas na tabela 2.

Tabela 2: Conceitos relacionados ao termo risco

	Autor	Definição
1	(WILLIS, 2006)	Risco é igual à perda esperada.
2	(CAMPBELL, 2005)	O risco é igual à desutilidade esperada.
3	(GRAHAM; WIENER, 1995)	Risco é a probabilidade de um resultado adverso.
4	(LOWRANCE, 1976)	O risco é uma medida da probabilidade e gravidade dos efeitos adversos
5	(ALE, 2002)	Risco é a combinação de probabilidade e extensão das consequências.
6	(KAPLAN; GARRICK, 1981; KAPLAN, 1991)	O risco é igual ao conjunto do triplete (si, pi, ci), onde si é o cenário identificado, pi é a probabilidade desse cenário, e ci é a consequência desse cenário, sendo $i = 1, 2, \dots, N$

7	(AVEN, 2007; 2009; 2015; AVEN; RENN, 2010)	Risco é igual à combinação bidimensional de eventos / consequências e incertezas associadas (os eventos ocorrerão, quais serão as consequências)
8	(CABINET OFFICE, 2002)	Risco refere-se à incerteza do resultado, das ações e eventos
9	(ROSA, 1998; 2003)	Risco é uma situação ou evento em que algo de valor humano (incluindo os próprios seres humanos) está em jogo e onde o resultado é incerto
10	(RENN, 2008b)	O risco é uma consequência incerta de um evento ou atividade relacionada a algo que os seres humanos valorizam.

Fonte: Adaptado de Aven e Renn (2010).

Essas definições podem ser divididas em duas categorias, a primeira na qual o risco é expresso por meio de probabilidades e valores esperados (definições 1 a 6) e a segunda na qual o risco é expresso por meio de eventos / consequências e incertezas (definições 7 a 10). Aven e Renn (2010) consideram o entendimento de risco como um conceito que se aproxima das definições de 7 a 10. As definições 9 e 10 representam uma subclasse da segunda categoria, pois se considera o risco como um evento (consequência de um acontecimento), sujeito a incertezas. Incerteza nesse caso seria um aspecto que caracteriza ou qualifica os eventos e consequências. As definições 7 e 8 são diferentes das 9 e 10, pois o risco é definido como incerteza (ligado aos eventos e consequências). As definições 9 e 10 expressam um estado do mundo independente de nossos conhecimentos e percepções, enquanto as outras duas definições também incluem o conhecimento desse estado (AVEN; RENN, 2010).

Aven e Renn (2010) fazem uma análise desses conceitos de riscos e sugerem introduzir uma modificação menor, porém conceitualmente importante das duas definições de risco expressas em 9 e 10. Para eles o risco se refere à incerteza e à gravidade das consequências (ou resultados) de uma determinada atividade com relação a algo que os seres humanos valorizam. Dessa forma, o risco é definido como um evento ou uma consequência em um cenário específico: as consequências (resultados) são incertas e algo de valor humano está em jogo.

2.3. A Governança de Risco

Nas últimas décadas, a sociedade moderna tem sido cada vez mais desafiada a gerenciar resultados potencialmente negativos de desenvolvimentos tecnológicos. A natureza desses perigos, bem como sua falta de limites temporais e espaciais, deu origem a uma chamada para uma nova abordagem integrativa que visa compreender, avaliar e lidar com os riscos para o ser humano bem como o meio ambiente, com base e ampliando as atuais práticas de análise de risco. Muitas discussões sobre inovação tecnológica ocorrem hoje em dia no espaço público, que diz respeito não só à saúde e segurança, mas também a questões éticas e sociais. Indiscutivelmente, um declínio da confiança pública na capacidade de especialistas e formuladores de políticas para lidar com os riscos foi acompanhado por uma crescente demanda por participação pública na tomada de decisões científicas e técnicas (GIDDENS, 2002; ADAMS, 2002; BECK, 2011).

Como se pode lidar com esses riscos cada vez mais complexos bem como exigentes e com a necessidade de um maior envolvimento público? Um conjunto de propostas está agrupado sob o título Governança de Risco, uma combinação dos termos “governança” e “risco”. Ambos os termos foram revisados nas últimas seções (ver seção 2.1 e 2.2), porém o termo Governança de Risco é novo na literatura científica e visa fornecer uma abordagem de como lidar com responsabilidade com os riscos públicos. A Governança de Risco se refere às várias maneiras pelas quais muitos atores, indivíduos e instituições (públicas e privadas) lidam com riscos cercados por incerteza, complexidade e/ou ambiguidade. Inclui, mas também vai além, os três elementos convencionalmente reconhecidos da tradicional análise de risco (avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação de risco). Além disso, requer a consideração dos contextos jurídicos, institucionais, sociais e econômicos em que o risco é avaliado, bem como a consideração dos interesses e perspectivas dos diferentes atores ou partes interessadas. Em suma, a Governança de Risco visa levar em conta a complexa rede de atores, regras, convenções, processos e mecanismos preocupados com a forma como as informações de risco relevantes são coletadas, analisadas e comunicadas, e como as decisões de gestão são tomadas (RENN, 2008b; RENN; KLINKE; VAN ASSELT, 2011; VAN ASSELT; RENN, 2011; IRGC, 2017).

A Governança de Risco tem suas origens nas ideias acadêmicas sobre como lidar com os exigentes riscos contemporâneos informados em várias décadas principalmente em pesquisas interdisciplinares baseadas em estudos de engenharia, pesquisas psicológicas, sociológicas sobre

risco, estudos de ciência/tecnologia, teoria do movimento social, pesquisa de cientistas políticos e acadêmicos jurídicos (O'RIORDIAN, 1982; KASPERSONS et al., 1988; FUNTOWICZ; RAVETZ, 1992; DOUGLAS, 1994; RENN, 1992; SLOVIC, 1999; 2000; LUPTON, 1999, 2013; ADAMS, 2002; ROSA, 1998, 2003; BECK, 2009, 2011; LYNG, 2005). Este corpo de conhecimento fornece uma base convincente e empiricamente sólida para argumentar que muitos riscos não podem apenas ser calculados com base em métodos quantitativos e que os modelos regulatórios que se baseiam nesta suposição não são apenas inadequados, mas constituem uma complicação para lidar responsabilmente com muitos riscos contemporâneos.

Nessa seção, discorrer-se-á sobre as origens da Governança de Risco bem como as questões propostas que se enquadram neste título. De fato, será que a Governança de Risco é uma grande mudança na maneira como o risco é conceitualizado, avaliado, regulamentado e comunicado (RENN, 2008b), tal como os seus proponentes afirmam? Os contornos dessa estrutura são derivados do trabalho de vários estudiosos proeminentes, que destacar-se-á ao longo dessa seção, mas o processo de transformar essas propostas teóricas em realidade prática ainda está em sua infância, como afirma Klinke e Renn (2019). Portanto, essa seção tem como objetivo fornecer uma perspectiva geral sobre a Governança de Risco, uma vez que examina o que é referido como uma mudança de paradigma em comparação com a abordagem clássica, quantitativa bem como baseada na probabilidade de avaliação, gestão e comunicação de risco.

2.3.1. A Governança de Risco: O Surgimento De Um Novo Paradigma

O termo Governança de Risco não possui uma data definida de seu surgimento, porém o primeiro registro desse termo foi observado no contexto da ação organizada pela União Europeia chamada de “The TRUSTNET Framework: A New Perspective On Risk Governance” (EUROPEAN UNION, 2000). Este foi um programa de seminários de duração de três anos (1997-1999), financiado pela Comissão Europeia. Participaram cerca de 80 pessoas, entre eles cientistas, técnicos, pessoas da indústria, gestores políticos, autoridades envolvidas na regulação e vários funcionários públicos. Além disso, uma série de mini-estudos de caso (ELLIOTT, 2001) foram conduzidos para obter uma impressão de como os riscos locais, nacionais e internacionais eram tratados em vários países europeus (EUROPEAN UNION, 2000; AMENDOLA, 2001). Em 2001, os dois primeiros artigos apareceram em revistas científicas revisadas por pares com o termo Governança de Risco no título. O primeiro artigo foi intitulado “Present challenges to risk

governance” sendo publicado no *Journal of Hazardous Materials* em uma edição especial sobre Risco e Governança e escrito por Gilles Heriard-Dubreuil, que estava envolvido com a TRUSTNET. Esse primeiro artigo pode ser interpretado como um resumo das conclusões e percepções derivadas do projeto TRUSTNET. O segundo artigo intitulado de “RISK GOVERNANCE: Is consensus a con?” apareceu na revista *Science As Culture* e foi escrito por Dave Elliott. Este artigo também foi sobre a TRUSTNET, mas desta vez abordou uma discussão crítica sobre as conclusões tiradas no relatório da TRUSTNET. A propósito, nenhum dos autores desses artigos pioneiros definiram o termo Governança de Risco, embora seja discutida em termos de um novo paradigma (HERIARD-DUBREUIL, 2001; ELLIOTT, 2001; AMENDOLA, 2001), que expressa claramente sua oposição às noções clássicas de avaliação e gestão de risco.

Posteriormente, o termo Governança de Risco apareceu no plano de ação Ciência e Sociedade da Comissão Europeia de 2001, na seção 3.2 que foi intitulada de Governança de Risco (EUROPEAN UNION, 2001a). Enquanto Heriard-Dubreuil (2001) usou o termo Governança de Risco para se opor à ideia de avaliação e gestão de risco, o plano de ação da Comissão Europeia (EUROPEAN UNION, 2001a) o utilizou precisamente como um termo coletivo que abarcava a identificação, avaliação, gestão e comunicação de risco. O plano de ação da Comissão Europeia (EUROPEAN UNION, 2001a) também se referiu ao projeto TRUSTNET na seção de Governança de Risco, isso é mais uma evidência de que o termo Governança de Risco de fato se originou em algum momento ao longo dos três anos de debate da TRUSTNET (1997-1999). O termo Governança de Risco também foi usado e promovido pelo sucessor do TRUSTNET que foi denominado “TRUSTNET IN-ACTION” (EUROPEAN UNION, 2006), uma rede de especialistas apoiada pela União Europeia que durante os anos de 2004-2006 debateram questões relacionadas aos riscos, problemas ambientais e de saúde. Outro fato que estimulou o uso do termo Governança de Risco foi registrado no ano de 2002 quando a União Europeia lançou o “The 6th EU Research Framework Programme” (EUROPEAN UNION, 2002), programa que convidava à apresentação de propostas de pesquisa, com o título “Governança de Risco e ética”. Neste contexto, vários projetos que usavam o termo Governança de Risco foram financiados pela EU, entre eles o MIDIR, RISKGOV, SAFE FOODS e a rede de formação em investigação Marie Curie Mountain Risks (VAN ASSELT, 2007).

Não é surpresa que o termo Governança de Risco demonstre evidências que tenha surgido no âmbito da União Europeia. O famigerado Livro Branco Sobre Governança (EUROPEAN UNION, 2001b) foi, entre outras coisas, uma resposta à crise da BSE (ASAE, 2002) que no final do século XX promoveu o discurso político que comer carne das chamadas “vacas loucas” não representava um risco para a saúde enquanto os cientistas não estavam tão certos disso. Em outras palavras, como expressa Van Asselt (2007), lidar com o risco foi a razão para o pensamento de governança na União Europeia, visto que deixar essa responsabilidade exclusivamente na égide do governo poderia ocasionar grandes problemas futuros.

Nesses primeiros momentos do surgimento dessa nova mentalidade, a noção de Governança de Risco foi proposta, no entanto, de uma forma um tanto vaga (RENN, 2008b; VAN ASSELT, 2011). Esse termo era usado como um rótulo, sem consideração explícita do conteúdo. A Governança de Risco era mais uma noção do que um conceito, contudo ela foi elevada a um novo nível com o estabelecimento do International Risk Governance Council em 2003, um centro independente de produção de conhecimento com sede na Suíça, que visa contribuir para governança do risco sistêmico global (IRGC, 2017). Ortwin Renn, que já havia deixado sua marca na pesquisa interdisciplinar na área de risco bem como na tomada de decisão participativa e que também estava envolvido na TRUSTNET, foi convidado a escrever um white paper sobre Governança de Risco. Essa foi a primeira tentativa científica de realmente fornecer um corpo ao termo Governança de Risco. Posteriormente Ortwin Renn publicou um livro intitulado “Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World” (RENN, 2008b). De acordo com Van Asselt (2007, 2011) esse foi o primeiro livro com o termo Governança de Risco no título. Além disso, no caso da Governança de Risco enquanto campo de estudo, Van Asselt (2007) e Aven (2009), declaram Ortwin Renn como o fundador desse novo campo.

De fato, a Governança de Risco vem se consolidando como um novo paradigma (VAN ASSELT, 2007; IRGC, 2017; KLINKE; RENN, 2019) e como campo de pesquisa desde a primeira década do século 21. A primeira revista científica a destacar a Governança de Risco e abrir uma chamada específica foi a International Journal of Risk Assessment and Management (IJRAM) que no ano de 2007 preparou uma edição especial sobre Governança de Risco na Europa. Além disso, revistas científicas internacionais relevantes como Risk Analysis e Journal of Risk Research, apresentaram artigos publicados com o termo Governança de Risco desde o primeiro ano do século

21. A revista *Risk Analysis*, periódico internacional de famigerada relevância com fator de impacto na ordem de 3.39 pontos no IF Scopus (SCI JOURNAL, 2021) com mais de 40 anos de existência, publicou o primeiro artigo contendo o termo Governança de Risco no seu título no ano de 2010 e ao longo dessa segunda década do século 21 publicou outros 10 trabalhos. A revista *Journal of Risk Research* outra fonte de famigerada relevância de divulgação científica com fator de impacto na ordem de 2.41 pontos no IF Scopus (SCI JOURNAL, 2021) com cerca de 25 anos de existência, publicou o primeiro artigo com o termo *risk governance* no título no ano de 2001 e ao longo dessas duas décadas iniciais do século 21 publicou 79 artigos com esse termo. Além disso, Van Asselt (2011) registra que o tema se tornou tão importante que em 2007 ocorreu a criação da primeira cadeira em Governança de Risco, na Universidade de Maastricht, Holanda.

No Brasil a Governança de Risco ainda é insipiente e está em desenvolvimento. O primeiro artigo publicado com o termo Governança de Risco no seu título foi em 2010, na revista *Ambiente & Sociedade*. O artigo “Comunicação e Governança do Risco: A experiência brasileira em áreas contaminadas por chumbo” versou sobre as formas de enfrentamento das áreas contaminadas por chumbo no Brasil usando princípios da Governança de Risco (GIULIO et al., 2010). Posteriormente, outros trabalhos foram publicados (LOUZADA; RAVENA, 2018; SOUSA et al., 2019; CARVALHO, 2019), no entanto, provavelmente por causa do pouquíssimo tempo de pesquisa nesse campo no cenário brasileiro ainda há poucas pesquisas relacionadas com essa temática. O aspecto interessante desse fato é a grande possibilidade de crescimento dessa área em nível nacional, principalmente no campo da segurança de barragens.

2.3.2. A Governança de Risco: Compreendendo a visão tradicional

No início do desenvolvimento da Governança de Risco ela possuía uma segmentação em três componentes que se confundiam com o campo da Análise de Risco e segundo Lyall e Tait (2005) eram a avaliação de risco, o gerenciamento de risco e a comunicação de risco. Nessa seção discorrer-se-á sobre essas perspectivas e como elas deveriam ser trabalhadas conjuntamente para atingir um adequado padrão de governança de riscos. Essas mesmas perspectivas são importantes e integram a abordagem atual da Governança de Risco (RENN, 2008b; IRGC, 2017) e por isso devem ser adequadamente compreendidas.

A primeira dessas perspectivas é a avaliação de riscos que descreve as tarefas de identificar e explorar (preferencialmente em termos quantitativos) os tipos, intensidades e probabilidade das consequências (normalmente indesejadas) relacionadas a um perigo ou uma ameaça. Dessa forma, a avaliação de risco pode ser definida como uma ferramenta para obter conhecimento sobre possíveis eventos e suas consequências e está localizada principalmente na área científica. Os principais desafios durante a fase de avaliação de riscos são os altos níveis de complexidade e incertezas científicas (RENN, 2008b; AVEN; RENN, 2010).

Por exemplo, consideram-se dois casos relacionados ao tipo de material empregado na construção de barragens. O primeiro caso que será denominado de (A) e se refere a construção de uma barragem de contenção de rejeitos de mineração aonde são comumente utilizados como principal material construtivo o solo e frequentemente esse solo é provido de uma área próxima a mineração. O segundo caso, denominado (B) se refere as barragens de represamento de água para fins hidrelétricos aonde são majoritariamente executadas com concreto. Ao proceder uma avaliação de riscos, nota-se que o caso (B) apresentará um material extremamente controlável que depende da mistura de quatro elementos principais, água, cimento, agregado miúdo (geralmente areia quartzosa) e agregado graúdo (geralmente rocha britada), além disso, ao se produzir concreto há possibilidade de aplicar vários tipos de ensaio que garantam o controle da qualidade na fabricação dessa rocha artificial. No caso (A), o solo que será empregado na construção geralmente é provido de uma jazida natural ou até mesmo dos rejeitos da mineração, entretanto, o solo é muito heterogêneo de tal forma que sua mineralogia se torna amplamente diversificada, podendo haver minérios que são altamente suscetíveis ao colapso na presença de água, bem como outros minerais que apresentam diversos planos de clivagem que favorecem um cisalhamento no material. Como consequência dessas complexidades, o caso (B) em relação ao caso (A) pode ocasionar sérios problemas para os avaliadores de risco naquilo que se refere a medição, descrição estatística e modelagem de tais tipos de riscos que podem representar, principalmente em virtude da sua natureza complexa.

A segunda perspectiva desse sistema tradicional, o gerenciamento de riscos, por outro lado, descreve a tarefa de prevenir, reduzir ou alterar as consequências identificadas pela avaliação de risco através da escolha de ações apropriadas. Por conseguinte, pode ser definido como uma ferramenta para lidar com os riscos, utilizando os resultados do processo de avaliação de riscos.

Essa tarefa está localizada na área de tomadores de decisão, muitas vezes no campo da política, mas também no setor econômico. Nesse aspecto, o principal desafio para a gestão de riscos é administrar a existência da ambiguidade relacionada à relevância, significado e implicações da base decisória ou relacionada aos valores a serem protegidos bem como às prioridades a serem feitas. Ou seja, é preciso discernir que isso diz respeito à interpretação dos achados científicos e julgamentos sobre a tolerabilidade bem como aceitabilidade do risco (RENN, 2008b; AVEN; RENN, 2010).

A distinção óbvia entre avaliação de risco e gerenciamento de risco, muitas vezes torna-se turva, quando se observa mais de perto os processos de governança de risco. Este poderia ser o caso, por exemplo, de uma avaliação dos efeitos para a saúde de um pesticida específico em que resultasse na constatação de que já é genotóxico em doses muito baixas e que a única opção para prevenir consequências prejudiciais para a saúde é a proibição total do produto ou ainda no caso da lei 14066/20 (BRASIL, 2020) que entrou em vigor proibindo a construção de barragens pelo método a montante em todo território nacional, principalmente em função das rupturas de barragens ocorridos em Minas Gerais que foram construídas através desse método ainda na primeira década de implantação da Lei de Segurança de Barragens (BRASIL, 2010; G1, 2014; EMERICH, 2015; ANM, 2019). Se este for o caso, a tomada de decisão já está incluída na fase de avaliação de risco, haja visto que é notório e concreto que ocorrerá um impacto negativo se não for aplicada uma ação. No entanto, a gestão de risco não precisa apenas considerar os resultados da avaliação de risco, mas também pode ter que alterar desejos e necessidades humanas, por exemplo evitar a criação ou continuação do agente de risco, sugerir alternativas ou substitutos para um agente de risco específico. Também pode incluir atividades para evitar a exposição a um agente de risco isolando-o, realocando-o ou tomando medidas para aumentar a resiliência das metas de risco. A resiliência, neste contexto, significa uma estratégia protetora para fortalecer todo o sistema contra as consequências de um determinado perigo ou ameaça, para diminuir sua vulnerabilidade. Isso significa que as questões que devem ser levadas em conta pelos gerentes de risco estão indo muito além das consequências diretas de um perigo ou ameaça, ou seja, nesse sentido o evento ocorrerá e a questão que se levanta é como fortalecer o sistema que sofrerá o dano? (AVEN; RENN, 2010).

A comunicação de risco é o terceiro componente, porém é a chave na compreensão da tradicional governança de risco. Sua tarefa foi inicialmente definida como a ligação entre a opinião

dos especialistas e a percepção pública dos riscos, que muitas vezes variam em grande medida. Quatro principais funções de comunicação de risco podem ser identificadas (AVEN; RENN, 2010). Todas estas funções visam ajudar todas as partes interessadas a fazerem escolhas conscientes quando enfrentam riscos.

A primeira função que se refere a comunicação do risco é a educação. Essa tem o poder de esclarecimento, informa ao público sobre os riscos, incluindo os resultados da avaliação de risco bem como o tratamento dos riscos de acordo com as estratégias de gerenciamento de riscos. A segunda função é o treinamento sobre os riscos, na qual fornece a possibilidade de uma indução de mudanças comportamentais de tal forma que funciona ajudando as pessoas a lidarem com os riscos. A terceira é a promoção de confiança nas instituições responsáveis pela avaliação e gestão de riscos, através da estratégia de oferecer às pessoas a garantia de que os responsáveis pela avaliação de riscos e gestão de riscos agem de forma eficaz, eficiente, justa e aceitável. Por fim, a última função faz referência ao envolvimento em decisões relacionadas a riscos, principalmente através da resolução de conflitos, dando às partes interessadas e representantes do público a oportunidade de participar nas decisões relacionadas ao risco (RENN, 2008b; AVEN; RENN, 2010).

Estas funções principais colocam uma série de desafios para os responsáveis pela comunicação de risco. Ele tem que explicar o conceito de probabilidade e os efeitos estocásticos, ou seja, aquilo que pode ou não acontecer para um público amplo. Caso contrário, interpretações erradas de probabilidades ou efeitos de exposição podem levar a reações exageradas até a estigmatização de uma fonte de risco. Lidar com agentes de riscos estigmatizados ou com consequências altamente terríveis é um grande desafio para a comunicação de risco. Tais riscos, como a energia nuclear, podem produzir altos níveis de mobilização e reações muito emocionais no público. Enfim, além de tudo isso, a comunicação de riscos também deve levar em conta as convicções muito mais gerais, como crenças éticas, religiosas e culturais.

Dessa forma, a comunicação de riscos tem que lidar com os efeitos a longo prazo e com os atrasos dos riscos, que muitas vezes competem com vantagens de curto prazo na visão de diferentes grupos de atores. Desafios semelhantes são para fornecer uma compreensão dos efeitos sinérgicos com outros fatores de estilo de vida ou outros riscos. A comunicação de tais coerências complexas exige uma grande dose de competência social, uma vez que tem que enfrentar as diferentes preocupações, percepções e conhecimento experiencial dos diferentes públicos abordados. Em

nível internacional, a comunicação de risco tem, adicionalmente, de lidar não apenas com diferenças interculturais, mas também com diferenças entre várias nações e seus hábitos.

Enfim, essas três formas tradicionais de Governança de Risco (avaliação de risco, o gerenciamento de risco e a comunicação de risco) que em sua essência se confundem com o campo da Análise de Risco, são relevantes, porém não são suficientes para lidar com os riscos atuais. Na seção seguinte realizar-se-á uma reflexão sobre a necessidade de ampliação do sentido estrito de Governança de Risco para aquilo que Renn (2008b) e Klinke e Renn (2019) chamaram de abordagem integrativa e adaptativa da Governança de Risco cujo o direcionamento atendesse a uma concepção pós-normal de Governança de Risco.

2.3.3. A Governança de Risco: Reflexão Sobre Aspecto Integrativo e Adaptativo

Segundo Marchi (2015) e Renn (2008b), a Governança dos Riscos atuais exige o reconhecimento de sua natureza complexa e a conscientização de que os riscos não podem ser totalmente compreendidos nem gerenciados com as ferramentas tradicionais da Análise de Riscos. Para tal é adotado a premissa de que a integração do conhecimento local com o conhecimento científico e técnico adicional pode implicar numa redução do risco de desastres.

O progresso no conhecimento esclareceu muitos fenômenos anteriormente obscuros, ele também continuamente revelou novas áreas de ignorância, que provavelmente serão aumentadas em vez de reduzidas pelo nosso crescente poder de manipulação da natureza. A questão é, então, como agir diante da incerteza irreduzível incorporada em muitas ameaças atuais; incerteza, isto é, que não pode ser reduzida pelo progresso da pesquisa. Sendo assim, domar o “monstro da incerteza” é tarefa praticamente impossível, deve-se aprender a conviver com ele e reconhecer que a ela deve ser dado um lugar explícito na abordagem dos riscos presentes (RENN, 2008a; MARCHI, 2015; IRGC, 2017). Essa mudança requer uma revisão profunda, embora definitivamente não seja o abandono, das crenças que acompanharam o sucesso da civilização humana (MARCHI, 2015).

Marchi (2015) sustenta que algumas lições podem ser obtidas a partir de uma reconsideração do conhecimento local tradicional, que é, ao contrário, muitas vezes ignorado e desacreditado quando o progresso é igualado à descoberta científica e ao controle orientado unicamente pela tecnologia. Seria um erro assumir que o conhecimento local é necessariamente contrário ou

alternativo ao conhecimento científico ou vice-versa. Embora sejam alcançados por meios diferentes e possam se basear em diferentes tipos de evidências, ambos fornecem pistas a serem levadas em consideração nas decisões sobre questões de risco. Não necessariamente podem ser reconciliados, mas a rejeição a priori das crenças populares com base na suposição de que eles não têm base científica deve definitivamente ser evitada.

Os próprios nomes de certas localidades evocam a relevância que deve ser atribuída ao conhecimento local, há casos em que o nome local remonta que eles foram lugares perigosos ou seguros por ocasião de eventos passados, como enchentes, deslizamentos de terra e etc. Um exemplo revelador e trágico é o do “Monte Toc” nos Alpes italianos, o local do mais letal deslizamento de terra registrado na Europa. No dialeto local, o nome da montanha indicava um terreno solto e incorporava um conhecimento adquirido através de séculos de experiência e transmissão oral. Tal conhecimento não era diferente daquele derivado de observações bem como cálculos realizados pelos poucos profissionais técnicos que desencorajaram a construção de uma enorme barragem de contenção de água naquele local. No ano de 1960 foi concluída a barragem de Vajont, no vale do rio Vajont, ao lado do Monte Toc localizada a 100 km ao norte de Veneza, Itália. Em 9 de outubro de 1963, uma enorme massa de material da encosta da montanha deslizou para dentro da barragem de Vajont gerando uma onda de água de cerca de 30 milhões de metros cúbicos, que destruiu várias aldeias causando 2.500 mortes, imensos prejuízos econômicos, ambientais e um eterno pesar, em especial pelo desprezo do conhecimento local e dos poucos especialistas que se opuseram a construção. Uma mistura de arrogância tecnológica e interesses egoístas. Ironicamente a força da água e do deslizamento de terra não destruíram a barragem, permaneceu intacta, porém foi desativada, se tornou inútil (MARCHI, 2015).

Outro exemplo da importância do conhecimento local, neste caso para prevenir danos, foi trazido à atenção do público após o tsunami que atingiu o Japão em março de 2011 por um jornalista que sinalizou a existência de uma série de tábuas de pedra na encosta do Japão. Fackler (2011) destacou que nelas estavam esculpidos alertas como, “Não construa suas casas abaixo deste ponto”, ou “busque terreno mais alto depois de um forte terremoto”. Conforme se observa na figura 7, essas pedras são planas, com cerca de 3 metros de altura e para muitos moradores uma visão comum ao longo da costa nordeste do Japão, que sofreu o impacto de um terremoto seguido de tsunami em 11 de março de 2011, deixando quase 29.000 pessoas mortas ou desaparecidas.

Enquanto algumas pedras são bem antigas, de tal forma que as inscrições estão bem desgastadas, a maioria foi erguida há cerca de um século, depois de dois tsunamis mortais no Japão, incluindo um em 1896 que matou 22.000 pessoas. Muitos carregam avisos simples para abandonar tudo e buscar terreno mais alto após um forte terremoto. Outros fornecem lembretes sombrios da força destrutiva das ondas, listando números de mortos no passado ou marcando valas comuns. (FACKLER, 2011).

Figura 7: Uma tábua de pedra em Aneyoshi, no Japão, adverte os moradores a não construir casas abaixo dela. Centenas dessas chamadas pedras de tsunami, com mais de seis séculos de idade, pontilham a costa do Japão.



Fonte: Fackler (2011).

Os estilos de vida atuais, incluindo o aumento da mobilidade, tendem a tornar o conhecimento tradicional cada vez menos relevante, não tanto em relação ao seu conteúdo (como os exemplos acima mostram), mas por causa das maneiras como é geralmente transmitido, ou seja, oralmente de uma geração para a próxima ou através de documentos escritos de circulação limitada e informal. No entanto, mesmo quando as testemunhas originais de ocorrências passadas não estão mais lá e seus herdeiros se afastaram, há espaço para as ciências usarem suas ferramentas de investigação não apenas para explorar as atitudes, percepções e comportamentos atuais, mas também para cavar o passado, interrogar crônicas e testemunhos antigos (MARCHI, 2015; FOUCAULT, 2008).

2.3.4. A Governança de Risco: Uma Abordagem Contemporânea

Tendências recentes mostraram que as três categorias genéricas de governança de riscos (avaliação de risco, gestão e comunicação) não são suficientes para analisar e melhorar os

processos de governança (VAN ASSELT, 2007; RENN, 2008b; RENN, 2008a; AVEN; RENN, 2010; IRGC, 2017; KLINKE; RENN, 2017), na verdade, como afirma Renn (2008b) e IRGC (2017) acreditar que somente essas três categorias são suficientes para lidar com o risco é um erro que transforma a Governança de Risco em uma simples Análise de Risco. As características dos modernos riscos sistêmicos exigem novos conceitos, capazes de lidar com os desafios descritos. Isso significa que, além da dimensão factual do risco (que pode ser medida pelos avaliadores de risco), o contexto sociocultural também deve ser incluído, pois os riscos sistêmicos são caracterizados por afetar todo o sistema em que os humanos vivem (RENN, 2008; IRGC, 2017). Esse caráter abrangente dos riscos fica curiosamente visível no cenário brasileiro quando se observa, por exemplo, as consequências do rompimento da barragem de rejeitos em Mariana, ocorrido em 2015. Um acidente consumado no estado de Minas Gerais, porém foi tão significativo que até os dias atuais afeta os estados vizinhos, como o Rio Doce que atravessa o estado do Espírito Santo e segundo Galileu (2021) a estimativa é que haja uma redução do rejeito poluidor, porém está sendo tão lenta que somente em 2030 chegará a atingir 61% de presença dos 10,5 milhões de metros cúbicos de rejeitos lançados na ruptura da barragem, o que será um nível de contaminação ainda muito alto, em especial em virtude do tempo ocorrência do acidente.

Enfim, diante disso, os diferentes componentes de Governança de Risco e suas interfaces devem ser adequadamente projetados para serem capazes de lidar com o contexto factual e sociocultural, ou seja, incluir os valores e percepções variáveis das sociedades pluralistas. Outro desafio é a necessidade de lidar com uma variedade de riscos que diferem em seu nível de complexidade, incerteza e ambiguidade. Essas diferenças devem ser lembradas na estrutura do processo de governança de risco. Diferentes riscos exigem diferentes procedimentos de governança. Portanto, uma categorização de riscos de acordo com essas características pode ajudar a adaptar melhor os componentes da governança às necessidades específicas. A necessidade de novas abordagens para lidar com riscos sistêmicos resultou em vários esforços para projetar essas novas estruturas integrativas de governança de risco. Por exemplo, o IRGC desenvolveu uma estrutura (framework) para a governança de riscos no sentido de ajudar a analisar como a sociedade poderia lidar e responder melhor a tais riscos. Para esse fim, o framework do IRGC monta um mapa que funciona através de uma abordagem que orienta seus usuários pelo processo de investigar sobre diversos tipos de questões referentes ao risco, bem como, planejar estratégias apropriadas de governança. Essa abordagem combina evidências científicas com considerações econômicas, bem

como preocupações e valores sociais, assim, garante que qualquer decisão relacionada ao risco aproveite a visão mais ampla possível do risco. A abordagem também afirma a necessidade de um envolvimento efetivo de todas as partes relevantes que estejam interessadas (IRGC, 2017).

O modelo do IRGC oferece duas principais inovações no campo do risco, a primeira é a inclusão do contexto societal e a segunda é uma nova categorização do risco relacionado ao conhecimento.

No que se refere a inclusão do contexto societal, destaca-se que além dos elementos genéricos, avaliação de risco, gestão de risco e comunicação de risco, o framework fornece igual importância aos aspectos contextuais que, ou estão diretamente integrados em um processo de risco, bem como elementos adicionais ou caso contrário, formam as condições básicas para tomar qualquer decisão relacionada ao risco. Os aspectos contextuais da primeira categoria incluem a estrutura e a interação dos diferentes atores que lidam com os riscos, como esses atores podem perceber os riscos e os interesses que eles têm em relação às suas prováveis consequências. Exemplos dessa categoria incluem as políticas de mercado ou regulação, bem como os impactos sociopolíticos predominantes nas entidades e instituições que desempenham um papel no processo de risco, seus imperativos organizacionais e a capacidade necessária para uma governança de risco efetiva. Dessa forma, através de uma vinculação do contexto com a governança de riscos, a estrutura reflete o importante papel da avaliação de risco-benefício e a necessidade de resolver os trade-offs³ do risco (IRGC, 2017).

Com relação a categorização do conhecimento relacionado ao risco, destaca-se que o framework propõe uma categorização de risco que é baseada em diferentes estados de conhecimento e interpretações, distinguindo entre problemas de risco simples, complexo, incerto e ambíguo. Para cada categoria, uma estratégia é então derivada para a avaliação de risco, gerenciamento de risco, bem como o nível e a forma de participação das partes interessadas, apoiada por propostas de métodos e ferramentas apropriados.

A seguir discorrer-se-á a respeito dessa nova abordagem da Governança de Risco, inicialmente aprofundando o conhecimento sobre o modelo do IRGC.

³ De acordo com Renn (2008b), trade-offs de risco (ou trade-offs risco-risco) é um fenômeno de que intervenções destinadas a reduzir um risco podem aumentar outros riscos ou transferir o risco para uma nova população.

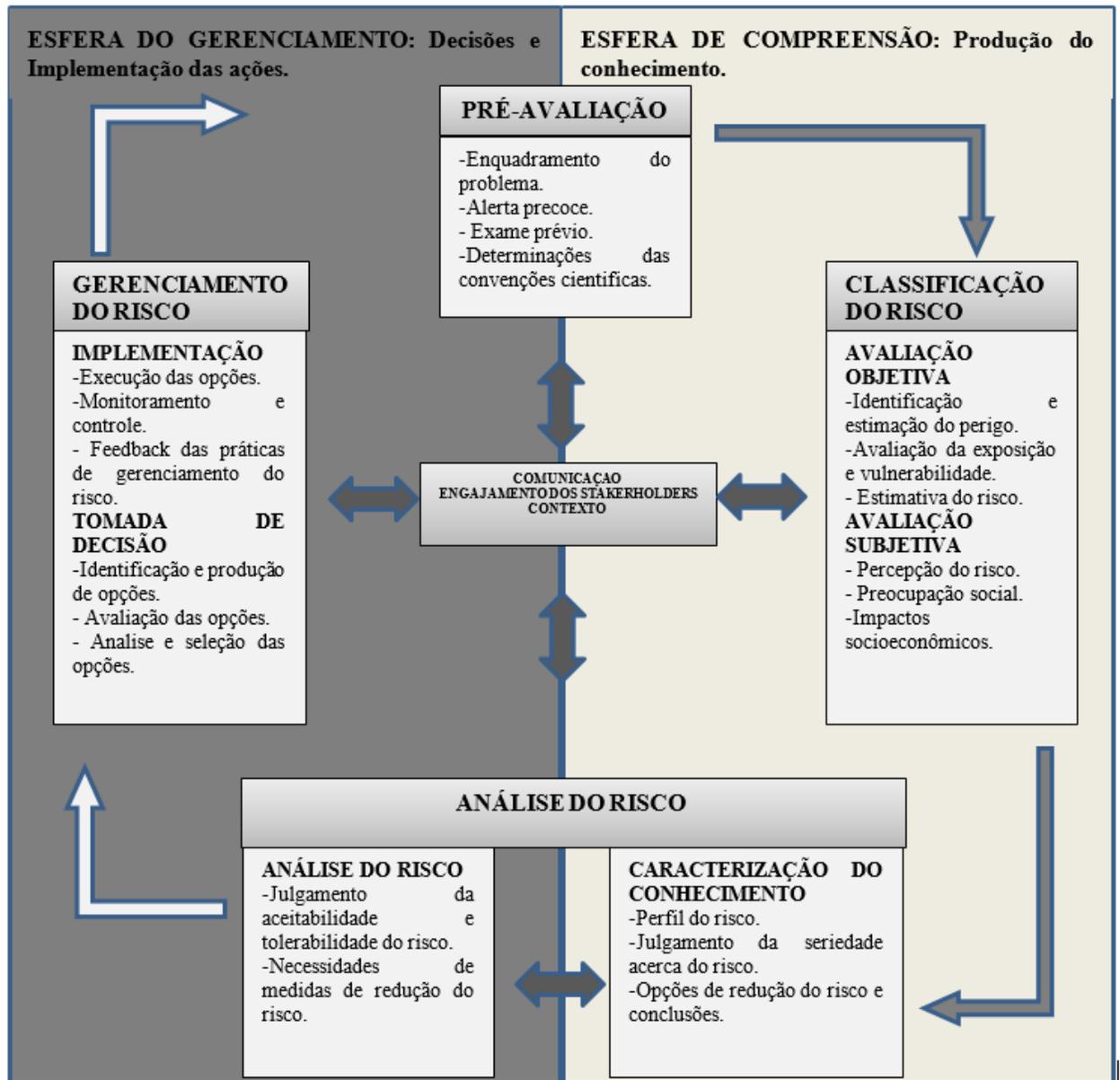
2.3.4.1. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Visão Geral

A Estrutura do IRGC (2017) fornece orientação para identificação precoce e tratamento de riscos, envolvendo as várias partes interessadas. É uma abordagem abrangente para ajudar a entender, analisar e gerenciar questões de risco importantes para as quais pode haver déficits nas estruturas e processos de Governança de Risco. O Framework compreende quatro elementos interligados e aspectos transversais divididos em três grupos (ver figura 8), são eles:

1. Pré-avaliação do Risco – Identificação e enquadramento; definindo os limites do risco ou sistema.
2. Classificação do Risco – Avaliar as causas, consequências técnicas e percebidas do risco.
3. Análise de Risco – Executa um julgamento sobre o risco e a necessidade de gerenciá-lo.
4. Gestão do Risco – Decidir e implementar opções de gestão de risco
5. Aspectos transversais – Comunicação, Engajamento com stakeholders e consideração do contexto.

A estrutura de governança de risco do IRGC distingue entre entender um risco (para o qual a classificação de risco é o procedimento essencial) e decidir o que fazer com um risco (onde o gerenciamento de risco é a atividade principal). Esta distinção reflete o suporte que o IRGC fornece à separação das responsabilidades da classificação e gestão de risco como forma de maximizar a objetividade e a responsabilização de ambas as atividades. Os responsáveis por ambos devem se envolver conjuntamente nos outros elementos (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

Figura 8: Esquema de funcionamento do framework de Governança de Risco do IRGC



Fonte: Adaptado do IRGC (2017).

Os elementos interligados estão resumidos nas seções a seguir. Juntos, fornecem um meio para obter uma compreensão completa de um risco e desenvolver opções adequadas e apropriadas para controlá-lo.

2.3.4.1.1. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Pré-Avaliação

A abordagem do IRGC (2017) começa com a pré-avaliação do risco, que leva ao enquadramento do risco, alerta precoce e preparativos para lidar com ele. A pré-avaliação envolve

atores relevantes e grupos de partes interessadas, de modo a capturar as várias perspectivas sobre o risco, suas oportunidades associadas e possíveis estratégias para enfrentá-lo.

Uma revisão sistemática de ações relacionadas ao risco precisa começar com uma análise dos principais atores sociais (tais como, governos, empresas, comunidade científica e público em geral) e como eles selecionam os riscos bem como quais tipos de problemas eles rotulam como problemas de risco. Em termos técnicos, isso é chamado de “enquadramento”. O enquadramento neste contexto engloba a seleção e interpretação de fenômenos como tópicos de risco relevantes (GOODWIN; WRIGHT, 2014). O processo de enquadramento já faz parte da estrutura de governança, uma vez que agências oficiais (por exemplo, agências de padronização de alimentos), produtores de riscos e oportunidades (como a indústria de alimentos), aqueles afetados por riscos e oportunidades (como organizações de consumidores) e espectadores interessados (como a mídia ou uma elite intelectual) estão todos envolvidos e muitas vezes estão em conflito uns com os outros ao enquadrar a questão. O que conta como risco pode variar entre esses grupos de atores. Os consumidores podem sentir que todos os aditivos alimentares artificiais representam um risco, enquanto a indústria pode se preocupar com patógenos que desenvolvem seu potencial negativo devido à falta de conhecimento do consumidor sobre armazenamento e preparação de alimentos. Grupos ambientalistas podem estar preocupados com os riscos de alimentos industrializados versus alimentos orgânicos. Se um consenso emerge sobre o que requer consideração como um risco relevante depende da legitimidade da regra de seleção (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

De acordo com Renn (2008b) a aceitação das regras de seleção depende de duas condições. A primeira é que todos os atores precisam concordar com o objetivo subjacente (muitas vezes legalmente prescrito, como prevenção de danos à saúde ou garantia de uma qualidade ambiental imperturbável, por exemplo, leis de pureza para água potável). Em segundo, eles precisam concordar com as implicações derivadas do estado atual do conhecimento (se, e/ou em que grau, o perigo identificado afeta o objetivo desejado). Mesmo dentro dessa análise preliminar, a discordância pode resultar de valores conflitantes, bem como de evidências conflitantes e, em particular, da combinação inadequada dos dois. Valores e evidências podem ser vistos como os dois lados de uma moeda: os valores governam a seleção da meta, enquanto a evidência governa a seleção de alegações de causa e efeito. Ambos precisam ser devidamente investigados ao analisar a Governança de Risco; mas é de particular importância entender os valores que moldam os

interesses, percepções e preocupações dos diferentes stakeholders, bem como identificar métodos para capturar como essas preocupações podem influenciar ou impactar o debate sobre um risco específico. A avaliação real desses impactos deve então ser efetuada da maneira mais profissional, incluindo a caracterização de incertezas (KOEHLER; HARVEY, 2004).

Uma segunda parte da fase de pré-avaliação diz respeito aos meios institucionais de alerta precoce e monitoramento. Esta tarefa se refere a instituições governamentais, empresariais ou da sociedade civil que identificam eventos ou fenômenos incomuns (por exemplo, registros de doenças, índices de biodiversidade, índices climáticos, monitoramento da qualidade ambiental e etc.) para detectar novos riscos emergentes ajudando a fornecer algumas informações iniciais sobre a extensão ou gravidade desses riscos. Além disso, são necessários esforços públicos para monitorar o ambiente quanto a riscos recorrentes (como doenças infecciosas) ou riscos em evolução recente. Muitos países enfrentam problemas em monitorar o meio ambiente em busca de sinais de riscos. Isso geralmente se deve à falta de esforços institucionais para coletar e interpretar sinais de risco, bem como deficiências na comunicação entre aqueles que procuram os primeiros sinais. A catástrofe do tsunami de 2004 na Ásia (RAHADIANA et al., 2014) fornece um exemplo mais do que revelador da discrepância entre a possibilidade de recursos de alerta precoce e a decisão de instalá-los ou usá-los. Portanto, é importante observar as atividades de alerta precoce e monitoramento ao investigar a Governança de Risco (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

Em muitos processos de Governança de Risco, as informações sobre os riscos são pré-selecionadas e então alocadas para diferentes rotas de avaliação e gerenciamento. Em particular, os gestores de risco industrial procuram a estratégia mais eficiente para lidar com os riscos. Isso inclui políticas de priorização, protocolos para lidar com causas semelhantes de riscos, modelos ideais combinando redução de risco e seguro (RENN, 2008b). De acordo com o IRGC, 2017, os reguladores públicos de risco costumam usar atividades de pré-triagem para alocar riscos a diferentes agências ou a procedimentos predefinidos. Às vezes, os riscos podem parecer menos graves e pode ser adequado interromper a avaliação de risco. Em uma situação de crise pendente, podem ser necessárias ações de gerenciamento de risco antes mesmo de qualquer avaliação ser realizada. Uma análise completa deve, portanto, incluir provisões para triagem de risco e a seleção de diferentes rotas para seleção, priorização, avaliação e gerenciamento de riscos. Este aspecto foi chamado de “Política de Avaliação de Risco” pela Codex Alimentarius Commission (2015).

Destina-se a orientar o processo de avaliação em termos de seleção de risco, definição de prioridades e determinação de protocolos de avaliação bem como gerenciamento, incluindo métodos de investigação, procedimentos estatísticos ou outras convenções científicas usadas na avaliação de riscos bem como na seleção de opções de redução de risco. Um processo de triagem também pode ser empregado ao caracterizar os riscos de acordo com a complexidade, incerteza e ambiguidade.

Outro componente importante da pré-avaliação é a seleção de convenções e regras processuais necessárias para uma avaliação abrangente do risco (ou seja, para avaliar o risco bem como as preocupações relacionadas a ele). Tais convenções cobrem convenções científicas, jurídicas, políticas, sociais ou econômicas existentes. Qualquer avaliação desse tipo é baseada em julgamentos ou convenções previamente informadas, articulados pela comunidade científica, jurídica ou outros órgãos relacionados as políticas públicas que lidam com essa temática.

Cabe destacar que o IRGC (2017) reforça que o título “pré-avaliação” não significa que essas etapas sejam sempre realizadas antes da realização das avaliações. Em vez disso, eles estão logicamente localizados na vanguarda da avaliação e gestão. Eles também não devem ser vistos como etapas sequenciais, mas como elementos que estão intimamente interligados. De fato, e dependendo da situação, o alerta precoce pode preceder o enquadramento do problema e pode se beneficiar de descobertas não sistemáticas e relatórios incidentais/acidentais. A pré-avaliação pode ser vista como uma oportunidade para a prevenção precoce de ameaças mais graves. O enquadramento cuidadoso, a triagem e a seleção de regras são essenciais para reduzir o risco geral, evitando que os tomadores de decisão negligenciem os principais riscos ou preocupações e enfrentem surpresas desagradáveis posteriormente.

2.3.4.1.2. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Classificação de Risco

A Classificação de Risco desenvolve e sintetiza a base de conhecimento para a decisão sobre se um risco deve ou não ser assumido e/ou gerenciado e, em caso afirmativo, quais opções estão disponíveis para prevenir, mitigar, adaptar ou compartilhar o risco. Renn (2008b) afirma que a Classificação de Risco vai além da avaliação de risco científica convencional.

Esse termo Classificação de Risco às vezes tem sido usado na literatura de Governança de Risco para incluir todos os elementos de conhecimento necessários para caracterização e avaliação de risco, bem como gerenciamento de risco (STIRLING, 1998, 2003). Para que a sociedade faça escolhas prudentes sobre os riscos, não basta considerar apenas os resultados da avaliação (científica) dos riscos, é necessário compreender a subjetividade inerente aos riscos que geram preocupações das várias partes interessadas e grupos públicos, informações sobre as percepções de risco bem como as implicações adicionais das consequências diretas de um risco devem ser devidamente coletadas pelas agências de gestão de risco. Além disso, outros aspectos da atividade causadora de risco que parecem ser relevantes para caracterizar e avaliar o risco bem como selecionar opções de redução de risco devem ser reunidos para que assim sejam inseridos na análise. Com base em uma ampla gama de informações, os gerentes de risco podem fazer julgamentos mais informados bem como projetar as opções apropriadas de gerenciamento de risco (RENN, 2008b). Nesse sentido o IRGC (2017) destaca que a Classificação de Risco inclui, portanto, dois componentes principais, a Avaliação Objetiva do Risco (RO) e a Avaliação Subjetiva do Risco (RS).

Segundo Renn (2008b) o processo de Classificação de Risco é (e deve ser claramente) dominado por análises científicas; mas, em contraste com o modelo tradicional de Governança de Risco, o processo científico inclui tanto as ciências físicas/técnicas quanto as sociais/humanas. Projeta-se a Classificação de Risco como tendo dois estágios de processo: primeiro, profissionais das ciências físicas (como toxicologia, epidemiologia, engenharia, ciências naturais e etc) usam suas habilidades para produzir a melhor estimativa do dano físico que uma fonte de risco pode induzir; segundo, profissionais das ciências humanas e sociais (como sociologia, psicologia, ciências políticas, antropológicas, comportamentais e etc) identificam e analisam as questões que os indivíduos ou a sociedade como um todo vinculam a um determinado risco. Para tanto, pode-se utilizar de amplo repertório de técnicas científicas, como métodos de pesquisa em grupos focais, análises econométricas, modelagem macroeconômica, audiências estruturadas com stakeholders e etc. (LEINFELLNER; KÖHLER, 1974; RENN, 2008b; IRGC, 2017).

Destaca-se que com base nos resultados da Avaliação Objetiva do Risco, a etapa seguinte do processo, Avaliação Subjetiva do Risco, também investigará e determinará as implicações socioeconômicas dos riscos. Renn (2008b), ressalta que de particular interesse neste contexto são

as implicações financeiras e legais (ou seja, perdas e passivos econômicos), bem como as respostas sociais, como a mobilização política. Essas implicações secundárias foram abordadas pelo conceito de amplificação social do risco (KASPERSON et al., 1988). Este conceito baseia-se na hipótese de que os eventos relacionados com os perigos interagem com os processos psicológicos, sociais, institucionais e culturais de forma a aumentar ou atenuar as percepções individuais e sociais de risco e moldar o comportamento de risco. Os padrões de comportamento, por sua vez, geram consequências sociais ou econômicas secundárias que vão muito além dos danos diretos à saúde humana ou ao meio ambiente, incluindo impactos indiretos significativos, como responsabilidade civil, perda de confiança nas instituições ou alienação dos assuntos da comunidade (RENN, 2008b). Esses efeitos secundários amplificados podem então desencadear demandas por respostas institucionais adicionais e ações de proteção, ou, inversamente (no caso de atenuação de risco), colocar impedimentos no caminho das ações de proteção necessárias. Impactos secundários, amplificados ou não, são de grande preocupação para aqueles que são obrigados a arcar com os custos ou arcar com as consequências de serem responsáveis.

A seguir abordar-se-á mais especificamente sobre a Avaliação Objetiva do Risco e Avaliação Subjetiva do Risco.

2.3.4.1.2.1. Classificação de Risco: Avaliação Objetiva do Risco

A finalidade da Avaliação Objetiva do Risco é a geração de conhecimento ligando agentes de risco específicos com consequências incertas, mas possíveis (RENN, 2008b). O produto final dessa Avaliação de Risco é uma estimativa do risco em termos de uma distribuição de probabilidade das consequências modeladas (com base em eventos discretos ou funções de perda contínuas). Os diferentes estágios de Avaliação Objetiva de Risco variam de fonte de risco para fonte de risco. Muitos esforços foram feitos para produzir um conjunto harmonizado de termos e modelo de fase conceitual que abrangesse uma ampla gama de riscos e domínios de risco (como declarado, por exemplo, em ROSA, 1998; EUROPEAN UNION, 2001a, 2002; RENN, 2008b). Embora existam diferenças claras na estruturação do processo de avaliação, dependendo da fonte de risco e da cultura organizacional, há um acordo sobre três componentes principais desse tipo de avaliação de risco. O primeiro é a identificação e/ou estimativa do perigo; o segundo se trata da avaliação da exposição e/ou vulnerabilidade; e por fim, o terceiro é a estimativa de risco,

combinando a probabilidade, a gravidade das consequências visadas com base nas características perigosas identificadas bem como na avaliação da exposição/vulnerabilidade.

Nesse contexto, é crucial distinguir entre perigos e riscos. Da mesma forma, entre a identificação (ou seja, o estabelecimento do vínculo causa-efeito) e a estimativa (determinação da força do vínculo causa-efeito) precisam ser realizadas para perigos e riscos separadamente. A estimativa de risco depende de uma avaliação de exposição e/ou vulnerabilidade. A exposição se refere ao contato do agente perigoso com o alvo (indivíduos, ecossistemas, edifícios, etc.). A vulnerabilidade descreve os vários graus do alvo para sofrer danos ou ainda danos como resultado da exposição (por exemplo, o sistema imunológico de um público-alvo, grupos vulneráveis, deficiências estruturais em barragens e etc.). Em nossa opinião, entender a vulnerabilidade de um alvo (seja um sistema, um indivíduo, uma comunidade e etc.) é uma parte importante da estimativa de risco. As vulnerabilidades podem aumentar o risco, seja influenciando a probabilidade de algum evento ou a gravidade das consequências, caso ocorra, ou ambos. As decisões sobre como gerenciar os riscos também devem incluir a consideração de maneiras de reduzir as vulnerabilidades. A questão da vulnerabilidade exige uma distinção clara entre um “agente”, como um terremoto ou um produto químico, e o “sistema de absorção de risco”, como uma barragem ou um organismo. Vulnerabilidade se refere à qualidade do sistema de absorção de risco para suportar ou tolerar diferentes graus ou composições do agente ao qual pode ser exposto. Por exemplo, uma barragem pode ser construída de tal forma que possa suportar pressões sísmicas até uma intensidade de X; ou um organismo pode ser vacinado para que o surto de um vírus específico não prejudique sua saúde. Um sistema de absorção de risco pode incluir uma cadeia complexa de elementos de interação, começando com uma entidade física, como um complexo de edifícios e terminando com a disponibilidade de organizações eficazes de socorro a desastres (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

A base da Avaliação Objetiva de Risco é o uso sistemático de métodos analíticos, segundo RENN (2008b) amplamente baseados em probabilidades e que foram constantemente aprimorados nas últimas décadas. As avaliações de risco probabilísticas para grandes sistemas tecnológicos, por exemplo, incluem ferramentas como árvores de falhas e eventos, técnicas de cenário, modelos de distribuição baseados em sistemas de informação geográfica (GIS), modelagem de transporte e simulações de interface homem-máquina conduzidas empiricamente. O processamento de dados é muitas vezes guiado por estatísticas inferenciais e é organizado de acordo com procedimentos

analíticos de decisão. Essas ferramentas foram desenvolvidas para gerar conhecimento sobre relações causa-efeito, estimar a força dessas relações, caracterizar incertezas e ambiguidades remanescentes e descrever, de forma quantitativa ou qualitativa, outras propriedades relacionadas a riscos ou perigos que são importantes para gestão de risco. Em suma, segundo RENN (2008b) e IRGC (2017) a Avaliação Objetiva do Risco especifica o que está em jogo, calcula as probabilidades de consequências (in)desejadas e agregam ambos os componentes em uma única dimensão. Em geral, segundo RENN (2008b) existem cinco métodos para calcular essas probabilidades.

O primeiro é a coleta de dados estatísticos relativos ao desempenho de uma fonte de risco no passado (extrapolação atuarial); O segundo é a coleta de dados estatísticos relativos a componentes de um agente perigoso ou tecnologia (este método requer uma síntese de julgamentos de probabilidade desde a falha do componente até o desempenho do sistema – conhecido como avaliação de risco probabilístico, ou PRA); O terceiro, muito utilizado em abordagens epidemiológicos ou experimentais que visam encontrar correlações estatisticamente significativas entre uma exposição a um agente perigoso e um efeito adverso em uma amostra populacional definida (modelagem probabilística); O quarto, baseado nas melhores estimativas de probabilidades de especialistas ou tomadores de decisão, particularmente para eventos em que apenas dados estatísticos insuficientes estão disponíveis (normalmente empregando ferramentas estatísticas bayesianas); e por fim, o último é baseado em técnicas de cenário pelas quais diferentes caminhos plausíveis, desde a liberação de um agente nocivo até a perda final, são modelados com base nos piores e melhores casos ou probabilidade estimada para cada consequência em cada nó.

Segundo o RENN (2008b) todos esses métodos são baseados no desempenho anterior da mesma ou de uma fonte de risco semelhante, ou em uma intervenção experimental. A possibilidade de que as circunstâncias da situação de risco variem ao longo do tempo de forma imprevisível e que as pessoas venham a tomar decisões sobre mudanças de perigos leva a incertezas não resolvidas ou remanescentes. Um dos principais desafios da Avaliação Objetiva de Risco é a caracterização sistemática dessas incertezas remanescentes. Eles podem ser parcialmente modelados usando estatísticas inferenciais (intervalo de confiança) ou outros métodos de simulação (como Monte Carlo); mas muitas vezes eles só podem ser descritos em termos qualitativos.

A este respeito, ROSA (1998, 2003) destaca que os analistas de risco introduziram uma distinção crucial entre incerteza aleatória e epistêmica. As incertezas aleatórias são “aquelas que derivam da variabilidade em populações conhecidas (ou observáveis) e, portanto, representam aleatoriedade nas amostras” (AVEN; RENN, 2010). Um exemplo simples desse tipo de variabilidade é representado pela distribuição de valores possíveis a partir do lançamento de um conjunto justo de dados. Um processo aleatório dá origem a qualquer valor possível em qualquer ponto no tempo; mas a longo prazo, com uma amostra grande o suficiente (ou jogadas de dados, em nosso exemplo), a distribuição de valores possíveis pode ser bem caracterizada. Coletar informações adicionais ou aumentar o tamanho da amostra pode ajudar a caracterizar essa distribuição com mais precisão; mas nenhuma das opções pode reduzir seus parâmetros fundamentais.

Ainda segundo Aven e Renn (2010) a incerteza epistêmica surge da “falta de conhecimento básico sobre fenômenos fundamentais”. Os impactos do aquecimento global têm sido considerados muito incertos precisamente por essas razões. A incerteza epistêmica pode, em princípio, ser reduzida pela geração de conhecimento adicional, pela coleta de amostras maiores ou por outras formas de pesquisa apropriadas à questão em particular. À medida que os cientistas começaram a entender melhor algumas das ciências fundamentais subjacentes às mudanças climáticas, muitos se tornaram menos incertos sobre seus possíveis impactos (RENN, 2008b).

Na realidade, o que é muitas vezes referido como incerteza é uma combinação da contribuição da incerteza aleatória e epistêmica, mas afinal qual é a sua relevância em relação à Avaliação Objetiva de Riscos? Para o avaliador de risco, essas distinções entre os tipos de incerteza podem ser úteis no desenvolvimento de uma abordagem para caracterizar a incerteza. Se o avaliador sabe que algum processo aleatório fundamental dá origem a um resultado, como no caso do papel de um dado ou na combinatória que prediz a variabilidade genética em algum traço, este pode ser um ponto inicial e final para caracterizar a incerteza. Se o avaliador não sabe se tal processo aleatório é realmente responsável ou não tem certeza sobre os parâmetros reais do processo, existe incerteza epistêmica e o analista pode precisar coletar mais dados ou usar o julgamento de especialistas para caracterizar a extensão da incerteza epistêmica. A análise bayesiana, na qual as probabilidades são definidas como graus de crença, pode ser usada para esse fim. Graus de crença, também conhecidos como probabilidades subjetivas, são fundamentados em

todas as evidências disponíveis, bem como em julgamentos sobre quão boa ou relevante essa evidência é e, portanto, podem combinar incertezas aleatórias e epistêmicas (IRGC, 2017).

Não há dúvida de que os métodos de avaliação de risco amadureceram para se tornarem ferramentas sofisticadas e poderosas para lidar com o dano potencial de ações humanas ou eventos naturais. Sua aplicação mundial reflete esse grau de poder preditivo e profissionalismo. Ao mesmo tempo, há novos desafios no campo de risco que precisam ser abordados pelas comunidades de avaliação de risco e nesse sentido o IRGC (2017) aponta oito índices que contribuem para uma adequada Avaliação de Risco Objetiva. O primeiro é sobre a identificação dos danos potenciais; o segundo versa a respeito da projeção da extensão do dano; o terceiro é sobre a projeção do tempo de duração do dano; o quarto é relacionado a projeção da possibilidade de reparação do dano; o quinto é sobre a identificação dos processos que criam os riscos; o sexto está relacionado a identificação do nível de vulnerabilidade do sistema que sofrerá o dano; o sétimo é sobre a projeção dos cenários de acidentes; e por fim, o oitavo é sobre a capacidade de quantificação do risco objetivo.

2.3.4.1.2.2. Classificação de Risco: Avaliação Subjetiva do Risco

A Classificação do Risco baseada exclusivamente em critérios objetivos relacionados as áreas da engenharia, ciências naturais e etc. é algo que há algum tempo é notado como insuficiente para emitir um resultado confiável. Em um documento publicado pelo Departamento do Tesouro do Reino Unido (HM TREASURY, 2005), os autores recomendam um procedimento de Classificação de Risco que inclua os resultados de uma avaliação de risco que além dos métodos convencionais apresente informações que devam ser derivadas da entrada de dados sobre a percepção do público e a avaliação das preocupações sociais, o que eles denominaram de uma avaliação subjetiva para o risco. O documento oferece uma ferramenta para avaliar as preocupações do público em relação a seis fatores centrados em torno do(s) perigo(s) que leva(m) a um risco bem com seus efeitos do risco e sua gestão. O Primeiro elemento é a percepção de familiaridade e experiência com o perigo; o segundo é a compreensão da natureza do perigo e seus impactos potenciais; o terceiro são as repercussões dos efeitos do risco na equidade (intergeracional e social); o quarto é a percepção de medo e pavor em relação ao efeito de um risco; o quinto é a percepção de controle pessoal ou institucional sobre a gestão de um risco; e por fim, a determinação do grau de confiança em organizações de gerenciamento de risco. Esses aspectos foram interessantes,

primeiramente por partirem de uma agência pública e ajudaram no desenvolvimento da concepção de Classificação de Risco que transcendesse sua modelagem tradicional.

No entanto, a iniciativa do Reino Unido descrita acima não foi a primeira, anteriormente, em 2003, uma lista semelhante de indicadores de avaliação foi sugerida por um grupo de pesquisadores holandeses da Agência Holandesa de Proteção Ambiental (NETHERLANDS, 2003). Durante o final da década de 1990, o Conselho Consultivo Alemão sobre Mudanças Globais (WBGU) também abordou a questão da avaliação de risco e desenvolveu um conjunto de nove critérios para caracterizar riscos além dos critérios de avaliação estabelecidos (GERMAN, 2000). Estes foram, a extensão do dano que determinaria os efeitos adversos em unidades naturais (por exemplo, morte, ferimentos, perda de produção, etc.); Probabilidade de ocorrência, representando uma estimativa de frequência relativa, que pode ser discreta ou contínua; Incerteza que leva em conta a incerteza no conhecimento, na modelagem de sistemas complexos ou na previsibilidade ao avaliar o risco; A ubiquidade que está relacionada a dispersão geográfica dos danos; Persistência, interessada na duração do dano; Reversibilidade, que objetiva identificar se o dano pode ser revertido; Efeitos de atraso, que permite caracterizar a latência entre o evento inicial e o dano real; Violações de equidade, preocupado em identificar a distribuição injusta de benefícios e riscos; E por fim, o Potencial de mobilização, relacionado ao amplo impacto social (por exemplo, o risco gerará conflito social, indignação ou indiferença?).

Posteriormente, de acordo com Renn (2008b), a proposta do WBGU foi revisada e discutida por muitos especialistas e gestores de risco, sendo sugerido que o potencial de mobilização deveria ser expandido e dividido em três elementos principais. O primeiro é o estresse psicológico e desconforto associado ao risco ou à fonte de risco (medido por escalas psicométricas); o segundo, potencial de conflito e mobilização social (grau de pressão política ou pública sobre as agências reguladoras de risco); e por fim, o terceiro, o “efeito de transbordamento” que pode ser esperado quando perdas altamente simbólicas repercutem em outros campos, como mercados financeiros ou perda de credibilidade nas instituições de gestão.

Os indicadores explanados acima ajudaram a fornecer uma orientação para os critérios que foram considerados pelo modelo do IRGC (2017). No IRGC (2017) existem nove critérios que são considerados nessa fase de Avaliação Subjetiva do Risco, o primeiro é relacionado a coleta das opiniões, valores e preocupações das diferentes partes interessadas sobre o risco; o segundo é sobre

a identificação do Nível de envolvimento, prestação de contas e/ou responsabilidade dos stakeholders; o terceiro é relacionado a identificação de vieses cognitivos ou heurísticos que afetam a percepção do risco objetivo; o quarto é sobre a existência de restrições sociológicas, organizacionais e antropológicas para as partes interessadas; o quinto se relaciona a identificação da resposta social ao risco objetivo; o sexto foca na identificação do comportamento das partes interessadas diante do risco; o sétimo, busca identificar a existência ou possibilidade de mobilização política e/ou social diante do risco; o oitavo, se relaciona a identificação do papel das instituições, estruturas de governança e mídia existentes na definição e abordagem das preocupações públicas; e por fim, o último foca em descobrir se os gerentes de risco (público e/ou privado) são propensos a enfrentar controvérsias e conflitos devido a diferenças na percepção de risco, nos objetivos e valores das partes interessadas ou por injustiças na distribuição de benefícios sobre os riscos objetivos.

Esses critérios demonstram explicitamente que as decisões das pessoas sobre como lidar com os riscos são influenciadas por sua experiência passada, sua percepção, bem como suas preocupações talvez mais emocionais e baseadas em valores. Portanto, é essencial compreender percepções, valores e preocupações, pois eles não apenas determinam a ambiguidade social e cultural sobre uma questão de risco, mas também influenciam as atitudes em relação ao risco e o comportamento de risco.

O IRGC (2017) reforça que dependendo do risco sob investigação, critérios adicionais podem ser incluídos ou critérios propostos podem ser omitidos.

2.3.4.1.3. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Análise do Risco

A terceira etapa da abordagem do IRGC (2017) é denominada de Análise do Risco e de acordo com Renn (2008b) é o aspecto mais controverso do manejo de riscos, pois se refere ao processo de delinear e justificar um julgamento sobre a tolerabilidade ou aceitabilidade de um determinado risco. Essa Análise, trata-se de um processo de comparação do resultado da Classificação de Risco (Avaliação Objetiva e Subjetiva do Risco) com critérios específicos, para determinar a significância e aceitabilidade do risco bem como preparar para decisões. Caracterizar o conhecimento é o primeiro passo que discorrer-se-á no tópico seguinte.

2.3.4.1.3.1. Análise do Risco: Caracterização do Conhecimento

Os riscos diferem em várias dimensões (IRGC, 2017), que influenciam a forma como são analisados e geridos. Durante a fase de Classificação de Risco, uma quantidade considerável de conhecimento é desenvolvida sobre um risco. Esse conhecimento é importante para caracterizá-lo como predominantemente simples, complexo, incerto ou ambíguo, ou de acordo com IRGC (2017), na maioria das vezes uma combinação deles. Isso pode ajudar no planejamento da participação das partes interessadas no processo de governança de risco e no projeto de estratégias de gerenciamento de risco.

O primeiro nível de caracterização é para riscos relativamente simples, como o risco de acidentes de carro ou avião, os benefícios de tomar medidas regulatórias podem ser diretos e incontrovertidos, por exemplo, com cintos de segurança obrigatórios em carros e caixas pretas nos aviões. No entanto, riscos mais complexos, incertos ou ambíguos requerem uma abordagem diferente para a Classificação, Análise e Gestão de Riscos, no que diz respeito às percepções e valores associados a esses riscos. Nestas situações de risco, será necessário um envolvimento mais abrangente das partes interessadas. Também deve ser reconhecido que as características dos riscos podem mudar ao longo do tempo, um fator que deve ser levado em consideração especialmente para processos de governança de risco mais longos (IRGC, 2017; RENN, 2008b).

O segundo nível é para caracterização de riscos complexos e se refere às dificuldades em identificar e quantificar as causas de efeitos adversos específicos e compreender um sistema sociotécnico. Exemplos de riscos complexos incluem os riscos de interrupção de infraestruturas interconectadas, como grandes redes elétricas ou a Internet. Questões complexas normalmente podem ser tratadas por pesquisas científicas e empíricas e trabalho técnico especializado (IRGC, 2017).

O terceiro nível é para caracterizar riscos incertos e se refere à falta de dados científicos ou técnicos, ou à falta de clareza ou qualidade dos dados. A incerteza descreve o nível de confiança que os analistas associam a uma avaliação qualitativa ou quantitativa de um risco específico. Os riscos incertos incluem o efeito de alguns desenvolvimentos na biotecnologia, por exemplo, se novos organismos forem liberados no ambiente aberto antes de uma avaliação completa de seu impacto potencial (IRGC, 2017).

E por fim, o quarto nível é para caracterizar riscos com ambiguidades e resultam de perspectivas divergentes sobre o risco, incluindo a probabilidade e gravidade de potenciais resultados adversos. Os riscos que estão sujeitos a altos níveis de ambiguidade incluem questões para as quais questões econômicas ou éticas importam e onde podem surgir controvérsias e polêmicas, como no caso da produção de alimentos, o uso de hormônios ou antibióticos como promotores de crescimento para o gado, ou alguns avanços na pesquisa genômica. Nesses casos, os valores e interesses das pessoas podem diferir amplamente e criar condições para contestação ou conflito (IRGC, 2017).

As barragens de contenção de rejeitos estão inseridas no nível de riscos complexos e ambíguos, pois se referem a uma fonte de risco que apresenta um potencial de dano muito elevado e, ao mesmo tempo, uma probabilidade de ocorrência considerável. Além disso, essas instalações geralmente incluem extensas questões econômicas, éticas, políticas e culturais relevantes de onde podem surgir controvérsias e polêmicas associadas a atividade bem como a estrutura.

2.3.4.1.3.2. Análise do Risco

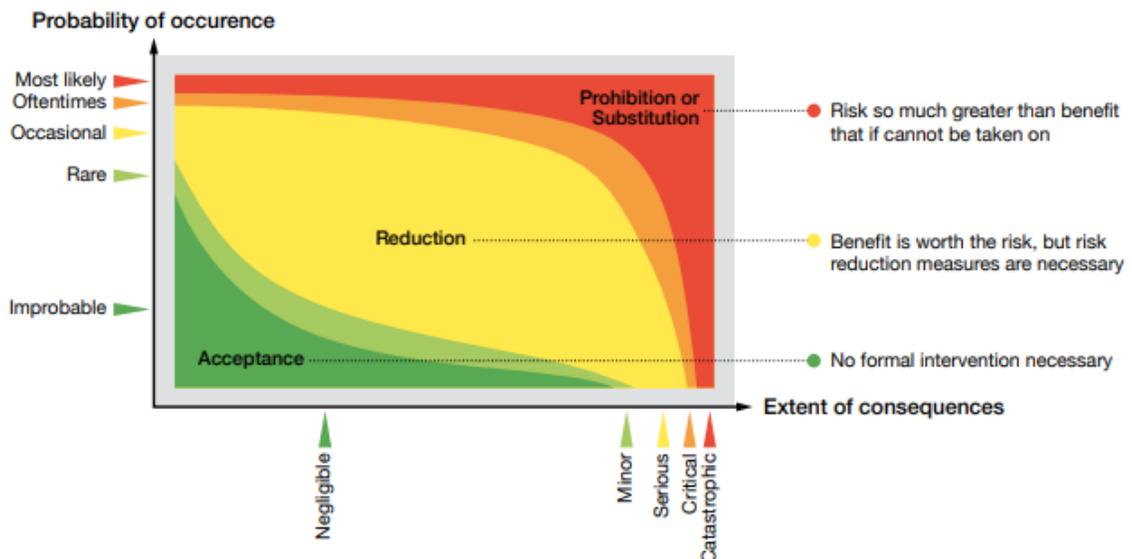
O gerenciamento de riscos requer um julgamento prévio e cuidadoso sobre se um risco é aceitável ou não para o tomador de decisão e as partes interessadas. Para esse julgamento prévio, dá-se o nome de Análise do Risco e se não for aceitável, Renn (2008b) reforça que medidas de redução de risco podem torná-lo mais tolerável. Para fazer esse julgamento, as evidências baseadas na Classificação de Risco devem ser combinadas com uma análise completa de outros fatores, como valores sociais, interesses econômicos e considerações políticas. Após essas considerações, o risco é avaliado como aceitável, se a redução de risco for considerada desnecessária; tolerável, se o risco puder ser perseguido por causa de seus benefícios associados, mas sujeito a medidas apropriadas de redução dele; e por fim, intolerável, aonde deve ser simplesmente evitado, ou seja, nenhuma medida de redução de risco pode torná-lo tolerável (IRGC, 2017).

A Análise de Risco envolve fazer julgamentos e escolhas, muitas vezes sociais, técnicas, econômicas, políticas e/ou estratégicas, com base em questões como: Existem questões éticas a serem consideradas, além daquelas levadas em consideração na Avaliação Subjetiva do Risco? Quais são os valores e normas sociais para fazer julgamentos sobre tolerabilidade e aceitabilidade? Esses valores e normas estão mudando? Alguma parte interessada (governo, empresa ou outra) tem

compromissos ou outras razões para desejar um resultado específico do processo de governança de risco? Quais são as restrições (por exemplo, tempo, orçamento, contexto, etc.)? Qual é a apreciação política ou estratégica dos benefícios e riscos sociais, econômicos e ambientais? Existe a possibilidade de substituição? Em caso afirmativo, como os riscos se comparam?

A distinção entre tolerabilidade e aceitabilidade pode, portanto, ser aplicada a uma grande variedade de fontes de risco. Tolerabilidade e aceitabilidade podem ser locadas em um diagrama de risco, com probabilidades no eixo y e extensão das consequências no eixo x (veja figura 9). Isso é conhecido como modelo de semáforo (traffic light model), representando risco aceitável em verde, risco tolerável em amarelo e risco intolerável em vermelho. Segundo Renn (2008b) traçar a linha entre intolerável e tolerável, bem como tolerável e aceitável é uma das tarefas mais difíceis da Governança de Risco. É preciso incluir as estimativas de risco derivadas do estágio de Avaliação Objetiva e Subjetiva de Risco.

Figura 9: Esquema do modelo de semáforo adotado pelo IRGC (2017).



Fonte: IRGC (2017).

Segundo o IRGC (2017) o modelo do semáforo representa uma simplificação excessiva, mas reflete a real necessidade de um julgamento ao final do processo de Classificação e Análise de Risco. Esse fechamento final do risco permite apenas três alternativas em um determinado momento: não tomar nenhuma ação de gerenciamento (embora isso possa permitir fazer pesquisas

adicionais ou coletar as informações necessárias para reavaliar o risco posteriormente); proibir o risco; ou iniciar ações de mitigação e gestão de risco. Não há outra alternativa neste momento. O modelo enfatiza que este importante julgamento seja feito o mais transparente possível para todos os indivíduos bem como as partes interessadas e que as organizações responsáveis por este julgamento tenham as habilidades, os ativos, o conhecimento prévio bem como a sensibilidade para chegar a uma decisão informada, equilibrada e justa.

2.3.4.1.4. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Gestão do Risco

A gestão de risco começa com uma revisão de todas as informações relevantes, particularmente da Classificação de Risco, consistindo na Avaliação Objetiva do Risco e Avaliação Subjetiva do Risco, onde a última é baseada em estudos de percepção de risco, avaliações de impacto econômico, caracterização científica de respostas sociais à fonte de risco e etc. Essas informações, juntamente com os julgamentos feitos na fase de Caracterização e Análise do Risco, formam o material de entrada sobre o qual as opções de gerenciamento de riscos são avaliadas, analisadas e selecionadas. No início, a gestão de risco é confrontada com três resultados potenciais. O primeiro se trata da situação intolerável, quando uma fonte de risco (como uma tecnologia ou um produto químico) precisa ser abandonada ou substituída, ou nos casos em que isso não é possível (por exemplo, riscos naturais), as vulnerabilidades precisam ser reduzidas e a exposição restrita. O segundo é a situação tolerável, nesse caso os riscos precisam ser reduzidos ou tratados de alguma outra forma dentro dos limites de investimentos de recursos razoáveis (incluindo as melhores práticas, tais como o ALARP⁴). Isso pode ser conduzido por atores privados (como gestores de riscos corporativos) ou públicos (como agências reguladoras) ou ambos (parcerias público-privadas). Por fim, a segunda é a situação aceitável, na qual os riscos são tão pequenos, talvez até considerados insignificantes, que qualquer esforço de redução de risco é desnecessário. No entanto, o compartilhamento de risco por meio da redução de risco adicional de forma voluntária apresenta opções de ação que podem valer a pena perseguir mesmo no caso de um risco aceitável (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

⁴ De acordo com IRGC (2017) a sigla ALARP é usada para descrever um risco à segurança que foi reduzido a um nível tão baixo quanto razoavelmente praticável. Para determinar o sentido de "razoavelmente praticável" no contexto da gestão de riscos, devem ser consideradas tanto as viabilidades técnicas de reduzir ainda mais o risco quanto, os custos sócio, econômicos e ambientais que esta redução acarreta.

Com relação a esses resultados, Renn (2008b) reforça que os gestores de risco podem enfrentar uma situação de unanimidade (ou seja, todos os atores relevantes concordam com a forma como uma determinada situação de risco deve ser qualificada) ou uma situação de conflito em que os principais atores contestam a classificação feita por outros. O grau de controvérsia é um dos direcionadores para a seleção dos instrumentos adequados para prevenção ou redução de riscos.

Para uma análise sistemática do processo de gestão de riscos, é aconselhável focar nos riscos toleráveis e naqueles em que a tolerabilidade é contestada; o IRGC (2017) destaca que os outros casos são fáceis de lidar. No caso de riscos intoleráveis, os gestores de risco devem optar por estratégias de prevenção como meio de substituir a atividade perigosa por outra atividade que leve a benefícios idênticos e semelhantes. Deve-se primeiro se certificar que a substituição não introduza mais riscos ou mais incertezas do que o agente que substitui. No caso de riscos aceitáveis, deve ser deixado para os atores privados iniciar uma redução adicional de risco ou buscar um seguro para cobrir perdas potenciais, mas aceitáveis. Se os riscos forem classificados como toleráveis, ou se houver controvérsia sobre se são toleráveis ou aceitáveis, o gerenciamento de riscos precisa projetar e implementar ações que tornem esses riscos aceitáveis ao longo do tempo. Caso isso não seja viável, então o gerenciamento de riscos, auxiliado pela comunicação, precisa pelo menos transmitir com credibilidade a mensagem de que um grande esforço está sendo feito para aproximar esses riscos de serem aceitáveis. Essa tarefa pode ser descrita em termos da teoria clássica da decisão (HAMMOND et al., 1998; AVEN; VINNEM, 2007).

A teoria clássica da decisão foi adaptada por Aven e Vinnem (2007) considerando o contexto do gerenciamento de riscos. O primeiro passo é a identificação e geração de opções de gestão de risco. Nessa etapa as opções genéricas de gerenciamento de risco incluem prevenção de risco, redução de risco, transferência de risco e a auto-retenção. Embora evitar um risco signifique selecionar um caminho que não toque no risco (por exemplo, abandonando o desenvolvimento de uma tecnologia específica) ou tomar medidas para eliminar totalmente um determinado risco, a transferência de risco lida com formas de repassar o risco para uma quarta etapa, a auto-retenção. Ela como opção de gestão significa essencialmente tomar uma decisão informada de não fazer nada sobre o risco e assumir total responsabilidade tanto pela decisão quanto por quaisquer consequências que ocorram posteriormente. A gestão de riscos por meio da redução de riscos pode ser realizada por muitos meios diferentes. A primeira forma que se destaca é a aplicação de normas

e limites técnicos que prescrevem as contenções permitidas de concentrações, emissões, absorção ou outras medidas de exposição; A segunda forma são os padrões de desempenho para processos tecnológicos e químicos, como temperaturas mínimas em incineradores de resíduos; a terceira se trata de prescrições técnicas referentes ao bloqueio da exposição (por exemplo, por meio de roupas de proteção) ou à melhoria da resiliência (por exemplo, por meio de imunização ou construções tolerantes a terremotos); o quarto seria incentivos econômicos governamentais, incluindo impostos, taxas, subsídios e esquemas de certificação; o quinto é voltado para incentivos de terceiros (ou seja, incentivos monetários ou em espécie privados); o sexto são os regimes de compensação (monetários ou em espécie); o sétimo é relacionado a adoção de seguro e prestações de contas periódicas; o oitavo seriam as opções cooperativas e informativas, desde acordos voluntários até programas de rotulagem por selos e educação (AVEN; VINNEM, 2007; IRGC, 2017). Todas essas opções podem ser usadas individualmente ou em combinação para obter uma redução de risco ainda mais eficaz. As opções para redução de risco podem ser iniciadas por atores privados e públicos ou ambos juntos.

O próximo passo explanado por Aven e Vinnem (2007) se trata da avaliação das opções de gestão de risco em relação a critérios pré-definidos. Cada uma das opções terá consequências desejadas e não intencionais relacionadas aos riscos que deveriam reduzir. Na maioria dos casos, os autores citam que uma avaliação deve ser realizada de acordo com oito critérios.

O primeiro critério seria a eficácia, que seria alcançada se a opção atingisse o efeito desejado; o segundo critério é a eficiência, que seria galgada se a opção tivesse o efeito desejado com o menor consumo de recursos; o terceiro se trata da minimização dos efeitos colaterais externos, analisando quando a opção infringe outros bens, benefícios ou serviços valiosos, como competitividade, saúde pública, qualidade ambiental, coesão social, etc., prejudicando a eficiência e aceitação do próprio sistema de governança; o quarto critério se refere a sustentabilidade, alcançada quando a opção contribui para o objetivo geral de sustentabilidade, ou seja, ajuda a sustentar funções ecológicas vitais, prosperidade econômica e coesão social; o quinto é a justiça, relacionado ao fato que opção pode onerar os sujeitos da regulação de forma injusta e desequilibrada; o sexto critério se relaciona com a implementação política e legal, ou seja, quando a opção é compatível com os requisitos legais e os programas políticos; o sétimo critério estabelece a reflexão da aceitabilidade ética, ou seja, a opção é moralmente aceitável?; por fim, o último

critério é a aceitação pública, relacionado se a opção será aceita pelos indivíduos afetados por ela e se existem preferências culturais ou conotações simbólicas que influenciam fortemente a forma como os riscos são percebidos (AVEN; VINNEM, 2007; IRGC, 2017).

Além de medir as opções de gerenciamento em relação a esses critérios, eles podem criar mensagens e resultados conflitantes. Muitas medidas que se mostram eficazes podem revelar-se ineficientes ou injustas para aqueles que serão sobrecarregados. Outras medidas podem ser sustentáveis, mas não aceitas pelo público ou pelas partes interessadas importantes. Esses problemas são agravados quando se trata de riscos globais. O que parece ser eficiente em um país pode não funcionar em outro país. Os gerentes de risco são, portanto, bem aconselhados a fazer uso dos muitos documentos de orientação excelentes sobre como lidar com as compensações de risco e como empregar ferramentas de análise de decisão para lidar com evidências e valores conflitantes (tais como as sugeridas por GOODWIN; WRIGHT, 2014).

O terceiro passo da teoria de decisão adaptada por Aven e Vinnem (2007) é a análise das opções de gestão de risco. De acordo com Renn (2008b) essa fase é semelhante à análise de risco, esta etapa integra a evidência sobre o desempenho das opções em termos de critérios de avaliação predefinidos, com um julgamento de valor sobre o peso relativo que cada critério deve ser atribuído. Idealmente, as evidências devem vir de especialistas e os pesos relativos de tomadores de decisão politicamente legítimos. Na gestão prática de riscos, a avaliação das opções é realizada em estreita cooperação entre especialistas e tomadores de decisão.

O quarto passo é dividido em duas etapas harmônicas entre si. A primeira etapa é a seleção de opções de gestão de risco. Uma vez avaliadas as diferentes opções, deve-se tomar uma decisão sobre quais opções são selecionadas e quais rejeitadas. Essa decisão é óbvia se uma ou mais opções se tornarem dominantes (relativamente melhores em todos os critérios). Caso contrário, é necessário fazer trade-offs que exijam legitimação (GRAHAM; WIENER, 1995). Uma decisão legítima pode ser tomada com base em ferramentas formais de balanceamento (como custo-benefício ou análise de decisão multicritério), pelos respectivos tomadores de decisão (dado que suas decisões são informadas por uma visão holística do problema) ou em conjunto com procedimentos participativos.

A segunda etapa do quarto passo é a implementação de opções de gestão de risco. É uma tarefa que se destina ao gerenciamento de riscos, supervisão e controle do processo de implementação. Em muitos casos, a implementação é delegada (por exemplo, quando os governos tomam decisões, mas deixam sua implementação para outros órgãos públicos, privados ou para o público em geral). No entanto, a equipe de gestão de risco tem, de qualquer forma, o mandato implícito de supervisionar o processo de implementação ou, pelo menos, de monitorar o seu resultado.

O quinto passo descrito nessa adaptação da teoria de decisão realizado por Aven e Vinnem (2007) é o monitoramento do desempenho das opções. É a última etapa e se refere à observação sistemática dos efeitos das opções uma vez implementadas. O sistema de monitoramento deve ser projetado para avaliar as consequências intencionais e não intencionais. Muitas vezes, um estudo formal de avaliação de políticas é emitido para explorar as consequências de um determinado conjunto de medidas de gerenciamento de risco em diferentes elementos do que as pessoas valorizam. Além de gerar feedback sobre a eficácia das opções, a fase de monitoramento também deve fornecer novas informações sobre os primeiros sinais de alerta para novos riscos e riscos antigos vistos de uma nova perspectiva. É aconselhável que a instituição que realiza a Classificação de Risco participe do monitoramento e supervisão para que suas habilidades analíticas e experiência possam avaliar o desempenho das opções de gestão selecionadas.

Essas etapas seguem uma sequência lógica, mas podem ser organizadas em ordens diferentes, dependendo da situação e das circunstâncias. Pode ser útil visualizar as etapas não como uma progressão linear, mas como um círculo formando um processo iterativo no qual as fases de reavaliação são entrelaçadas com opções emergentes, crises emergentes ou novas demandas impostas aos gerentes de risco. Ocasionalmente, a avaliação de diferentes opções requer a criação de novas opções para alcançar os resultados desejados. Em outros casos, o monitoramento das regras existentes afeta a decisão de adicionar novos critérios ao portfólio. Raramente as questões de avaliação e gestão de riscos seguem a sequência usada para o processo descrito. A geração de opções, o processamento de informações e a seleção de opções devem, de fato, ser vistos como um processo dinâmico com muitas repetições iterativas (AVEN; VINNEM, 2007; IRGC, 2017).

A tabela 3 resume as etapas do gerenciamento de riscos de acordo com o modelo básico utilizado pela teoria da decisão (AVEN; VINNEM, 2007; IRGC, 2017). A lista de indicadores

representa as regras mais frequentemente empregadas para selecionar a entrada e para medir o desempenho.

Tabela 3: Componentes genéricos de gerenciamento de risco

	COMPONENTES	DEFINIÇÃO	INDICADORES
1	Geração de opções	Identificação de possíveis opções de tratamento de riscos, particularmente redução de riscos (ou seja, prevenção, adaptação e mitigação, bem como prevenção, transferência e retenção de riscos)	<ul style="list-style-type: none"> • Normas • Regras de desempenho • Restrições à exposição ou vulnerabilidade • Incentivos econômicos • Compensação • Seguro e prestação de contas • Acordos voluntários • Rotulagem por selos • Informação/educação
2	Avaliação das opções	Investigações dos impactos de cada opção (econômica, técnico, social, político e cultural)	<ul style="list-style-type: none"> • Eficácia • Eficiência • Minimização dos efeitos colaterais • Sustentabilidade • Imparcialidade • Jurídico e Implementação política • Aceitabilidade ética • Aceitação pública
3	Seleção e Análise das opções	Análise de opções (ex: análise multicritérios)	<ul style="list-style-type: none"> • Eficácia • Eficiência • Minimização dos efeitos colaterais • Sustentabilidade • Imparcialidade • Jurídico e Implementação política • Aceitabilidade ética • Aceitação pública
4	Implementação das Opções	Realização da opção mais preferida	<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidade • Consistência • Eficácia
5	Monitoramento e feedback	Observação dos efeitos da implementação (conexão para alerta antecipado); Avaliação ex post	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos pretendidos • Impactos não intencionais • Impactos da política

Fonte: Adaptado de IRGC (2017).

2.3.4.1.4.1. Gestão do Risco: Estratégias de Gestão Baseadas nas Características de Risco

De acordo com IRGC (2017), fazendo uso da distinção entre complexidade, incerteza e ambiguidade, é possível desenhar estratégias genéricas de gestão de risco a serem aplicadas as classes de risco, simplificando assim o processo de gestão de risco descrito anteriormente. Pode-se distinguir quatro dessas classes. A primeira se trata quando existem problemas de risco lineares (rotineiros). Essa classe de problemas de risco dificilmente requer qualquer desvio da tomada de decisão tradicional. Os dados são fornecidos por análise estatística, as metas são determinadas por lei ou requisitos estatutários, e o papel do gerenciamento de risco é garantir que todas as medidas de redução de risco sejam implementadas e aplicadas. Comparações tradicionais de risco-risco (ou trade-offs risco-risco), análise de risco-benefício e estudos de custo-benefício são os instrumentos de escolha para encontrar as medidas de redução de risco mais apropriadas. Além disso, os gerentes de risco podem contar com as melhores práticas e, em casos de baixo impacto, com tentativa e erro. Deve-se notar, no entanto, que riscos simples não devem ser equiparados a riscos pequenos ou negligenciáveis. As principais questões, segundo Renn (2008b), são que as potenciais consequências negativas são óbvias, os valores que são aplicados não são controversos e que as incertezas restantes são baixas. Exemplos são acidentes de carro, riscos alimentares e de saúde conhecidos, desastres naturais recorrentes regularmente ou dispositivos de segurança para edifícios altos (IRGC, 2017).

A segunda estratégia é relacionada aos problemas de risco complexos. Para esta classe de risco, a principal contribuição da gestão de risco é fornecida pela caracterização científica do risco. Problemas de risco complexos são frequentemente associados a grandes divergências científicas sobre relações complexas de dose-efeito ou a suposta eficácia de medidas para diminuir a vulnerabilidade (complexidade refere-se tanto ao agente de risco e suas conexões causais quanto ao sistema de absorção de risco e suas vulnerabilidades). O objetivo para resolver a complexidade é receber um conjunto completo e equilibrado de resultados de classificações de riscos que se enquadrem na gama legítima de reivindicações de verdade plural (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

Em uma situação em que não há dados completos, o grande desafio é definir a base factual para a tomada de decisões de gestão de risco ou regulação de risco. A ênfase principal está na melhoria da confiabilidade e validade dos resultados que são produzidos na fase de classificação

de risco. Os avaliadores de risco, bem como os gerentes, precisam certificar-se de que todas as alegações de conhecimento relevantes sejam selecionadas, processadas e avaliadas. Eles podem não obter uma única resposta, mas podem obter uma visão geral melhor das questões da controvérsia científica. Se esses esforços levarem ao reconhecimento de amplas margens de incerteza, as ferramentas de gestão da estratégia de incerteza devem ser aplicadas. Se as variáveis de entrada para a tomada de decisão puderem ser definidas e afirmadas adequadamente, a Caracterização e Análise do Risco podem ser feitas com base no equilíbrio risco-benefício e no estabelecimento de padrões normativos (regulamentação informada pelo risco). Métodos tradicionais como comparação risco-risco, custo-benefício e análise de custo-benefício também são adequados para facilitar o julgamento geral para colocar o risco no modelo de semáforo (aceitável, tolerável ou intolerável). Esses instrumentos, se bem utilizados, proporcionam soluções eficazes, eficientes e justas para encontrar o melhor trade-off entre oportunidades e riscos. A escolha dos instrumentos inclui todas as opções clássicas descritas no parágrafo anterior (IRGC, 2017).

No entanto, de acordo com IRGC (2017), é prudente distinguir entre estratégias de gestão para lidar com o agente de risco (como um produto químico, uma tecnologia, barragem de contenção de rejeitos e etc.) e aquelas necessárias para o sistema de absorção de risco (um organismo, um ecossistema, uma comunidade e etc.). Lidar com estruturas complexas de agentes de risco requer métodos para melhorar a modelagem causal e o controle de qualidade dos dados. No que diz respeito aos sistemas de absorção de risco, Renn (2008b) enfatiza que a ênfase está na melhoria da robustez na resposta a tudo o que o alvo está exposto. As medidas para melhorar a robustez incluem a inserção de conservadorismos ou fatores de segurança como garantia contra a variação individual (normalmente um fator de 10 a 100 para exposição ao risco ocupacional e de 100 a 1000 para exposição ao risco público); introdução de dispositivos de segurança redundantes e diversos para melhorar as estruturas contra múltiplas situações de estresse; reduzir a suscetibilidade do organismo alvo (por exemplo, comprimidos de iodo para proteção contra radiação); estabelecer códigos de construção e leis de zoneamento para proteção contra riscos naturais; e melhorar a capacidade organizacional de iniciar, aplicar, monitorar e revisar ações de gestão (organizações de aprendizagem de alta confiabilidade) (RENN, 2002; RENN, 2008b; IRGC, 2017).

A terceira estratégia é relacionada aos problemas de risco devido à alta incerteza não resolvida. Se permanecer um alto grau de incerteza, a gestão de risco precisa incorporar critérios de perigo (que são comparativamente fáceis de determinar), incluindo aspectos como reversibilidade, persistência e ubiquidade, e selecionar opções de gestão que capacitem a sociedade a lidar mesmo com os piores cenários. Se mostra prudente adotar uma abordagem de precaução ao gerenciar riscos caracterizados por incertezas múltiplas e altas. Como a incerteza não resolvida implica que as (verdadeiras) dimensões dos riscos não são (ainda) conhecidas, deve-se buscar uma estratégia cautelosa que permita aprender por erros restritos. A principal filosofia de gestão para esta classe de risco é permitir pequenos passos na implementação (abordagem de contenção) que permitam aos gestores de risco interromper ou mesmo reverter o processo à medida que novos conhecimentos são produzidos ou os efeitos colaterais negativos se tornam visíveis. O principal objetivo da precaução é evitar a irreversibilidade (KLINKE; RENN, 2002; RENN, 2008b).

No que diz respeito aos sistemas de absorção de risco, o principal objetivo é tornar esses sistemas resilientes para que possam resistir ou mesmo tolerar surpresas. Em contraste com a robustez, onde as ameaças potenciais são conhecidas antecipadamente e o sistema absorvente precisa estar preparado para enfrentar essas ameaças, a resiliência é uma estratégia de proteção contra perigos desconhecidos ou altamente incertos. Instrumentos de resiliência incluem o fortalecimento do sistema imunológico; diversificação dos meios de aproximação a fins idênticos ou semelhantes; redução do potencial catastrófico geral ou vulnerabilidade, mesmo na ausência de uma ameaça concreta; projeto de sistemas com opções de resposta flexíveis; e a melhoria das condições de gestão de emergências e adaptação do sistema. Robustez e resiliência estão intimamente ligadas, mas não são idênticas e requerem tipos de ações bem como instrumentos parcialmente diferentes.

A quarta e última estratégia são para lidar com problemas de risco devido à ambiguidade interpretativa e normativa. Se as informações de risco são interpretadas de forma diferente por diferentes partes interessadas na sociedade (ou seja, existem diferentes pontos de vista sobre a relevância, significado, implicações de explicações, previsões factuais para decidir sobre a tolerabilidade de um risco, ações de gestão e etc.), e se os valores e as prioridades do que deve ser protegido ou reduzido estão sujeitas a intensa controvérsia, o gerenciamento de risco precisa abordar as causas dessas visões conflitantes (IRGC, 2017).

Um exemplo para ilustrar essa última estratégia é relatado por Renn (2008b) ao discorrer sobre os organismos geneticamente modificados para fins agrícolas e como eles estão relacionados à ambiguidade. Pesquisas sobre o assunto demonstram que as pessoas associam grandes preocupações com a aplicação da tecnologia genética por razões sociais e morais. Não há menção que os benefícios para a economia equilibram os custos para a sociedade em termos de aumento dos riscos à saúde. Em vez disso, as pessoas discordaram sobre a necessidade social de alimentos geneticamente modificados nas economias mais desenvolvidas, onde a abundância de alimentos convencionais é predominante. Eles se mostram preocupados com a perda da capacidade pessoal de agir ao selecionar e preparar alimentos, com os impactos de longo prazo da agricultura industrializada bem como as implicações morais de adulterar a natureza. Essas preocupações não podem ser abordadas por avaliações científicas de risco ou pela determinação do equilíbrio certo entre superproteção e subproteção. As questões de risco neste debate concentram-se nas diferenças entre visões de futuro, valores, convicções básicas e o grau de confiança na capacidade humana de controlar e dirigir seu próprio destino tecnológico. Essas preocupações mais amplas e as pessoas que as expressam devem ser incluídas no processo de gerenciamento de riscos.

Os gerentes de risco devem, portanto, iniciar um discurso social mais amplo para permitir a tomada de decisão participativa. Essas medidas discursivas visam encontrar mecanismos adequados de resolução de conflitos, capazes de reduzir a ambiguidade a um número gerenciável de opções que possam ser mais bem avaliadas e analisados. O principal esforço da gestão de risco é, portanto, a organização de um discurso adequado, aliado à garantia de que todos os stakeholders e públicos possam questionar e criticar o enquadramento da questão, bem como cada elemento de toda a cadeia de risco.

A distinção entre essas quatro classes de estratégias de risco de acordo com as características do risco deve ser considerada como uma ferramenta simples desenvolvida para ajudar todas as partes a projetar opções apropriadas de gerenciamento de risco. Pode-se optar por uma abordagem de gestão mais baseada em risco (guiada por análise de risco-benefício ou comparações de risco-risco), uma abordagem mais orientada para a resiliência (guiada por medidas de precaução, como ALARA ou estratégias de contenção) ou uma abordagem mais orientada para o discursivo (orientada pela comunicação de riscos e medidas de resolução de conflitos como o melhor meio de lidar com ambiguidades). Estas três classes de opções de gestão não são exclusivas

nem independentes umas das outras. Em vez disso, eles ajudam os tomadores de decisão a vincular as ferramentas de gerenciamento a propósitos gerais específicos. O IRGC (2017) reforça que distinções de complexidade, incerteza e ambiguidade servem muito bem como tarefa. A escolha de tais ferramentas de gestão depende não apenas das três características do risco, mas também do tipo de risco e do contexto do risco.

2.3.4.1.5. Modelo de Governança de Risco do IRGC: Aspectos transversais

Locando-se no centro e atravessando as quatro fases desse framework de Governança de Risco, o IRGC (2017) acrescenta três aspectos que são críticos para o sucesso de cada processo de governança de risco: o papel crucial da comunicação aberta, transparente e inclusiva; a importância de envolver as partes interessadas para avaliar e gerenciar os riscos; e a necessidade de lidar com o risco de uma forma que considere plenamente o contexto social do risco e da decisão que será tomada. A seguir discorrer-se-á sobre cada um deles.

2.3.4.1.5.1. Aspectos transversais: Comunicação

De acordo com o IRGC (2017) a comunicação de risco é o processo de troca ou compartilhamento de dados, informações e conhecimentos relacionados a riscos entre diferentes grupos, como cientistas, reguladores, indústria, consumidores ou o público em geral. Por vários motivos é de extrema importância para uma governança de risco eficaz. Primeiro, permite que avaliadores de risco e gerentes de risco desenvolvam um entendimento comum de suas tarefas e responsabilidades (comunicação interna). Em segundo lugar, capacita as partes interessadas e a sociedade civil a compreender o risco e a lógica da gestão de risco (comunicação externa). Ele permite que as partes interessadas façam contribuições informadas para a governança de risco, reconhece seu papel no processo de governança de risco e dá voz a elas, criando um processo deliberado de duas vias. Em muitos procedimentos tradicionais de gerenciamento de risco, uma vez que a decisão de gerenciamento de risco é tomada, o papel da comunicação é explicar a lógica das decisões de política. No Framework do IRGC (2017), a comunicação é central no processo e crucial em cada uma das fases do modelo (pré-avaliação, Classificação, Análise e Gestão). De fato, uma comunicação eficaz e precoce é a chave para criar confiança de longo prazo na gestão de riscos, especialmente quando os riscos são percebidos como complexos, incertos e/ou ambíguos.

2.3.4.1.5.2. Aspectos transversais: Engajamento dos interessados

Envolver as partes interessadas para avaliar valores e interesses plurais, projetar estratégias eficazes de gerenciamento de riscos e gerenciar riscos pode melhorar a relevância da decisão e o desempenho do resultado.

O IRGC (2017) recomenda que, além da Avaliação Objetiva do Risco, é necessária uma Avaliação Subjetiva do Risco na qual deve informar as decisões sobre o risco. Uma avaliação Subjetiva examina como as partes interessadas relevantes, incluindo membros do público em geral, percebem o risco e suas possíveis consequências. Ambos são insumos relevantes para a análise e gestão de riscos.

As partes interessadas que podem ser impactadas pelo risco e pelas medidas de gestão de risco devem ser envolvidas no processo, pois possuem informações úteis para contribuir com o processo de governança de risco e as decisões de gestão resultantes. Ao envolver sistematicamente as partes interessadas, a governança de risco se torna um exercício inclusivo que incorpora uma ampla gama de perspectivas. Melhora o conhecimento sobre o risco e sua gestão e pode, assim, aumentar a eficácia, a justiça e a aceitabilidade das decisões tomadas (IRGC, 2017).

A fim de avaliar quando e como envolver diferentes partes interessadas, e particularmente o público em geral, o IRGC (2017) recomenda que os tomadores de decisão considerem usar a característica dominante de um risco como base para decidir sobre o nível apropriado de envolvimento das partes interessadas no processo. Num primeiro aspecto, quando um risco é considerado simples, pode ser necessária uma consulta relativamente básica com especialistas para decidir qual opção de gerenciamento deve ser adotada. A resposta da governança de risco pode ser direta e rotineira. Por outro lado, quando um risco é avaliado como complexo e incerto, as decisões sobre sua gestão podem se beneficiar de um diálogo mais amplo entre uma gama mais ampla de especialistas e partes interessadas afetadas. Para riscos marcados por altos níveis de ambiguidade, recomenda-se envolver a sociedade civil, em parte para capturar e conciliar as várias percepções existentes de um risco bem como as opções para sua gestão (IRGC, 2017).

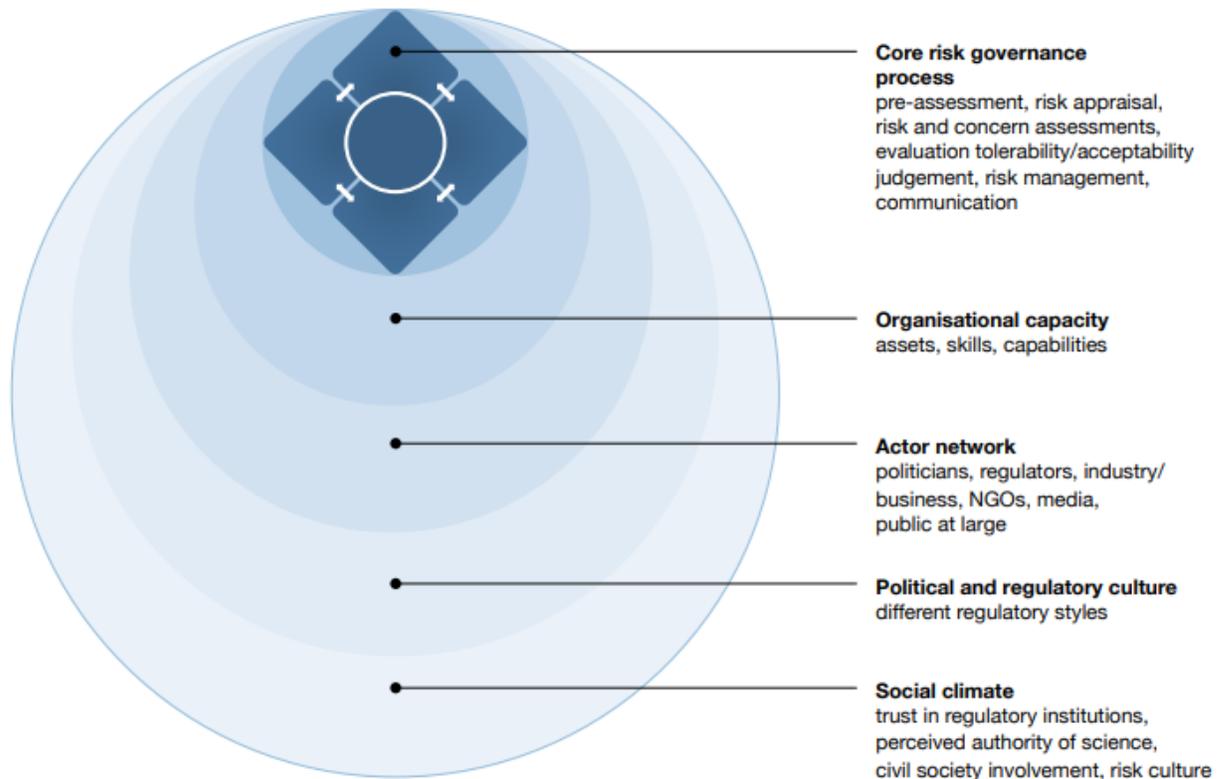
O IRGC (2017) ainda orienta que existem alguns potenciais déficits de governança no envolvimento das partes interessadas. O primeiro é a exclusão accidental ou deliberada de stakeholders e/ou de seus pontos de vista. O segundo é o discurso da “a autoridade sabe melhor”

que se caracteriza pela recusa deliberada de se comunicar com outras partes interessadas e isso tende a levar as partes interessadas com poder para tomar as decisões, independentemente da necessidade de consulta e diálogo. E o último é atenção insuficiente às mudanças de contexto, à natureza e expectativas das partes interessadas. Esses potenciais déficits devem ser tratados para haver uma participação abrangente, principalmente nas decisões que envolvam risco ambíguo e/ou complexo.

2.3.4.1.5.3. Aspectos transversais: O contexto

A Governança de Risco não pode ocorrer isoladamente. Tampouco é algo que possa ser aplicado de forma padronizada em todas as localidades, culturas políticas, organizações e situações de risco. Todo o processo de Governança de Risco deve estar aberto à adaptação para refletir o contexto específico de cada risco. Ao considerar o ambiente mais amplo de tratamento de risco nas sociedades modernas, muitas classes de fatores influentes entram em jogo. Por exemplo, a distinção entre governança horizontal e vertical pode ser útil na descrição e análise de casos de tratamento de risco em diferentes países ou contextos (ZÜRN, 2000). Além disso, a interação entre os atores econômicos, políticos, científicos e da sociedade civil deve ser abordada quando se olha além das ações governamentais ou corporativas. As diferentes dimensões do contexto que afetam o processo de Governança de Risco são ilustradas na Figura 10.

Figura 10: Contexto da Governança de Risco.



Fonte: IRGC (2017)

O primeiro elemento desse contexto é a capacidade organizacional que é específica da organização, ou grupo de organizações, responsável por lidar com riscos no nível do indivíduo, da empresa, do governo local, nacional, em nível internacional (por exemplo, a Organização Mundial da Saúde) ou de uma combinação de um ou de todos os níveis. O segundo contexto é a cultura política e regulatória, responsável por levar em consideração a cultura política e regulatória de diferentes países fornecendo uma comparação entre diversas abordagens para tratar e regular os riscos. Embora os estilos de gestão possam se tornar mais parecidos (especialmente na indústria), não há uma abordagem global comum para a governança de risco. O mesmo risco pode ser processado de forma diferente e estar sujeito a uma decisão de gestão diferente dependendo de fatores como cultura nacional, tradição política e normas sociais. Em alguns ambientes, uma abordagem de cima para baixo (governança vertical) dominará; em outros, uma abordagem inclusiva de governança horizontal será a norma (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

O terceiro contexto que deve ser considerado é a rede de atores e ela será diferente para cada risco e para cada situação. Engloba todos aqueles que têm interesse no risco e seus possíveis resultados que podem envolver um grande conjunto de atores, como governos nacionais, regionais e locais; diversos setores da indústria; reguladores; ONGs; a mídia; membros do público em geral. Uma compreensão de todos os atores em cada nível de governança é muito útil para enquadrar o risco, fazer Avaliações Subjetivas do Risco, julgar a aceitabilidade e tolerabilidade, comunicar ao longo do ciclo de governança e tomar decisões de gerenciamento de risco apropriadas (IRGC, 2017).

Por fim, o quarto contexto é o contexto social e cultura de risco. Compreendê-lo pode ajudar a julgar o nível de preparação para a mudança que um risco pode desencadear ou, alternativamente, um potencial de aceitabilidade de uma decisão de gerenciamento de risco. Muitas vezes, os fatores que compõem um contexto social e a cultura de risco correspondente terão um impacto sobre as percepções de justiça, adequação e viabilidade de uma decisão. Por sua vez, essas percepções influenciarão o cumprimento das decisões (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

Esses fatores contextuais indicam que a estrutura de Governança de Risco deve ser adaptada para funcionar de maneira diferente em diferentes contextos. Por exemplo, algumas sociedades se sentem mais à vontade com altos níveis de envolvimento das partes interessadas do que outras, e nem todos os sistemas políticos usam o mesmo grau de tomada de decisão inclusiva. Conforme desenvolvido atualmente, esse framework do IRGC (2017) é mais consistente com a tomada de decisões públicas em um contexto de democracias avançadas com forte influência da sociedade civil. No entanto, podemos observar um claro desenvolvimento em direção a uma governança mais inclusiva mesmo naqueles países que tradicionalmente têm sido administrados por governos centrais fortes com pouca participação dos vários atores da sociedade social (KLINKE; RENN, 2019).

2.4. As barragens de Contenção de Rejeitos

Nesse tópico será realizada uma revisão teórica sobre barragens com o intuito principal de municiar ao leitor acerca do conhecimento necessário para o entendimento desse tipo estrutura construído pelo homem há vários séculos.

2.4.1. Barragens utilizados pelo homem e sua importância

Barragens, como as executadas pelos seres humanos, datam de milhares de séculos, porém Aldridge (2009) relata que a natureza já vinha utilizando desse tipo de construção a mais tempo que o homem. Os castores, criaturas peludas e trabalhadoras foram a primeira espécie a construir barragens. Seu trabalho manual pode muito bem ter fornecido a inspiração que os humanos primitivos precisavam para embarcar na ambiciosa meta de controlar o fluxo de um rio.

Figura 11: Os castores que vivem ao redor de pequenos riachos constroem represas (como abaixo) com gravetos, lama e pedras para criar grandes lagoas de água. Sua engenhosidade provavelmente ajudou a inspirar os humanos a construir represas para fins de irrigação, prevenção de enchentes, produção de energia e etc.



Fonte: Aldridge (2009)

A construção de barragens foi um importante desenvolvimento na engenharia civil que progrediu em todo o mundo. Do Egito à Mesopotâmia e dessa à Europa, as pessoas descobriram que as barragens podiam irrigar terras secas, fornecer água para beber, até mesmo criar um lindo lago para lazer e recreação.

As primeiras barragens do mundo surgiram em terras onde o clima era particularmente seco. A barragem mais antiga conhecida foi a barragem egípcia de Sadd-el-Kafara, cujos os restos arqueológicos foram encontrados em 1885 pelo arqueólogo alemão George Schweinfurth em Helwan, numa área a 32 quilômetros ao sul do Cairo, no Egito. Ele e outros especialistas estimam que a barragem, cujo nome significa “Barragem dos Pagãos”, foi construída entre 2950 e 2750 A.C. A barragem, de aproximadamente 106,7 metros de comprimento e 11,3 metros de altura, criou

um lago artificial grande. Considerando a falta de tecnologia disponível nos tempos antigos, pode ser surpreendente saber que 100.000 toneladas de material foram usadas para criar Sadd-el-Kafara, uma das estruturas de engenharia civil mais antigas do mundo. Construída em três seções que formam uma geometria trapezoidal, tendo a espessura da barragem cerca de 84,1 metros na base e 61 metros em sua crista (ponto mais alto). Os primeiros construtores egípcios também empregaram a técnica de cobrir o lado inclinado da barragem (que ficava exposto à água do rio) com um revestimento de calcário. Esta etapa extra protegeu a barragem da erosão. Por melhor que tudo isso possa parecer, a barragem na verdade foi mal construída e não foi estanque (ALDRIDGE, 2009; MOIGNE et al., 1990).

A maioria das primeiras barragens eram construídas para irrigar terras, mas segundo Aldridge (2009) os especialistas acham que Sadd-el-Kafara era diferente. Arqueólogos acreditam que seu objetivo principal era fornecer água potável para pessoas e animais. Infelizmente, a barragem não serviu ao povo do Egito por muito tempo; provavelmente, uma inundação a destruiu apenas alguns anos após sua conclusão. Essa afirmação foi possível pelo material que a barragem deixou para trás. Sabe-se que o lodo se acumula na parte a montante de uma barragem, e nesse caso havia uma quantidade de lodo que permitiu inferir o pouco tempo que a barragem esteve sob uso.

A Barragem Sadd-el-Kafara foi a primeira do Egito, e outras barragens não foram construídas lá até oito séculos depois. Talvez o rompimento dessa barragem inicial tenha desencorajado novas tentativas de construção. Outra explicação pode ser que simplesmente não havia necessidade de mais barragens (ALDRIDGE, 2009).

Figura 12: Ruínas da barragem tanto a margem direita quanto a esquerda. É possível distinguir as inclinações da parede a montante e a jusante nos dois lados. A barragem era muito grande, percebe-se a base com cerca de 84,1 metros de comprimento.



Fonte: Frerotte (2008).

Não distante dos egípcios, a Mesopotâmia foi outro local de algumas das primeiras barragens do mundo. Embora nenhuma evidência física de represas tenha sido encontrada na região, registros antigos provam que elas existiam, principalmente nas muitas menções à irrigação. Uma tábua descoberta e datada de cerca de 2140 a 2030 A.C refere-se aos salários que as mulheres ganhavam por usar juncos para fazer uma barragem. Mais provas da existência de barragens vêm de informações sobre o rei Hammurabi, que governou a Babilônia por volta de 1800 A.C. Hammurabi insistiu que seu povo obedecesse a regras e regulamentos quando se tratava da operação das numerosas barragens e canais ligados aos seus projetos de irrigação (ALDRIDGE, 2009). De acordo com o livro a História da Barragens de Norman Smith, a Seção 53 do código legal de Hamurabi descreveu uma punição severa para qualquer um que ignorasse a lei do rei:

Se alguém for muito preguiçoso para manter sua barragem em condições adequadas, e não a mantém; se então a barragem quebrar e todos os campos forem inundados, então aquele em cuja barragem ocorreu a quebra será vendido por dinheiro, e o dinheiro substituirá o cereal que ele fez com que fosse arruinado. (Smith, 1971 apud Aldridge, 2009)

Na Turquia, também encontramos vestígios de barragens antigas. As proximidades de Alacahoyuk, cidade pequena com uma população de 2.500 habitantes foi descoberta as ruínas de uma barragem que data de aproximadamente de 1246 A.C. Os processos de escavações arqueológicas iniciaram por volta dos anos iniciais da década de 1900 com o intuito de estudar uma antiga cidade real. Em 2002, uma equipe de uma universidade local descobriu algo inesperado, uma barragem de 3.246 anos. A barragem foi construída pelos hititas, que governaram grande parte do Oriente Médio entre 2000 e 1000 A.C. Com a ajuda do governo, a equipe da universidade removeu a impressionante quantidade de 2.640.000 metros cúbicos de lama que cobria a antiga represa no final de 2007. Ainda mais notável do que isso, a represa de pedra e argila que serviu aos hititas há milhares de anos foi trazida de volta a atividade. Agora restaurada, ela atende aos atuais residentes da cidade, ajudando a irrigar suas terras agrícolas. O reservatório contém 33.000 metros cúbicos de água e sua lagoa de purificação original torna a água potável (ALDRIDGE, 2009).

Figura 13: Barragem de Alacahoyuk de 3246 anos recuperada e reativada.



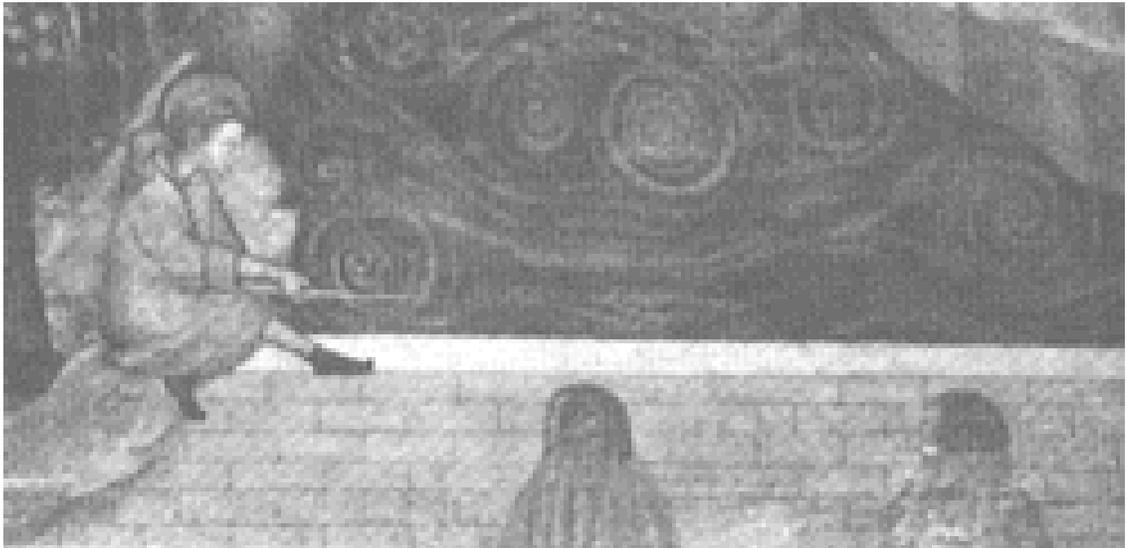
Fonte: STR/AFP (2008)

Nesse contexto do uso de barragens pelo homem, não pode ficar de fora o Império Romano. Nesse famigerado vasto império foram encontradas barragens desde as partes ao Norte da África

até o Oriente Médio, algumas delas notavelmente grandes. No entanto, em sua própria nação, a Itália, os historiadores e arqueólogos da atualidade estão cientes de apenas três barragens construídas pelos romanos. Uma dessas barragens foi construída sob a direção do Imperador Nero durante seu governo (54-62 D.C). A construção desta barragem de gravidade ocorreu perto da vila do imperador em Subiaco, Itália. Não foi apenas uma das primeiras barragens construídas pelos antigos romanos, mas também a mais alta, atingindo uma altura 40 metros. A altura recorde da barragem permaneceu imbatível até 1594, quando o povo da Espanha construiu a Barragem Tibi, de formato retangular semelhante, estendendo-se por 46 metros (ALDRIDGE, 2009).

O desejo de Nero por uma barragem não era para os propósitos usuais de irrigação. Em vez disso, ele esperava criar um lago recreativo para sua vila. Como o Sadd-el-Kafara, esta barragem também carecia de construção adequada, haja visto que sua parede retangular foi construída muito esbelta. Apesar de seu projeto defeituoso, a barragem conseguiu durar muitas centenas de anos até 1305, e poderia ter durado ainda mais se não fosse por dois monges. As histórias relatam que uma dupla religiosa foi responsável por seu fracasso. O lago recreativo da barragem estava inundando campos próximos, então os dois homens removeram várias pedras da barragem para diminuir o nível de água do reservatório e salvar suas terras. A Barragem de Subiaco também está associada à imagem mais antiga conhecida de uma barragem. Um mosteiro próximo ao local abriga uma pintura de 1428 que retrata São Bento pescando perto da barragem (ALDRIDGE, 2009; BRADLOW, 2002; MOIGNE et al., 1990).

Figura 14: Ilustração mais antiga de uma barragem, mostra São Bento pescando no topo da Barragem de Subiaco.



Fonte: Schnitter (1994).

Após a queda do Império Romano, a construção de grandes barragens se tornou rara. Não foi senão pouco depois da Idade Média (quando foram construídas barragens no Norte da Europa) que a construção de barragens reapareceu. As represas melhoraram a vida dos europeus ao fornecer água para aldeias, moinhos movidos a água e canais. Uma dessas estruturas estava localizada perto de Toulouse, França, em uma cidade conhecida como Ferréol. O rei Luís XIV aprovou esta barragem de aterro e seu canal para manter o abastecimento de água local da área durante a estação seca. Os projetos para a barragem de Saint Ferréol foram elaborados em 1662 e a construção começou em 1666. Concluída em 1675 e atingindo uma altura de 35,1 metros, era mais alta do que qualquer outra barragem de aterro no mundo. Na verdade, 165 anos se passaram antes que outra barragem de aterro ultrapassasse essa altura (ALDRIDGE, 2009).

Os verdadeiros primórdios da modernização das barragens na civilização ocidental começaram na Espanha do século XVI. O clima seco do país e os recursos hídricos limitados tornaram as barragens uma inovação bem-vinda. O povo da Espanha construiu barragens de gravidade, barragens de gravidade curvas e barragens em arco. Os espanhóis não apenas construíram essas estruturas, mas também registraram no papel suas ideias para o projeto e a construção de barragens. A eles são creditados o primeiro manual conhecido que descreve em detalhes como construir uma barragem (ALDRIDGE, 2009; MOIGNE et al., 1990).

A Revolução Industrial do século XVIII trouxe mais barragens à medida que as cidades cresciam e novas indústrias eram desenvolvidas, tudo isso resultado de uma maior necessidade de água disponível. De acordo com Aldridge (2009) nessa época, em 1736, Dom Pedro Bernardo Villa de Berry deu sua própria contribuição para o desenvolvimento de barragens. Este nobre basco escreveu sobre as regras geométricas que se devem seguir ao projetar uma barragem. Seu trabalho levou as pessoas a usarem cálculos e raciocínios mais específicos na construção de barragens, em vez de confiar apenas na intuição.

Mais progresso ocorreu no século XIX, quando as ferramentas elétricas entraram em uso. Com esse desenvolvimento, os engenheiros começaram a estudar como construir melhores estruturas. Durante a década de 1850, William John Macquorn Rankine (professor de engenharia civil na Universidade de Glasgow, na Escócia) foi o primeiro a mostrar como a ciência poderia ser usada para alterar a construção de barragens, resultando em projetos aprimorados e mais robustos. Cimentos mais fortes e concreto armado foram criados nessa época também (ALDRIDGE, 2009).

2.4.2. Tipos de barragens

Como se observou no tópico anterior as barragens são usadas há muito tempo e podem ser construídas para vários propósitos, incluindo controle de enchentes, irrigação, energia hidrelétrica, abastecimento de água, recreação, armazenamento de rejeitos de mineração e etc. As barragens podem ser classificadas de várias maneiras, dependendo de seu tamanho, materiais, tipos estruturais, métodos de construção e etc. De acordo com a definição da Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD, 2020) as barragens grandes são as que apresentam altura de 15 metros do ponto mais baixo da fundação até a crista ou uma barragem entre 5 metros e 15 metros, represando mais de 3 milhões de metros cúbicos. Com base nos materiais utilizados, as barragens podem ser classificadas como barragens de terra, rocha, concreto, alvenaria, areia e cascalho cimentadas. Destaca-se que as barragens de materiais de terra ou de rocha são genericamente chamadas de barragens de aterro. Com base nos tipos estruturais adotados, as barragens podem ser divididas em barragens por gravidade, em arco e contraforte. Muitas vezes, as barragens são construídas com uma combinação de duas ou mais formas ou materiais estruturais. Dos vários tipos de barragens, as de aterro são as mais comuns (ZHANG et al., 2016). Além disso, cabe reforçar que conforme observado não foi elencada nessas classificações as barragens de contenção de rejeitos de mineração. A razão para isso é a obsolescência dos modelos de classificações. ZHANG

et al., 2016, reforçam que essas barragens que se destinam a armazenar os materiais descartados no processo de mineração são inclusas no grupo de barragens de terra, porém os rejeitos tornam essas barragens um grupo completamente diferente, haja visto que o material que as compõem são oriundos do processo de mineração e em muitos casos tornam a estrutura caracterizado por apresentar um mineral de forma mais proeminente na sua composição, além disso, as barragens de contenção de rejeitos têm peculiaridades nos seus métodos construtivos, que as tornam estruturas dinâmicas que na maioria dos casos tendem a crescer através de alteamentos sucessivos ao longo do tempo de vida útil da mina (WILLS; FINCH, 2015).

O ICOLD (2020) atualizou o seu registro mundial de barragens, que fornece alguns fatos sobre o número de diferentes tipos de barragens em todo o mundo. Existem 58.713 barragens que podem ser classificadas como grandes barragens das quais 19.858 foram construídas para irrigação, 10.250 para hidrelétricas e 7.963 para abastecimento de água e 20.642 para outros fins como armazenamento de rejeitos de mineração, embora muitas delas atendam a mais de uma finalidade. Barragens de terra predominam sobre as demais, compreendendo cerca de 64% de todas as barragens relatadas, enquanto as de rocha representam 8%. Barragens de alvenaria e barragens de concreto representam 19%, barragens em arco 4% e barragens em contraforte 1,4%. Barragens com menos de 30 metros formam 62% das barragens relatadas, enquanto aquelas com menos de 60 metros compreendem 36% e aquelas com mais de 100 m, pouco mais de 2% do número total de barragens. Cabe reforçar que no grupo de barragens de terra estão inseridas as que foram construídas com rejeitos de mineração.

Topografia e geologia são os dois principais fatores na pesagem dos méritos dos tipos de barragens. Essas características inter-relacionadas do local da barragem influenciam a distribuição de carga na fundação e os padrões de infiltração através das margens do reservatório. As barragens de terra podem ser construídas em uma variedade de fundações, variando de depósitos fracos a rochas fortes, que é uma das razões mais importantes para seu amplo uso no mundo. Um projeto de barragem de contenção de rejeitos de mineração geralmente compreende vários componentes, incluindo uma estrutura de retenção de água (por exemplo, a barragem), uma estrutura de liberação de água após receber o devido tratamento conforme as normas legais orientam (por exemplo, o vertedouro), uma estrutura de transporte de água (por exemplo, condutos) e outros (por exemplo, usinas de energia). Ou seja, além da estrutura principal da barragem, existem estruturas pertinentes,

como vertedouro, condutos e usinas em torno de uma barragem, necessárias para a operação de todo o sistema da barragem. Falhas ou acidentes envolvendo barragens podem ser atribuídos a defeitos nas próprias barragens ou em suas estruturas pertinentes (ZHANG et al., 2016).

2.4.2.1. Barragens de Contenção de Rejeitos

No Brasil, quando se trata de barragens de contenção de rejeitos, elas podem ser separadas em dois grupos. O primeiro tipo são as barragens de contenção de rejeitos de mineração que segundo a portaria 70.389 da ANM (BRASIL, 2017, p. 2) são:

Barragens, barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizados em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais.

Ou seja, as barragens de contenção de rejeitos de mineração são essas estruturas que comportam os rejeitos provenientes do processo de extração minerária do solo. Por exemplo, o minério de ferro é encontrado na natureza na forma de rochas, misturado a outros elementos, tais como alumínio, manganês, sílica e etc., por meio do processamento (beneficiamento geralmente a úmido do minério) o minério de ferro é separado e, posteriormente, passa ser vendido para as indústrias siderúrgicas.

Porém, para aquelas barragens que comportam os rejeitos produzidos através de algum processo de beneficiamento mineral em escala industrial, recebem a nomenclatura de barragens de contenção de resíduos/rejeitos industriais, como exemplo, pode-se observar o processo de transformação do minério da bauxita para a alumina em que nele ocorre geração de um resíduo chamado lama-vermelha, esses resíduos são geralmente armazenados em barragens desse tipo.

Outro aspecto que ajuda a diferenciar as barragens de contenção de rejeitos de mineração das barragens de contenção de rejeitos industriais é relacionado ao seu responsável legal pela fiscalização em nível governamental no Brasil. As barragens de contenção de rejeitos de mineração possuem como entidade governamental responsável pela sua fiscalização a ANM, enquanto as barragens de contenção de rejeitos industriais possuem como entidade responsável o órgão a nível estadual que liberou a outorga de funcionamento da atividade industrial, por exemplo, a nível do

estado do Pará a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) é a responsável por executar a fiscalização quanto a Lei de Segurança de Barragens.

O foco desse trabalho será analisar a LSB quanto a presença da Governança de Risco, portanto, trabalhar-se-á com ambas as barragens, tanto de contenção de rejeitos de mineração quanto rejeitos industriais, porém devida a grande quantidade de estruturas desse primeiro tipo, no tópico a seguir, focar-se-á em explicar sobre o funcionamento de uma barragem de contenção de rejeitos de mineração típica para melhorar o entendimento.

2.4.2.2. Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração

As construções das barragens de contenção de rejeitos de mineração foram impulsionadas pelos métodos usados para descartar rejeitos que foram evoluindo devido às pressões ambientais, bem como às mudanças nas práticas do setor mineral. Como destaca o USCOLD (2004) até o início do século XX os rejeitos frequentemente eram acumulados no solo e obstruíam os poços de irrigação, além de contaminar as áreas a jusante. Mello e Piasentin (2010) elencam alguns conflitos que foram observados entre produtores rurais que começaram a associar a diminuição da colheita nas terras impactadas aos rejeitos bem como aos aspectos relacionados ao uso da terra e da água. Essas primeiras pressões foram determinantes para se começar a adotar a prática de acumular esses rejeitos em barragens, dessa forma, se evitaria o descarte e o lançamento de rejeitos em rios, córregos bem como o despejo de rejeitos grosseiros desidratados na terra. Ainda é possível observar exemplos desses despejos em algumas partes do mundo, como na Grã-Bretanha e Canadá. Devido aos danos causados por tais métodos e à moagem muito mais fina necessária na maioria dos minérios modernos, outras técnicas foram desenvolvidas (WILLS; FINCH, 2015). Por outro lado, se essas pressões implicaram em modificar o local de depósito dos rejeitos, essas mesmas mudanças ocasionaram, a intensificação do uso de barragens para contenção de rejeitos e na atualidade se observam os diversos impactos que elas vêm causando ao meio ambiente e a sociedade (WANDERLEY, 2021).

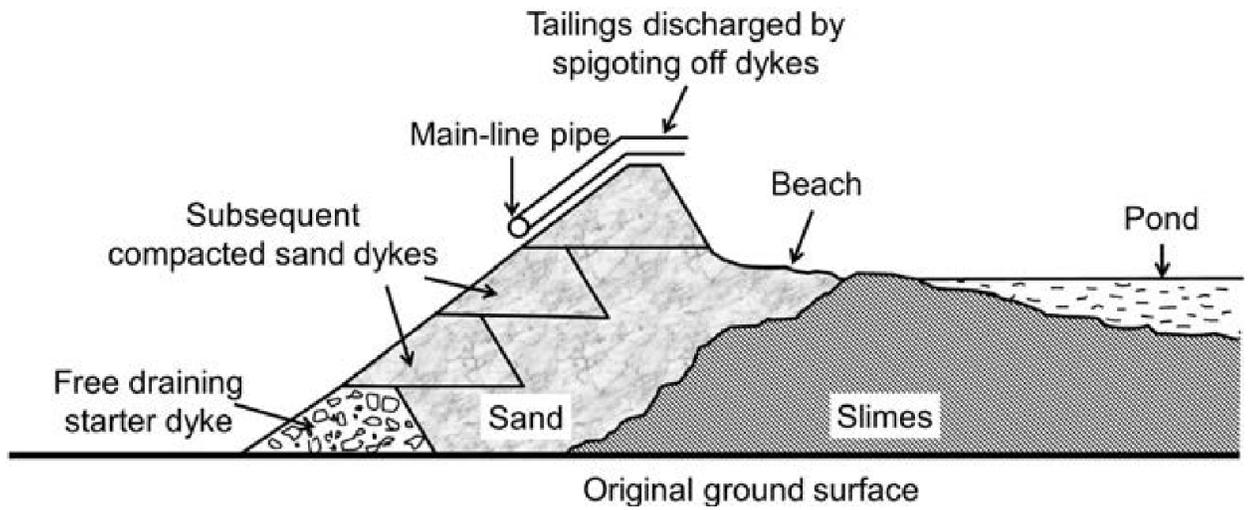
O projeto, construção e operação de barragens de rejeitos é uma consideração importante para a maioria dos novos projetos de mineração, bem como para muitas operações existentes. É economicamente vantajoso colocar o represamento próximo à mina, mas isso impõe limites na seleção do local. O tipo de aterro de rejeitos é geralmente determinado pela atividade sísmica local,

requisitos de purificação da água, propriedades (físicas, químicas e mineralógicas), estabilidade dos rejeitos, distribuição do tamanho dos rejeitos, fundações, condições hidrológicas e fatores ambientais (WILLS; FINCH, 2015). O solo subjacente à barragem deve ser estruturalmente sólido e capaz de suportar o peso do represamento. Se tal local não puder ser encontrado próximo à mina, pode ser necessário bombear o rejeito, com alta densidade de polpa, para um local adequado. As barragens de rejeitos, num cenário ideal, podem ser construídas ao longo dos vales dos rios, como paredes curvas ou de múltiplos lados nas laterais dos vales, este último desenho facilita a drenagem. Num cenário não ideal, terreno plano ou ligeiramente inclinado, elas são construídas com paredes em todos os lados do represamento.

Wills e Finch (2015) esclarecem que a destinação dos rejeitos aumenta os custos da produção, por isso as mineradoras tornam o descarte o mais barato possível. Este requisito levou inicialmente ao desenvolvimento do método comumente chamado de barragem de contenção de rejeitos a montante, assim chamado porque a linha central da barragem se move a montante, ou seja, para dentro da barragem.

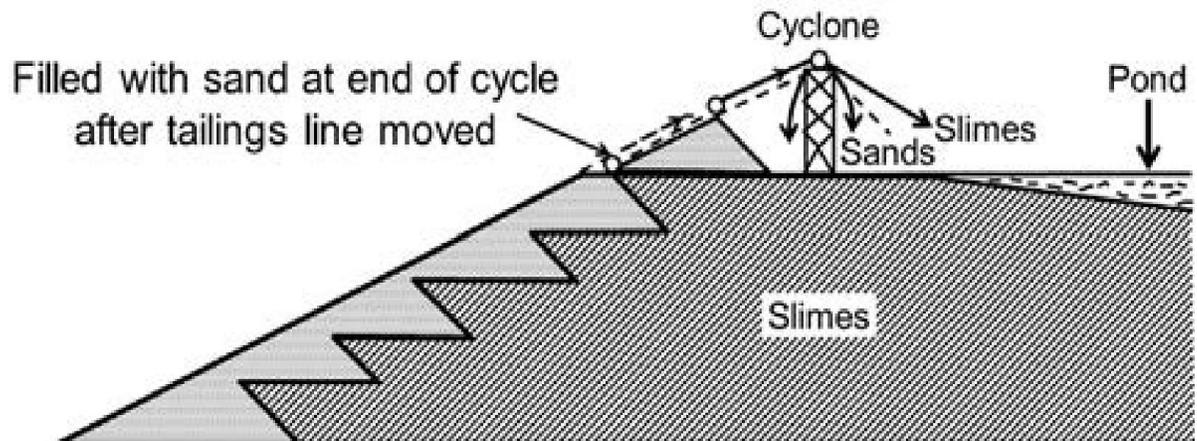
Neste método, uma pequena barragem inicial é colocada no ponto extremo a jusante (Ver figura 15) e a parede da barragem é progressivamente elevada no lado a montante. Os rejeitos são descarregados por condutos no topo do dique inicial e, quando o depósito inicial está quase cheio, o dique é levantado e o ciclo repetido. Vários métodos são usados para levantar a barragem; o material pode ser retirado da superfície seca dos rejeitos previamente depositados e o ciclo repetido, ou mais comumente, a parede pode ser construída a partir da fração grosseira dos rejeitos, separados por ciclones, os finos vão sendo direcionados para a lagoa (Figura 16 e 17).

Figura 15: Esquema de uma barragem de rejeito a montante



Fonte: Wills e Finch (2015).

Figura 16: Construção de barragens de rejeitos a montante usando ciclones.



Fonte: Wills e Finch (2015).

Figura 17: *Construção de barragens de rejeitos usando ciclone de fluxo descendente.*



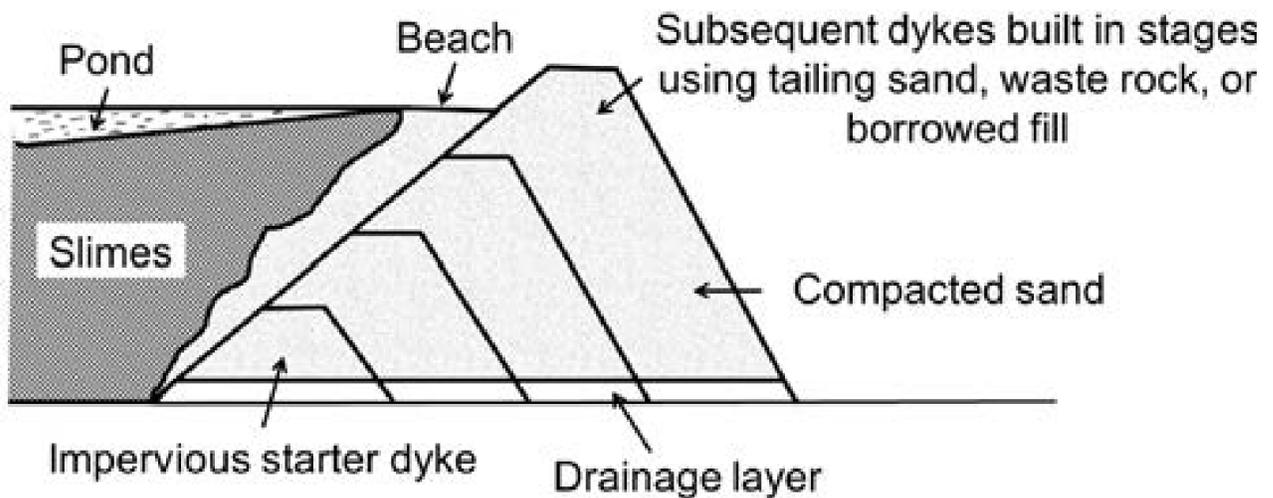
Fonte: Wills e Finch (2015).

As principais vantagens da construção a montante são o baixo custo e a velocidade com que a barragem pode ser elevada a cada alteamento sucessivo do dique de partida. O método tem a desvantagem de que a parede da barragem é construída no topo de materiais não consolidados, previamente depositados e retidos atrás da barragem. Existe uma altura limite para a qual este tipo de barragem pode ser construído antes que ocorra a ruptura e os rejeitos fluam para fora e, por causa disso, o método de construção a montante é agora o menos usado (WILLS; FINCH 2015). Várias falhas importantes no Brasil envolveram barragens de rejeitos construídas com o método a montante, como de Itabirito-MG, em 2014, Mariana-MG, em 2015 e Brumadinho-MG, em 2019. Apesar desse histórico de muitos acidentes envolvendo barragens construídas pelo método a montante, o sistema de classificação de risco brasileiro não leva em consideração o método construtivo como critério para determinar o risco. Nesse aspecto, observando os dados que envolvem essas falhas em barragens construídas por esse método, cabe apontar essa visível deficiência de não considerar o método construtivo como critério para mensurar o risco. Quanto tempo a ANM, enquanto ente federal responsável por elaborar esse modelo de classificação, levará

para adotar esse importante parâmetro ou quantas barragens terão que colapsar para reformularem esse modelo?

Outra forma empregada para a construção de barragens é o método a jusante que evoluiu como resultado dos esforços para conceber métodos para construir barragens de rejeitos maiores e mais seguras. Este método produz barragens mais seguras em termos de carregamento estático e sísmico. É essencialmente o inverso do método a montante, em que conforme a parede da barragem é elevada, a linha central se desloca a jusante e a barragem continua sob uma base de rejeitos grossos e o terreno natural (Ver figura 18). A maioria dos procedimentos envolve o uso de ciclones para produzir areia para a construção da barragem.

Figura 18: Esquema de uma barragem de rejeitos construída pelo método a jusante.



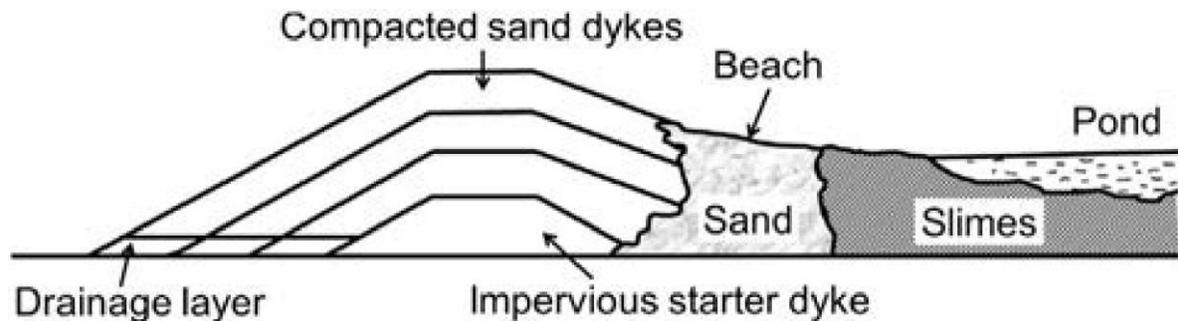
Fonte: Wills e Finch (2015).

A construção de barragens a jusante é o único método que permite o projeto e a construção de barragens de rejeitos de acordo com os padrões de engenharia aceitáveis. Todas as barragens de rejeitos em áreas sísmicas e todas as barragens principais, independentemente de sua localização, devem ser construídas usando alguma forma de método a jusante. A grande desvantagem da técnica é a grande quantidade de areia necessária para elevar a parede da barragem. Pode não ser possível, especialmente nos estágios iniciais de operação, produzir volumes de areia suficientes para manter a crista da barragem de rejeitos acima dos níveis crescentes da lagoa de deposição. Nesses casos, ou uma barragem inicial mais alta é necessária ou o suprimento de areia deve ser aumentado com aterro emprestado, tais procedimentos aumentam o custo de disposição de rejeitos (WILLS; FINCH, 2015). Além disso, as barragens a jusante carregam consigo um problema de ordem

socioambiental significativo, haja visto que consomem uma grande quantidade de área a jusante. Essa área que é utilizada tende a impactar a fauna e flora, além das comunidades que moram na região a jusante. Num primeiro momento, do ponto de vista da engenharia, são estruturas mais confiáveis, especialmente pela sua geometria espacial e sua construção ocorrer em terrenos com melhores características geotécnicas, no entanto, esse impacto que tenderá a ser causado a jusante deve ser cuidadosamente analisado, em especial pelas comunidades que serão afetadas.

O método de alteamento da linha de centro (Figura 19) é uma variação daquele usado para construir a barragem a jusante e a crista permanece na mesma posição horizontal quando a parede da barragem é elevada. Tem a vantagem de exigir volumes menores de preenchimento de areia para elevar a crista a qualquer altura. A barragem pode, portanto, ser erguida mais rapidamente e há menos problemas em mantê-la à frente da lagoa de rejeitos durante os estágios iniciais de construção. No entanto, deve-se ter cuidado ao elevar a face montante da barragem para garantir que encostas instáveis não se desenvolvam temporariamente.

Figura 19: Barragem construída pelo método de centro de linha.

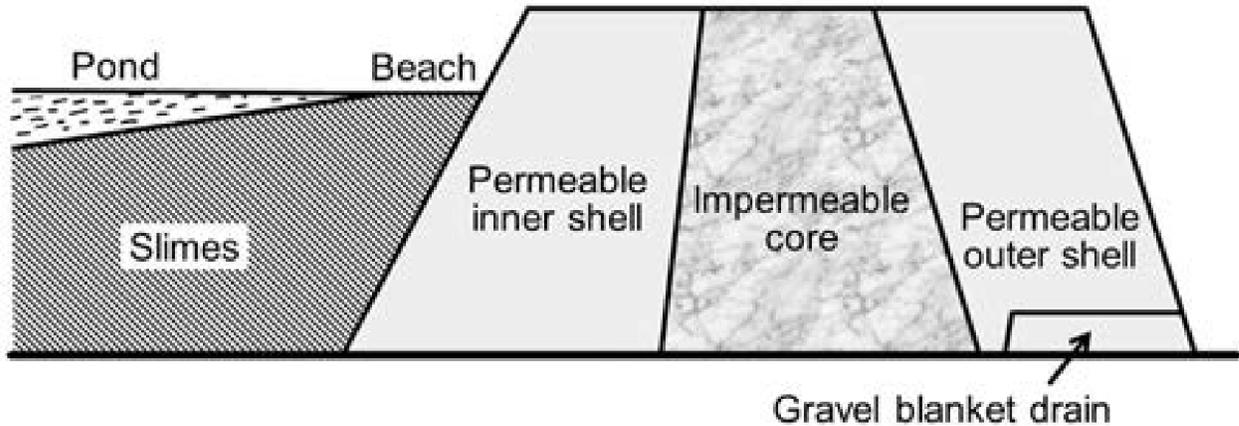


Fonte: Wills e Finch (2015).

Barragens de rejeitos muito estáveis podem ser construídas com os carregamentos retirados das aberturas das valas de mineração ou de rochas selecionadas da pilha do material estéril, de acordo com as circunstâncias locais. Um exemplo é mostrado na Figura 20, aonde se observa uma rocha residual sendo considerada como material de construção interessante quando disponível em quantidades suficientes devido às suas propriedades mecânicas e geotécnicas ideais, como distribuição de tamanho de partícula bem graduada, alto ângulo de atrito interno e alta capacidade de dissipação de água dos poros. Como os rejeitos não são necessários para a construção da barragem, eles podem ser injetados no reservatório sem separação das areias e da lama viscosa. Em

alguns casos, a saída de estéril pode não ser suficiente para manter a crista da barragem acima da lagoa de rejeitos, pode ser necessário combinar estéril e aterros de areia de rejeitos para produzir uma barragem econômica e segura (WILLS; FINCH, 2015).

Figura 20: Barragem construída a partir das cargas de materiais retirados da abertura da vala de mineração



Fonte: Adaptado de Wills; Finch (2016).

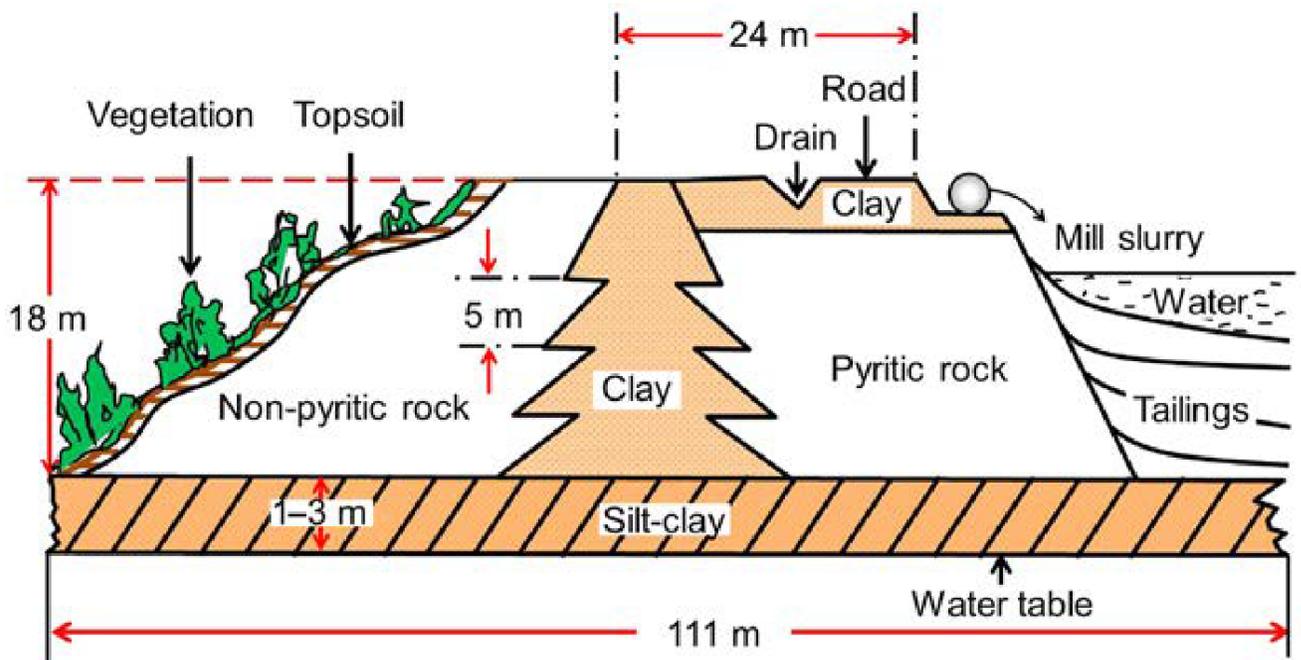
Segundo Wills e Finch (2015) o principal problema associado as barragens de contenção de rejeitos de mineração é a erosão devido ao vento e a chuva que pode afetar a estabilidade gerando problemas ambientais. Além disso, na região amazônica as chuvas são um fator de grande relevância que tendem a intensificar esse processo. A grande variabilidade pluviométrica no Brasil permite situá-lo como tendo uma média anual de precipitação na ordem de 1760mm, de acordo com dados da ANA (2020). Contudo a região Amazônica atinge mais de 3000 mm por ano (ANA, 2020), ou seja, quase o dobro da média anual brasileira. Um segundo fato é associado a precipitação do tipo denominado de chuvas convectivas, muito comum na região amazônica, que de acordo com Lira (2019) são características de regiões equatoriais, formadas a partir da circulação do ar, causada pela subida da massa de ar mais quente e leve, e descida do ar frio mais densa cuja a principal materialização é a alta intensidade e curta duração. Enfim, esses dois fatos, alta precipitação anual associado com as chuvas convectivas já contribuíram para alguns acidentes na região amazônica relacionados especificamente as barragens de mineração de contenção de rejeitos industriais, o mais recente ocorreu em meados do mês de fevereiro de 2018, a força das chuvas fez com que comunidades de Barcarena, no entorno da mineradora HYDRO, e vilas de Abaetetuba fossem inundadas por águas avermelhadas, contaminadas com bauxita. Apesar de vários episódios de acidentes com barragens de contenção de rejeitos industriais terem ocorrido no Pará, como

mencionados anteriormente, ainda não foram registrados no Pará acidentes com barragens de contenção de rejeitos de mineração. Essa ausência de acidentes nesse tipo de barragem não implica afirmar que as estruturas são seguras as forças da chuva da região amazônica, mas implica em questionar se não há uma ausência de dados, em virtude dessas barragens se localizaram em regiões remotas do estado do Pará? Bem essa questão não será respondida nessa breve discussão, mas fica a questão para outros trabalhos.

Enfim, retornando a discussão acerca da erosão em barragens de contenção de rejeitos de mineração, Wills e Finch (2015) esclarecem que existem muitos métodos para combater a erosão, como a vegetação das margens da barragem e estabilização química para formar uma crosta resistente ao ar e à água. Não há dúvida de que as barragens de rejeitos têm impacto visual. Talvez o mais notável seja o tipo a jusante, cuja a face externa está continuamente sendo estendida e não pode ser revegetada até o encerramento das operações. Existem, no entanto, algumas razões pelas quais as paredes da barragem não devem ser ajardinadas em algum estágio de sua vida, entre elas é que muitas barragens são projetadas para permitir uma integração visual precoce com o ambiente. Um exemplo é a Barragem Flambeau, North Wisconsin, EUA, onde uma face da barragem foi executada através do preenchimento com rocha até 18 metros de altura, a crista foi executada com 24 metros e a largura da base foi executada com 111 metros. Essas dimensões foram pensadas para minimizar a poluição visual que uma barragem pode causar (Figura 21). Além disso, a barragem foi constituída por um núcleo de argila, com o lado a jusante voltado para rocha não pirítica⁵ e coberto com solo superficial, permitindo a revegetação e, conseqüentemente, reduzido impacto visual (WILLS; FINCH, 2015).

⁵ O termo rocha pirítica se refere a uma espécie mineral rica em sulfeto de ferro, geralmente muito comum em áreas de mineração de ferro que ao interagir com a água e o ar tende a oxidar em função do tempo, produzindo ácido sulfúrico. O ácido então quebra a rocha circundante, fazendo com que metais tóxicos se dissolvam na água e ocorra lixiviação do solo.

Figura 21: Barragem de Flambeau



Fonte: Wills e Finch (2015).

A Figura 22 mostra uma representação generalizada do aspecto mais importante a ser controlado numa barragem de contenção de rejeitos segundo Wills e Finch (2015), o balanço hídrico. Com exceção da precipitação e evaporação, as taxas e volumes de água podem ser controlados em grande medida. É mais satisfatório tentar evitar a contaminação das águas naturais do que tratá-las posteriormente e se o escoamento superficial para a barragem for substancial, então valas de interceptação podem ser instaladas. É difícil quantificar a quantidade de água perdida para as águas subterrâneas, mas isso pode ser minimizado selecionando um local com fundações impermeáveis ou selando com uma camada artificial de argila. O escoamento através da parede da barragem é frequentemente minimizado por uma camada de lama viscosa impermeável na face a montante da barragem, mas isso é dispendioso e muitas minas preferem estimular a drenagem livre da barragem através de material permeável e quimicamente estéril. No caso de barragens a montante, este pode ser um dique inicial estéril, enquanto nas construções a jusante e na linha central, uma manta de cascalho de drenagem livre pode ser usada. Uma pequena lagoa de infiltração com paredes e pisos impermeáveis situada abaixo da barragem principal pode coletar essa água, de onde pode ser bombeada de volta para a lagoa de rejeitos. Se a parede da barragem for composta de rocha contendo metal ou rejeitos de sulfeto, o infiltrado é frequentemente altamente

contaminado devido ao seu contato com o rejeito sólido e pode ter que ser tratado separadamente (WILLS; FINCH, 2015).

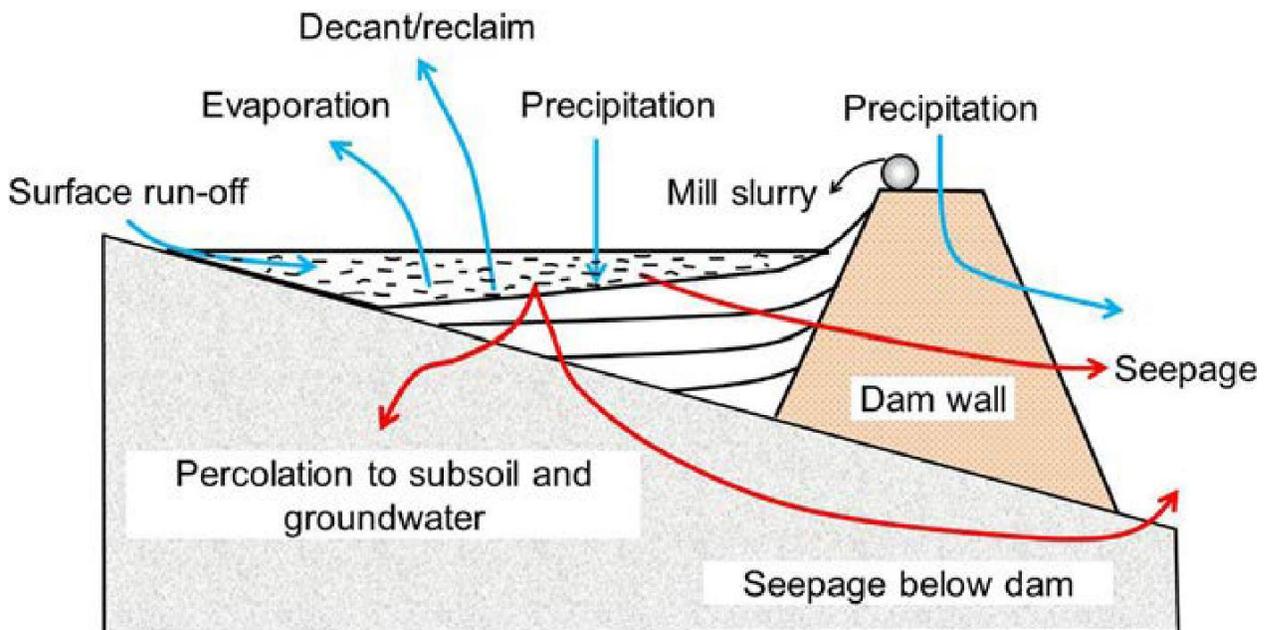
Outro aspecto que merece destaque é relacionado justamente a toxicidade dos metais que estão presentes nos rejeitos. Todos os metais bem como seus compostos apresentam alguma toxicidade, ou seja, é natural que um elemento químico tenda a causar efeitos adversos sobre os organismos vivos (MUNIZ; FILHO, 2006). O que definirá como um metal afetará um organismo será o grau de exposição (GOYER, 1996). Quando os solos são perturbados por atividades antrópicas como a mineração e quantidades de minerais são concentrados em barragens, alguns elementos químicos podem infiltrar no solo ou escoar num evento de transbordamento accidental. É difícil que haja acúmulo de elementos químicos a um nível de toxicidade para o ser humano em barragens de contenção de rejeitos de mineração quando comparado com as barragens de rejeitos industriais, aonde na maioria dos casos, os rejeitos são altamente tóxicos. Porém, o tipo de rejeito que uma barragem de contenção de rejeitos de mineração abriga deve ser cuidadosamente considerado numa análise de risco, fato que não ocorre no atual modelo de classificação que ANM adota.

No solo, os metais pesados são parte integrante da natureza, mesmo que o ser humano não interfira nela, o aumento de sua concentração pode ocorrer em virtude de processos naturais. O intemperismo e a lixiviação do solo são exemplos de mecanismos naturais que ocasionam o aparecimento de metais pesados na água e no solo, todavia a extração e o beneficiamento de metais, rejeitos industriais, efluentes domésticos, insumos agrícolas, descarte de produtos comerciais, queima de combustíveis fósseis e descarte de lodo de esgoto são atividades antrópicas associadas à contaminação do meio ambiente por tais metais (TEIXEIRA et al., 2000; MUNIZ e FILHO, 2006;)

Vários exemplos envolvendo o potencial de contaminação envolvendo barragens de contenção de rejeitos industriais podem ser encontrados na literatura, alguns inclusive foram citados anteriormente (PEREIRA et al. 2006; MENDES; PEREIRA, 2018; PEREIRA et al. 2019). No entanto, como exemplo da toxicidade presente nos rejeitos contidos em barragens de contenção de rejeitos de mineração, citam-se os impactos causados pela exploração e pelo beneficiamento do minério de ferro que foram avaliados por Pires et al (2003) em uma mina localizada em Minas Gerais. Os testes indicaram que o rejeito acumulado estava retendo cromo e que os sedimentos acumulados (formados principalmente pelo mineral goethita) funcionavam como retentores de

metais pesados diminuindo a dispersão de poluentes. No Porto de Santana, no estado Amapá, nas dependências da antiga mineradora de manganês ICOMI, foi identificada uma fonte de risco de contaminação ambiental representada pela área de deposição e pela antiga barragem de rejeitos da mineradora. Análises físico-químicas elaborado por Santos et al. (2003) das águas dos poços de monitoramento indicaram que os teores de arsênio e de manganês estão muito acima dos níveis permitidos pela legislação na área da antiga mineradora.

Figura 22: Balanço hídrico típico em uma barragem tradicional de rejeitos



Fonte: Wills e Finch (2015).

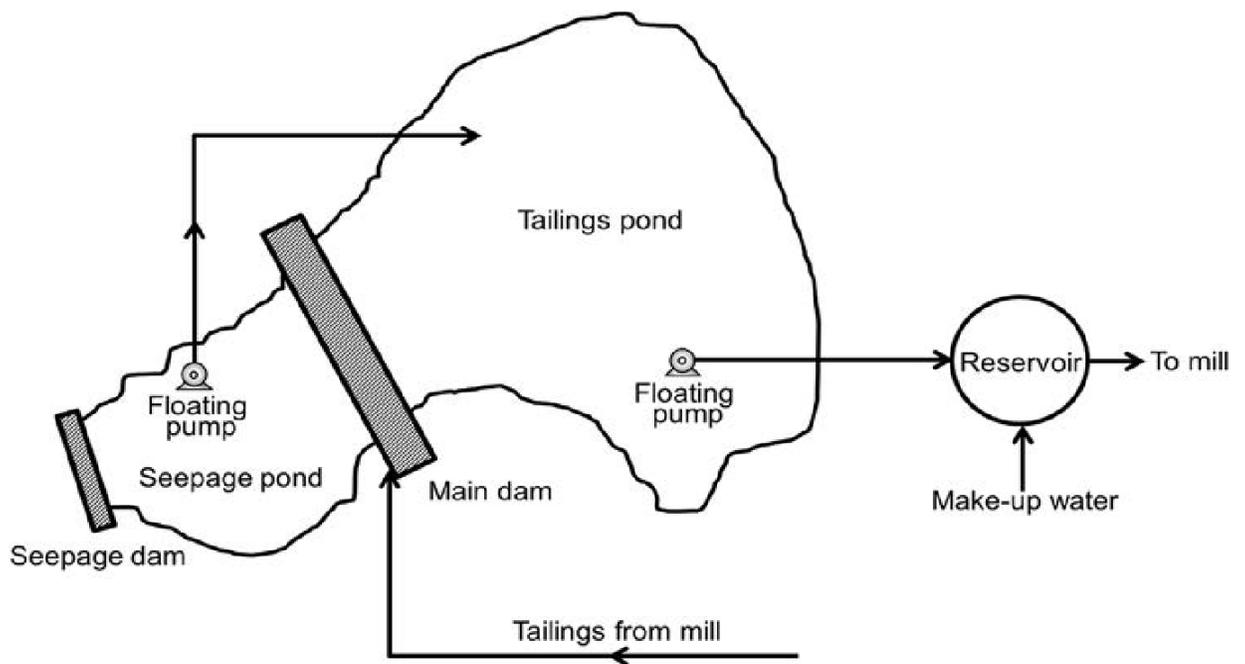
Enfim, alguns tipos de rejeitos são frequentemente tratados com cal para neutralizar ácidos e precipitar metais pesados como hidróxidos insolúveis antes de bombear para a barragem. Tais rejeitos tratados podem ser espessados e o transbordamento, livre de metais pesados, devolvido à usina, reduzindo assim a entrada de água bem como poluentes na barragem de rejeitos.

Assumindo um bom controle das entradas e saídas de água em cima da barragem, a preocupação será com o fator mais importante para se obter o controle da poluição, o método usado para remover o excesso de água da barragem. Instalações de decantação são necessárias em todas as barragens para permitir que o excesso de água livre seja removido. O projeto de decantação inadequada causa grandes falhas em uma barragem. Muitas barragens mais antigas usavam torres de decantação com linhas de descarga passando pela base da barragem para uma casa de bombas a

jusante. Falhas em tais estruturas eram comuns devido às altas pressões exercidas nos dutos, levando a perdas descontroladas de fluidos e rejeitos a jusante. Casas de bombas flutuantes ou móveis, situadas na lagoa de rejeitos são agora de uso comum (WILLS; FINCH, 2015).

A reciclagem da água decantada está se tornando mais importante. O máximo de água possível deve ser recuperado da lagoa de rejeitos para reutilização na mina e o volume de água de reposição usada deve ser mínimo. A diferença entre o volume total de água que entra na lagoa de rejeitos e o volume de água recuperada mais as perdas por evaporação deve ser armazenada com os rejeitos na barragem. Se essa diferença exceder o volume dos vazios nos rejeitos armazenados, torna-se um excedente de água livre que pode se acumular em quantidades enormes ao longo da vida de uma mina (WILLS; FINCH, 2015). Um sistema típico de recuperação de barragem é mostrado na Figura 23.

Figura 23: Sistema típico de recuperação de água



Fonte: Wills e Finch (2015).

A principal desvantagem da recuperação de água é a recirculação de contaminantes para a mina, o que pode interferir em processos como a flotação. O tratamento da água pode superar isso, com pouco ou nenhum custo extra, pois um tratamento similar pode ser necessário para o lançamento do efluente em qualquer caso.

2.5. Segurança de Barragens de Contenção de Rejeitos: Panorama Internacional

Abordaremos nesse tópico um panorama sucinto da prática de segurança de barragens de contenção de rejeitos em alguns países. Utilizar-se-á como referência a Austrália, Canadá, Nova Zelândia, México, Argentina, África do Sul, Espanha, Portugal, Chile e Brasil por serem grandes produtores mundiais de minérios com fontes de dados acessíveis.

Contudo, destaca-se a dificuldade de se realizar um estudo dos aspectos normativos em nível mundial. Duarte (2008) denota que essa realidade é fruto de legislações sobre barragens que podem estar incluídas em legislações referentes a contextos mais vastos, por exemplo, infraestruturas hidráulicas. Outrossim, a legislação sobre barragens pode remeter para outros textos legais, o que levaria a uma miríade de buscas na qual o tempo para essa pesquisa não permite. Em outros casos, a legislação pode ser de tipos diferentes (puramente administrativa ou técnico-administrativa) e apresentar graus de pormenorização muito diversos.

Ainda sobre esse aspecto é relevante destacar que o valor jurídico da legislação pode ser multifacetado, por exemplo, em Portugal, há regulamentos e normas, enquanto que no Canadá há orientações (guidelines) que não são estritamente obrigatórias.

2.5.1. Austrália

A segurança de barragens é uma responsabilidade que pertence aos seis estados e aos dois territórios que compõem a Austrália. Essa autonomia permite inferir que a gestão de segurança dessas estruturas ocorre de diferentes formas na Austrália, conforme é mostrado na tabela 4. (COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2016). Além disso, o país é uma referência internacional, haja visto que possui um histórico de poucos acidentes com barragens de rejeitos. Ao longo dos últimos cem anos foram registrados apenas três acidentes, sendo apenas um de grandes proporções em termos de consequências.

Tabela 4: Regulamentação de segurança de barragens na Austrália.

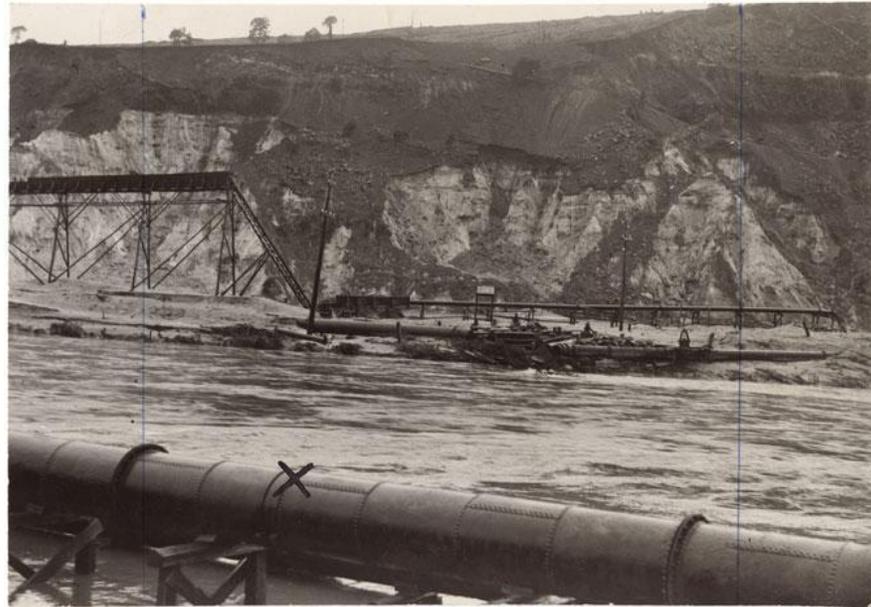
Estado/Território	Regulado por
New South Wales	Comitê de Segurança de Barragens
Queensland	Departamento de Meio Ambiente e Gerenciamento de Recursos
Victoria	Departamento de Sustentabilidade e Meio Ambiente
Tasmania	Departamento da Indústria Primária, Água e Meio Ambiente
Australian Capital Territory	Departamento de Serviços Urbanos
Western Australia	Alto-Regulado pela empresa
South Australia	Alto-Regulado pela empresa
Northern Territory	Alto-Regulado pela empresa

Fonte: Adaptado de COMMONWEALTH OF AUSTRALIA (2016).

O primeiro desses três acidentes ocorreu no dia 4 de abril de 1929, após dias de chuvas torrenciais terem afetado o nordeste da Tasmania, a barragem de rejeitos de estanho da mina de Briseis rompeu por galgamento⁶. O evento causou a morte de 14 pessoas, a liberação de milhões de metros cúbicos de rejeitos na fauna e flora local, além da destruição plena da estrutura da mina e de diversas propriedades agrícolas próximas dela (WRITER, 2011).

⁶ De acordo com a ANA (2012) a ruptura por galgamento (overtopping) ocorre quando o nível d'água no reservatório se eleva além da cota da crista da barragem. No caso das barragens de terra, o galgamento produz um arraste de materiais e a posterior ruptura.

Figura 24: Registro fotográfico das consequências da ruptura da barragem de rejeitos da mina de Briseis.



Fonte: Writer (2011).

O segundo acidente de notoriedade foi divulgado em 14 de fevereiro de 1994, a barragem de rejeitos da mina Olympic, de extração de Cobre e Urânio, apresentou vazamento projetado em cerca de 5 milhões de metros cúbicos que infiltraram para o subsolo (WRITER, 2011).

O terceiro acidente de notoriedade observado na Austrália ocorreu no dia 9 de março de 2018 na barragem de rejeitos de Cobre e Ouro da mina Newcrest. O rompimento dessa estrutura foi principalmente devido à existência de uma camada de fundação de baixa densidade. O evento causou um avanço limitado de 1,33 milhões de metros cúbicos de rejeitos que foi retido pela barragem a jusante (HAMBRETT, 2021).

Observa-se que os cenários de acidentes em barragens na Austrália quando comparado com outros países é positivo, contudo, alguns estados/territórios Australianos têm demonstrado preocupação com a temática de segurança de barragens. Dentre os estados/territórios Australianos, o New South Wales possui um arcabouço normativo mais estruturado quando o foco é segurança de barragens em comparação com os demais estados/territórios australianos. Em 01 de novembro de 2019, esse estado editou e publicou o Regulamento de Segurança de Barragens e anteriormente,

em 2015 já havia publicado outro documento de grande importância, a Lei de Segurança de Barragens.

Essa Lei de Segurança de Barragens abrange diversas categorias de barragens e tem com objeto garantir que quaisquer riscos que possam surgir em relação às barragens (incluindo quaisquer riscos à segurança pública e aos ativos ambientais e econômicos) sejam de um nível que seja aceitável para a comunidade, além disso, foca na busca pela promoção e a transparência na regulamentação da segurança de barragens, bem como o encorajamento a uma gestão adequada com eficiência em questões relacionadas à segurança de barragens. Não obstante a isso, se preocupa também na aplicação da gestão de risco e dos princípios da análise custo-benefício em relação à segurança de barragens (NSW-GOVERNMENT, 2021).

Dentre os principais avanços propostos por essa lei, destaca-se a criação de uma agência governamental com foco em gerir a Segurança das Barragens do estado de New South Wales. Esse órgão recebeu o nome de Dams Safety NSW e possui como foco cinco grupos de barragens: represas; açudes; estoques fora do rio; bacias de retardo; e barragens de rejeitos. Todas as estruturas, independentemente das outras características citadas anteriormente, devem ser devidamente declaradas pelas mineradoras (NSW-GOVERNMENT, 2021).

Dams Safety NSW de posse das informações da Declaração se propõe a monitorar a conformidade declarada dos proprietários de barragens com a legislação de segurança de barragens. Esse processo ocorre com a auditoria de barragens com o emprego de uma abordagem baseada em sistemas para a gestão da segurança. Isso facilita uma identificação muito mais abrangente do risco potencial. Uma vez realizada a auditoria, a Dams Safety NSW comunica claramente se os proprietários declarados de barragens precisam fazer uma mudança nos sistemas ou práticas.

Cabe destacar também que existe um outro aspecto importante, haja visto que segundo a Lei de 2015 há exigência que o proprietário de uma barragem declarada publique um relatório demonstrando sua conformidade com as normas de segurança. Nesse sentido, a Dams Safety NSW tem por obrigação publicar um documento detalhando todos os requisitos do relatório anual. Em resumo, os relatórios abrangem essencialmente quatro aspectos: relato de incidentes de segurança de barragens; mudanças na configuração da barragem; um resumo das ações corretivas tomadas; um resumo dos exercícios do plano de emergência realizados (NSW-GOVERNMENT, 2021).

2.5.2. Canadá

Assim como é realizado na Austrália, a segurança de barragens não é uma responsabilidade a nível nacional no Canadá, sendo realizada pelas províncias/territórios. Segundo o ICOLD (2005), não há política oficial federal ou provinciana de tolerabilidade de risco de barragens no Canadá. Somente quatro das dez províncias do Canadá já possuem regulamentos para segurança de barragens (Alberta, British Columbia, Ontário e Quebec) e nenhum dos três territórios possuem orientação para essa temática. Contudo, os regulamentos nessas províncias não reconhecem especificamente a classificação de risco, mas em alguns casos não a exclui. Algumas autoridades consideram os casos de estudo de risco da segurança de barragens quando apresentados por um proprietário de barragem, porém não são base única para aprovação oficial.

Atualmente, o documento intitulado de Diretrizes para Gerenciamento de Instalações de Rejeito (MAC, 2017) é o regramento (sem valor legal, apenas prescritivo) a nível nacional mais importante do Canadá na temática de gestão de rejeitos de mineração. Foi elaborado através da parceria dos membros da indústria da mineração canadense e os especialistas da Associação de Mineração do Canadá. A metodologia descrita para o gerenciamento de rejeitos, é prescrita para ocorrer de forma cíclica. O início se dá pela adoção da empresa da política e compromisso, perpassando posteriormente pelo planejamento, implementação do planejamento, checagem e ações corretivas e por fim, condução das informações através de um relatório anual de gestão de rejeitos. Na fase de planejamento, a abordagem da gestão de risco é fundamental para garantir o sucesso do programa, e deve definir o risco aceitável no contexto da instalação, além de identificar os gatilhos e os possíveis modos de falhas e/ou ruptura da barragem. Contudo, esse documento não cita uma recomendação ou padronização do método de classificação de risco a ser utilizado, deixando livre para cada empreendedor aplicar sua avaliação de riscos, de acordo com a metodologia mais conveniente.

Segundo Srivastava (2008), no Canadá, os principais e mais comumente métodos usados para a classificação do risco de rompimento de barragens no Canadá, são respectivamente, Modos de Falha e Análise de Efeitos (FMEA) e métodos variantes, Análise de Árvore de Falhas (FTA) e Análise de Árvore de eventos (ETA).

2.5.3. Nova Zelândia

Segurança de barragem tem sido uma preocupação por vários anos na Nova Zelândia. Ela emergiu, em especial, pelo caso da barragem de Opuha, em South Canterbury, que rompeu durante a construção, em 1997, além disso, vários outros eventos de cheia ocorreram em todo país durante a década de 1990 (MENESCAL, 2009). Historicamente a Nova Zelândia possui um sistema regulatório baseado em gerenciamento de risco ainda em desenvolvimento. Na atual estrutura regulatória fazem parte a Lei de Construção (NEW ZEALAND, 2004), a Lei de Gerenciamento de Recursos (NEW ZEALAND, 1991) e a Lei de Saúde e Segurança no Trabalho de 2015 (NEW ZEALAND, 2015). Esses marcos regulatórios da Nova Zelândia contêm responsabilidades legais que afetam a construção e a operação contínua de barragens.

Todas as barragens são construções regidas sob a Lei de Construção (NEW ZEALAND, 2004). Barragens com altura igual ou superior a quatro metros e com volume igual ou superior a 20 mil metros cúbicos requerem autorização para trabalhos de construção, alteração e/ou demolição. As autoridades regionais são responsáveis pela gestão do processo de outorga em conformidade com Lei de Construção (NEW ZEALAND, 2004) para novas barragens. A Seção 13 da Lei de Gerenciamento de Recursos (NEW ZEALAND, 1991) impõe restrições a certos usos de leitos de lagos e rios, incluindo a construção de qualquer estrutura ou parte de uma estrutura. A Seção 14 impõe restrições à captação, uso, represamento e desvio de água. A gestão destas atividades é uma função da autoridade regional.

Em 2015, a Sociedade de Grandes Barragens da Nova Zelândia (NZSOLD) publicou as Diretrizes de Segurança de Barragens da Nova Zelândia (NZSOLD, 2015). As Diretrizes são necessariamente relevantes para qualquer discussão sobre segurança de barragens porque são atuais, confiáveis e representam boas práticas da indústria entre os engenheiros de segurança de barragens. As Diretrizes representam um corpo de trabalho colaborativo realizado por especialistas em construção de barragens, especialistas em segurança de barragens, proprietários de barragens e outras partes interessadas. As Diretrizes são consistentes com os pareceres emitidos pela Comissão Internacional de Grandes Barragens e foram revisadas internacionalmente como representando boas práticas. Além disso, as seguradoras confiam nos proprietários e operadores de barragens que podem demonstrar conformidade com as Diretrizes (NEW ZEALAND, 2019).

As Diretrizes não possuem valor de lei, porém são juridicamente vinculativas. As Diretrizes são compostas por um documento matriz que define os objetivos e princípios de segurança de barragens aplicáveis à investigação, projeto, construção, comissionamento, avaliação, reabilitação e operação de barragens na Nova Zelândia, e uma série de módulos de apoio separados que descrevem processos e critérios para a gestão da segurança de barragens.

Essas diretrizes fornecem uma classificação de risco que reflete as consequências de uma falha de barragem e juntamente com projeto de engenharia, critérios de avaliação apropriados ao perigo representado pela barragem, fornece a estrutura para estabelecer um nível apropriado de segurança para uma barragem. A classificação de risco de uma barragem é chamada de (PIC), o objetivo de classificar uma barragem de acordo com seu risco é puramente uma função das consequências de uma falha hipotética ou outra liberação descontrolada do conteúdo armazenado. Não tem correlação com a probabilidade da barragem falhar ou sofrer um incidente de segurança (NZSOLD, 2015).

As consequências incrementais de uma possível falha da barragem em relação a uma condição básica de “sem falha” (ou seja, consequências que são diretamente atribuíveis à falha da barragem) são a principal consideração na determinação do PIC de uma barragem.

Os cenários de ruptura para uma barragem variam dependendo da natureza de seu projeto, construção, perigos específicos do local e as condições sob as quais ela pode falhar. Por exemplo, uma ruptura de barragem que ocorre em condições de tempo seco (com um fluxo de base normal no curso d'água a jusante) é comumente chamada de “sunny day failure”, enquanto uma falha que ocorre em condições de tempo úmido (com uma inundação concomitante no curso de água a jusante) é referido como uma “rainy day failure”. Para uma “sunny day failure”, a condição base é a condição hidrológica normal no curso d'água a jusante, enquanto, para uma “rainy day failure”, a condição base é a inundação presente no curso d'água a jusante no momento da ruptura da barragem. A classificação da barragem deve considerar os dois cenários de ruptura apropriados para a barragem em particular, e a determinação do PIC deve ser baseada no cenário que prevê a maior magnitude de consequência adversa incremental. Em alguns casos, pode haver apenas um cenário de violação, embora, na maioria dos casos, haja tanto um quanto outro cenário de violação (NZSOLD, 2015).

Essa classificação de risco é realizada através da elaboração de duas avaliações auxiliares. A primeira é a avaliação dos perigos de inundação do rompimento da barragem. A segunda é a avaliação das consequências, incluindo população em risco, perda potencial de vida e danos a propriedade, infraestrutura e meio ambiente. Por fim, ocorre a classificação da barragem para refletir as consequências das potenciais falhas da barragem.

A avaliação de risco de inundação e consequências de ruptura da barragem deve ser realizada por consultores técnicos experientes e qualificados. Os resultados são úteis em outros processos, tais como o planejamento e preparação para emergências, identificando as possíveis consequências de falhas e ações de resposta para evitar falhas ou mitigar as consequências de falhas. Outro aspecto em que ela ajuda é na compreensão dos riscos da presença da barragem e cabalmente no desenvolvimento de trabalhos de reabilitação para reduzir quaisquer riscos inaceitáveis. Por exemplo, uma barragem pode ter modos de falha potenciais que têm consequências menores (do que aquelas usadas para determinar seu PIC) e são mais prováveis de ocorrer (NZSOLD, 2015).

A segunda avaliação inicia com o estudo da População em Risco (PAR). Esse estudo é de primordial importância na determinação da classificação de risco de uma barragem para orientar o projeto e os critérios operacionais e atender aos requisitos regulatórios. A definição de PAR usada nestas diretrizes (NZSOLD, 2015) é o número de pessoas que provavelmente serão afetadas por inundações maiores que 0,5 m de profundidade se ocorrer uma falha de barragem. As pessoas dentro e fora das edificações no momento da inundação da barragem estão incluídas no PAR. A abordagem PAR identifica apenas o número de pessoas que provavelmente serão afetadas por inundações maiores que 0,5 m de profundidade. Um subconjunto importante do PAR é uma estimativa do número de fatalidades que se espera que ocorram durante uma hipotética inundação de ruptura de barragem. Isso é comumente referido como perda potencial de vida. As estimativas de perda potencial de vidas dependem de muitos fatores, alguns dos quais estão relacionados ao comportamento humano e interação sob condições adversas, como inundação de barragens. Isso inerentemente torna a perda potencial de vida difícil de estimar. Danos à propriedade, infraestrutura e meio ambiente também são consequências importantes de uma potencial falha da barragem. Uma avaliação dos danos à propriedade, infraestrutura e meio ambiente utilizaria de forma otimizada os mapas de inundação do rompimento da barragem e um levantamento baseado no local dos efeitos esperados na propriedade e no meio ambiente. Se os mapas de inundação de ruptura de barragem

não estiverem disponíveis, um julgamento experiente pode ser usado para estimar a área potencial de inundação usando outros métodos (NZSOLD, 2015).

NZSOLD (2015) fornece um parâmetro de avaliação de danos à propriedade, infraestrutura e meio ambiente estimada qualitativamente por meio da seleção das descrições fornecidas de acordo com a tabela 5. As descrições se referem a quatro categorias de danos (habitação residencial, infraestrutura crítica ou importante, ambiente natural e tempo de recuperação da comunidade) e incluem limites ou intervalos numéricos (por exemplo, mais de 50 casas destruídas); Descrições qualitativas (por exemplo, destruição extensa, generalizada e danos a vários componentes importantes da infraestrutura); Indicações de tempo de recuperação da comunidade (por exemplo, muitos anos). Os níveis de dano são classificados como catastrófico, grande, moderado ou mínimo em cada categoria de dano e o nível de dano avaliado mais alto é selecionado para uso na posterior classificação de risco de uma barragem.

Tabela 5: Determinação do nível de dano

Damage Level	Specified categories				
	Residential houses ¹	Critical or major infrastructure ²	Natural environment	Community recovery time	
		Damage	Time to restore to operation ³		
Catastrophic	More than 50 houses destroyed	Extensive and widespread destruction of and damage to several major infrastructure components	More than 1 year	Extensive and widespread damage	Many years
Major	4 to 49 houses destroyed and a number of houses damaged	Extensive destruction of and damage to more than 1 major infrastructure component	Up to 12 months	Heavy damage and costly restoration	Years
Moderate	1 to 3 houses destroyed and some damaged	Significant damage to at least 1 major infrastructure component	Up to 3 months	Significant but recoverable damage	Months
Minimal	Minor damage	Minor damage to major infrastructure components	Up to 1 week	Short-term damage	Days to weeks

Fonte: NZSOLD (2015)

A classificação de risco para uma barragem é um reflexo do perigo que ela representa, como tal, constitui o parâmetro sobre o qual se baseiam os critérios recomendados para o projeto de barragem, construção, garantia de segurança operacional, conforme descrito nos outros módulos da Diretriz. A Tabela 6 fornece a estrutura para determinação da classificação de risco. As três principais entradas da tabela são o nível de dano avaliado, a população em risco (PAR); a Potencial Perda de Vida. O PAR é dividido nas seguintes quatro faixas, 0 pessoas em risco; 1 a 10 pessoas em risco; 11 a 100 pessoas em risco; Mais de 100 pessoas em risco. A potencial perda de vidas é abordada quando é altamente provável que uma vida seja perdida e dessa forma se aplica a classificação médio. Quando é altamente provável que 2 ou mais vidas sejam perdidas se aplica o risco alto (NZSOLD, 2015).

Tabela 6: Determinação da classificação de risco (PIC)

Assessed damage level	Population at risk (PAR)			
	0	1 to 10	11 to 100	More than 100
Catastrophic	High potential impact	High	High	High
Major	Medium potential impact	Medium/High (see note 4)	High	High
Moderate	Low potential impact	Low/Medium/High (see notes 3, and 4)	Medium/High (see note 4)	Medium/High (see notes 2 and 4)
Minimal	Low potential impact	Low/Medium/High (see notes 1, 3, and 4)	Low/Medium/High (see notes 1, 3, and 4)	Low/Medium/High (see notes 1, 3, and 4)

Fonte: NZSOLD (2015)

2.5.4. México

A segurança de barragens no México está sob a jurisdição da Comissão Nacional de Águas (NWC), que é uma unidade administrativa da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais. A Lei Nacional de Águas, seus regulamentos de implementação e os regulamentos internos da Secretaria estabelecem os poderes e responsabilidades do NWC. É responsável por estudar, criar e promulgar normas; monitoramento; administração; operativo; e reabilitação de barragens pertencentes ao governo federal ou que sejam operadas por meio de concessões outorgadas pelo governo federal.

O artigo 29, inciso IV, da Lei Nacional de Águas estipula que os proprietários e operadores de barragens são responsáveis pela operação, manutenção e conservação das obras necessárias à estabilidade e segurança da barragem e demais obras exigidas de acordo com as normas de segurança hidráulica.

O NWC tem uma série de poderes que são relevantes para a segurança de barragens. Ainda de acordo com o artigo 29, inciso IV da Lei Nacional de Águas, pode exigir que os proprietários e operadores de barragens forneçam à NWC qualquer informação e documentação solicitada. De acordo com o artigo 29, inciso V, o proprietário e o operador da barragem devem permitir que o pessoal da NWC inspecione as obras relacionadas as barragens, faça medições, verifique o funcionamento dos equipamentos de medição e realize outras atividades necessárias ao cumprimento da lei. Se o proprietário ou operador não permitir que o NWC inspecione, faça medições ou monitore a barragem, o artigo 26 da lei confere ao NWC autoridade para suspender a concessão da barragem desse proprietário ou operador até que a situação seja corrigida. As correções devem ser feitas em até 15 dias. De acordo com o artigo 83 dessa lei, o NWC também é responsável por emitir normas e fazer recomendações relacionadas ao controle do uso hídrico em barragens. Finalmente, o capítulo IV da lei exige que o NWC mantenha um registro público de direitos sobre a água.

2.5.5. Argentina

O marco regulatório para a segurança de barragens na Argentina consiste em um decreto administrativo, que cria o Organismo Regulador de Segurança de Barragens (ORSEP). A ORSEP é uma agência reguladora independente dentro da Secretaria de Recursos Hídricos. Substitui a ORSEP, criada em 1993, e três comissões transitórias de segurança de barragens. A função da ORSEP é supervisionar questões de segurança de barragens no projeto, construção, manutenção e operação de projetos hidrelétricos privatizados.

A ORSEP tem poderes de polícia para lidar com questões de segurança de barragens. Isso significa que a ORSEP tem o poder de desenvolver normas e diretrizes técnicas relativas à segurança de barragens, compilar estatísticas sobre barragens, prestar assistência a órgãos governamentais que solicitem sua assistência e colaborar com outros órgãos que trabalham em segurança de barragens. Tem o poder de fazer cumprir a lei relativa à segurança de barragens e de intervir em processos legais e judiciais relacionados com a segurança de barragens. A ORSEP fornece certificados de aprovação para obras em sua jurisdição e é responsável por avaliar o desempenho das concessionárias de barragens. Também é responsável por avaliar o desempenho de licenciados e concessionários de barragens. A ORSEP financia as suas atividades através de taxas e mensalidades pagas pelas entidades que regulam.

Os contratos dos licenciamentos de barragens incluem obrigações relacionadas à segurança de barragens. Isso inclui o desenvolvimento e manutenção de planos de avaliação ambiental, monitoramento e avaliação regulares do desempenho da barragem e inspeções periódicas por consultores independentes. Além disso, os proprietários de barragens são obrigados a manter um plano de ação emergencial atualizado. Este plano deve ser aprovado pela ORSEP. O proprietário deve manter uma cópia do plano.

A autoridade máxima da ORSEP é o Conselho Técnico. Este órgão é composto pelos chefes dos quatro escritórios regionais da ORSEP e um presidente. O presidente da Argentina nomeou os primeiros membros deste conselho. No entanto, no futuro os membros do conselho serão escolhidos em uma eleição competitiva. Existem quatro escritórios regionais sob este conselho. Esses escritórios têm responsabilidades técnicas e institucionais independentes. Cada um é dirigido por um diretor regional, e há um diretor para cada província sujeita à jurisdição do escritório regional (pode haver mais de uma província por escritório regional). A ORSEP é obrigada a fornecer um relatório anual ao governo sobre as condições estruturais e operacionais das 32 barragens privatizadas na Argentina.

É importante notar que há mais de 70 barragens não privatizadas na Argentina. Essas barragens pertencem às províncias e não estão sujeitas a nenhuma estrutura regulatória nacional ou federal de segurança de barragens.

2.5.6. África do Sul

A estrutura regulatória para a segurança de barragens na África do Sul está definida na Lei Nacional da Água de 1998 (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1998), bem como nos Regulamentos de 1986 (BRADLOW et al., 2002). Embora esses regulamentos tenham sido emitidos antes da Lei Nacional de Águas, eles devem ser interpretados de acordo com a lei, que inclui um capítulo separado sobre segurança de barragens. De acordo com a seção 2 da lei, a segurança das barragens, a gestão de inundações e secas estão entre os objetivos da lei. Deve-se notar que o Departamento de Assuntos Hídricos e Florestais (DWAF) elaborou regulamentos de segurança de barragens que substituiriam os regulamentos de 1986.

De acordo com o item 2.1 do Regulamento de 1986 (BRADLOW et al., 2002), todas as barragens são classificadas com base no tamanho (com base na altura da parede) e potencial de

risco (com base na perda potencial de vidas e perdas econômicas) em três categorias. Quanto maior a classificação, maior o tamanho e potencial de perigo da barragem e mais extensa é a supervisão regulatória da barragem. A classificação é feita pelo diretor geral do DWAF após a conclusão dos estudos de viabilidade da barragem. A classificação, que pode ser alterada, afeta os requisitos relativos ao projeto, construção, colocação em operação, operação, manutenção, alteração e descomissionamento⁷ da barragem. As considerações na tomada de decisões de licenciamento relacionadas a barragens incluem o manual de operação e manutenção, que deve ser desenvolvido por um engenheiro tecnicamente competente, os planos de comunicação com autoridades locais e comunidades sobre avisos de segurança de barragens.

No caso de barragens de categoria superior, os regulamentos exigem que o proprietário/operador da barragem assegure os serviços de um engenheiro profissional. Além disso, antes de emitir uma licença para prosseguir com a barragem, o diretor geral pode exigir que o proprietário nomeie um painel independente de especialistas (aprovados pelo diretor geral) para revisar o projeto, planos ou especificações propostas para a barragem. Isso normalmente só ocorrerá em casos de barragens incomuns (BRADLOW et al., 2002).

Em geral, o proprietário tem o dever de inspecionar regularmente sua barragem. Isso significa que o proprietário deve realizar a primeira inspeção dentro de três anos após a barragem se tornar operacional e, a partir daí, a cada cinco anos para barragens de categoria superior. No caso de barragens de Classe II, as inspeções devem ser realizadas por um engenheiro profissional aprovado e, no caso de barragens de Classe III, por uma equipe de engenheiros profissionais aprovados. Os proprietários podem obter alguns subsídios governamentais para cobrir os custos dessas inspeções. Além disso, o proprietário deve realizar uma inspeção assim que surgir uma condição que afete a segurança da barragem. O proprietário tem a obrigação de comunicar os resultados da inspeção ao diretor-geral no prazo de 60 dias (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1998).

Além dessas inspeções regulares, o diretor geral pode inspecionar qualquer barragem com risco de segurança ou exigir que o proprietário forneça informações sobre qualquer assunto que afete a segurança da barragem. O diretor geral também pode ordenar modificações na barragem

⁷ O descomissionamento é o processo para desativação da barragem.

para corrigir problemas. Quando instruído, o proprietário também deve fazer relatórios adicionais ao diretor-geral. O proprietário também é obrigado a relatar emergências ao diretor-geral.

Outra obrigação do proprietário é manter registros abrangentes sobre a barragem. Esses registros e outras informações relevantes devem ser fornecidos ao ministro. Um engenheiro profissional aprovado é necessário para fazer os relatórios sobre essas barragens e verificar se todas as ações necessárias para manter a barragem e garantir sua segurança são tomadas. Os infratores destes regulamentos estão sujeitos a multas ou prisão (BRADLOW et al., 2002).

O diretor geral mantém um registro de todas as barragens com risco de segurança. São definidas como barragens com altura de parede superior a cinco metros e capacidade de armazenamento superior a 50.000 metros cúbicos ou barragens que na opinião do Ministro da Água e Florestas (MwAF) representam um risco para a saúde e propriedade. Proprietários de barragens com risco de segurança precisam de uma licença do MwAF para iniciar a construção, fazer alterações ou abandonar as barragens. O MwAF pode exigir uma inspeção de barragens com risco de segurança. Os proprietários de tais barragens devem manter registros abrangentes e realizar inspeções. Existe um Comitê Consultivo de Segurança de Barragens, nomeado pelo MwAF, para aconselhar o MwAF sobre questões de segurança de barragens.

2.5.7. Espanha

Os principais regulamentos que tratam da segurança de barragens na Espanha incluem o Regulamento Técnico de 1996 sobre Segurança de Reservatórios e Barragens (TR); a Portaria do Ministério de Obras Públicas de 31 de março de 1967, que aprova a Instrução para Projeto, Construção e Operação de Grandes Barragens (MPW); e a Diretiva Básica de 1994 para o Planejamento da Proteção Civil contra o Risco de Inundações. Há também um comitê nacional, a Comissão de Normas para Grandes Barragens, que é responsável pelo desenvolvimento de regulamentos técnicos relacionados à segurança de barragens (BRADLOW et al., 2002).

O TR é aplicável a todas as barragens públicas e a todas as barragens privadas construídas após 1996, incluindo aquelas que armazenam resíduos industriais. O artigo estabelece classificações para barragens com base em seu tamanho, risco potencial (perigo) e sua forma de construção. Classifica todas as barragens com altura superior a 15 metros, ou de 10 a 15 metros de altura e crista superior a 500 metros, capacidade de armazenamento superior a 1 milhão de metros

cúbicos ou capacidade de descarga superior a 200 metros por segundo, como grandes barragens abrangidas pelo marco regulatório. Barragens menores que possuem características especiais podem ser submetidas ao marco regulatório. Sua classificação de risco divide as barragens em barragens A, que podem causar sérios danos materiais e ambientais e perda de vidas; barragens B, que podem causar danos materiais e ambientais importantes e perda de vidas; e barragens C, que podem causar danos materiais e ambientais moderados e perda incidental de vidas.

O TR também aborda todas as etapas de um projeto de barragem. O artigo 7º estipula que o processo de aprovação de qualquer nova barragem cuja ruptura possa afetar pessoas, propriedades ou meio ambiente inclui a obtenção da aprovação de seu plano de segurança da barragem. Além disso, a proposta do projeto deve incluir um plano de segurança emergencial que trate dos impactos sociais e ambientais negativos do rompimento da barragem e contenha sistemas de informação e alerta. O plano de emergência deve ser aprovado pela Direção Geral de Obras Hidráulicas (que é uma unidade administrativa do Ministério do Ambiente) no caso de barragens situadas em bacias inter-regionais após a apresentação de um relatório preliminar pela Comissão Nacional de Proteção Civil. O dono da barragem também deve coordenar com a Direção Geral de Proteção Civil, que é uma unidade do Ministério da Administração Interna. O pedido de licenciamento também deve incluir soluções técnicas para todas as questões de segurança e uma justificativa para a solução proposta.

De acordo com esses regulamentos, o proprietário da barragem tem a responsabilidade principal pela segurança da barragem. Os regulamentos, no entanto, estabelecem os padrões que o proprietário deve levar em consideração ao desenvolver o programa de segurança da barragem e ao lidar com os potenciais riscos sociais e ambientais associados à barragem.

O artigo 5º do TR especifica a responsabilidade do proprietário da barragem em todas as fases do ciclo de vida da barragem. No que diz respeito à segurança, isso significa que durante as fases de projeto e construção o proprietário deve realizar inspeções e monitorar as atividades para garantir que os requisitos de segurança da barragem estejam sendo atendidos. Durante as operações, o proprietário deve realizar inspeções periódicas, fornecer informações às autoridades reguladoras e comunicar-se com elas sobre eventos excepcionais ou anormais e tomar medidas para estudar bem como reparar problemas. O artigo 34 do TR exige que nos casos de barragens de

alto risco (categorias A e B) os planos de segurança sejam submetidos a testes periódicos. O TR também contém normas técnicas que a barragem deve atender.

O artigo 33º do TR estabelece que, além das inspeções do proprietário, deve haver uma inspeção obrigatória após eventos extraordinários, como terremotos e grandes vazamentos da barragem. Se o proprietário não realizar esta inspeção, a Administração Pública pode fazê-lo. O Artigo 33 também confere poderes à Administração para solicitar ao proprietário um relatório sobre a segurança da barragem a qualquer momento. Este relatório é separado dos relatórios regulares enviados pelo proprietário.

De acordo com o artigo 55, o proprietário deve manter um arquivo técnico da barragem que inclua informações sobre a classificação da barragem, estudos feitos para a barragem, resultados de testes e análises feitos na barragem e alterações nas atividades de operação e manutenção do projeto da barragem. O artigo 25 estipula que o proprietário/operador da barragem tem a obrigação de organizar uma equipe técnica para o projeto que seja competente para desenvolver e implementar o plano de segurança da barragem. A equipe técnica também é responsável pelo desenvolvimento do arquivo técnico da barragem. Essa equipe deve existir em todas as etapas do projeto.

O proprietário da barragem é responsável por observar todos os regulamentos de segurança da barragem, monitorar a barragem e realizar inspeções. O artigo 30º do TR estabelece que o proprietário é responsável pela elaboração de normas de operação que devem incluir disposições de segurança da barragem. Esses padrões de operação devem ser incluídos nos arquivos técnicos. Nos termos do artigo 33º do TR, estas normas de funcionamento devem incluir um plano de inspeção e monitoramento da barragem, incluindo prazos de inspeção, âmbito dos dados a recolher e especificações relativas aos meios de recolha e tratamento dos dados. O gestor da barragem deve elaborar um relatório anual sobre os resultados das inspeções, detalhando os problemas observados e as ações corretivas propostas. Isso se torna parte do arquivo técnico. No caso das barragens mais perigosas (categoria A), uma cópia deste relatório deve ser enviada à Administração Pública, que pode fazer observações e recomendações com base no relatório.

O órgão administrativo que concede a licença da barragem é responsável por garantir que a barragem seja usada para o fim a que se destina. A agência tem o poder de monitorar a

conformidade com os regulamentos de segurança de barragens, realizar inspeções e exigir modificações no projeto e nos planos de segurança da barragem. Os regulamentos exigem que as autoridades reguladoras mantenham um inventário de todas as barragens.

2.5.8. Portugal

Os regulamentos relativos à segurança de barragens em Portugal foram adotados por decreto-lei em 1990. Os regulamentos são complementados por quatro códigos que definem todos os requisitos e normas relativos ao projeto, construção, operação, observação e inspeção de barragens. Um desses códigos, o Código Português de Prática para Observação e Inspeção de Barragens, fornece metodologias para avaliar a segurança de barragens existentes. As barragens em Portugal são classificadas em duas categorias. A primeira são as grandes barragens, que apresentam mais de 15 metros, possuem volume de armazenamento superior a 1.000.000 metros cúbicos ou representam um risco importante para a vida humana e/ou para a economia. A segunda categoria consiste em pequenas barragens e inclui todas as barragens que não atendem aos critérios acima. Nos quatro códigos que complementam o regulamento, as barragens são classificadas em três grupos com base em um Índice de Risco Global. Esse índice leva em consideração três fatores: condições externas e ambientais; condição e confiabilidade da barragem; e riscos humanos-econômicos. Cada um desses fatores contém vários componentes, que são avaliados pela inspeção de barragens. Com base neste índice, as barragens são classificadas em três classes de acordo com suas características de perigo e desempenho. Os valores do índice são usados para determinar as prioridades na avaliação abrangente e no tratamento da segurança de barragens (BRADLOW et al., 2002).

Três departamentos governamentais estão envolvidos na regulamentação de segurança de barragens. São eles o Instituto Nacional de Águas (NIW) do Ministério do Meio Ambiente e Recursos Naturais, o Departamento Nacional de Defesa Civil (NDCD) e a Comissão de Segurança de Barragens (CSD). O NIW é responsável por aprovar e supervisionar a construção bem como a operação de barragens. No entanto, não precisa aprovar os engenheiros responsáveis pelos projetos de barragens. Quando necessário, consulta o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (NLEC). O NLEC também realiza estudos para os proprietários de barragens. O NDCD é responsável pelos planos de emergência. O CSD elabora normas e emite pareceres sobre questões que lhe são apresentadas pelo NIW.

O quadro regulamentar em Portugal estabelece normas gerais que tratam de aspetos específicos das estruturas das barragens, como a fundação e os vertedouros. No entanto, não inclui normas precisas sobre essas questões. Os regulamentos estipulam quais informações devem ser incluídas nos estudos apresentados ao NIW ao buscar a aprovação do projeto.

De acordo com o regulamento, o NIW deve aprovar o projeto final da barragem e quaisquer modificações durante a construção. Também tem o poder de respeitar o local do projeto. O NIW também deve aceitar a barragem no final da fase de construção e deve aprovar o plano para o primeiro enchimento da barragem. Ao final do enchimento, o NIW realiza uma inspeção detalhada da barragem. Durante este período, o NLEC também publicará um relatório final sobre o comportamento da barragem.

Durante a operação da barragem, o NIW, seguindo o conselho do NLEC, deve aprovar o sistema de monitoramento do projeto. O sistema de monitoramento deve estar de acordo com os padrões das Normas de Monitoramento e Vigilância de Barragens. A regulamentação prevê três níveis de vigilância: contínua, especial e excepcional. O NIW em colaboração com o NLEC, e na presença do proprietário, realiza inspeções periódicas da barragem.

Cada barragem é obrigada a ter um plano de emergência sujeito a testes periódicos. Os regulamentos exigem que todas as barragens importantes tenham um sistema de comunicação permanente que conecte a barragem, o prédio da casa de força e o centro de operação da barragem. A barragem também deve ter um sistema de alarme, pago pelo proprietário. Em caso de emergência, o dono da barragem deve entrar em contato imediatamente com o centro de defesa civil.

2.5.9. Chile

No Chile o Decreto nº 86, de 1970 (CHILE, 1970) intitulado de Regulamentação para a Construção e Operação de Barragens de Rejeito, apresenta os requerimentos básicos para gestão de barragens de rejeito. Segundo o decreto, o Ministério de Minas do Chile é responsável pela regulação das barragens de contenção de rejeitos de mineração. Essa legislação foi fruto de um terremoto que ocorreu no dia 28 de março de 1965, de magnitude 7,6 na escala Richter. Esse tremor de terra afetou a parte central do Chile causando o rompimento da barragem de rejeitos de El Cobre e a morte de aproximadamente 300 pessoas, além do soterramento do acampamento de El Cobre,

localizado imediatamente a jusante da barragem. Esta falha catastrófica não foi a primeira a ocorrer no Chile. Em 1928, como consequência do terremoto de Talca, de magnitude 8,0, a Barragem Barahona da Mina Teniente derramou 4 milhões de toneladas de rejeitos e 314.000 metros cúbicos de água, causando 54 vítimas fatais (BARRERA et al., 2011).

O Decreto nº 86 foi um grande avanço, pois pela primeira vez foram estabelecidas definições, critérios e requisitos que deveriam ser seguidos para a construção e operação de barragens. Ressalta-se que este decreto tratou apenas daquelas barragens construídas com a fração grosseira dos rejeitos, deixando de fora da norma aquelas construídas com materiais de empréstimo (barragens de terra ou de estéril). Segundo Barrera et al. (2011) implicitamente, reconheceu-se que as barragens de rejeitos apresentavam o maior risco e possivelmente eram os tipos de barragens mais comuns naquela época.

Dentre as principais contribuições do Decreto nº 86 podem ser destacados que os projetos de barragens deveriam seguir as leis da mecânica dos solos, tornando-se indispensável conhecer a densidade mínima da areia utilizada na construção e o seu ponto de saturação que era apontado como um dos maiores perigos para a estabilidade, exigindo dessa forma um sistema de drenagem de base, areia permeável e controle dos níveis piezométricos na barragem.

Outro aspecto relevante da lei foi a proibição da construção de novas barragens pelo método a montante. Além disso, exigiu-se um fator de segurança mínimo de 1,20 para a análise pseudo-estática que considera um coeficiente sísmico determinado com base na população localizada a jusante do represamento e dentro de algo chamado de distância perigosa.

O principal mérito ou contribuição do decreto foi a identificação e reconhecimento do importante papel das zonas de areia saturada na estabilidade. Consequentemente, no decreto a maioria dos artigos estão focados em garantir que a água não chegue à barragem e, caso chegue, que a areia e sua fundação tenham a capacidade de eliminá-la rapidamente. De acordo com Barrera et al. (2011) a forma simplista como foi determinado o coeficiente sísmico e como foi determinada a distância perigosa foram criticadas, mas, embora o seu cálculo fosse simples e arbitrário, forneceu valores que na perspectiva atual não eram tão distantes.

Essa norma vigorou até 29 de dezembro de 2006, quando foi substituída pelo Decreto nº 248 intitulado de Regulamento para Aprovação de Projetos, Construção, Operação e Fechamento de Barragens de Rejeitos. Porém, os mesmos requisitos de seu antecessor foram mantidos e novos foram incorporados. Dentre os novos requisitos, dois permitem que as barragens chilenas incorporem desde cedo dois aspectos em sua análise: por um lado, o conceito de gestão na perspectiva do risco; e por outro lado, que todas as fases do ciclo de vida das operações e barragens sejam completamente regulamentadas, sendo requisito obrigatório a existência de um plano de encerramento das instalações com proprietário conhecido, que é responsável até ao encerramento da jazida.

No entanto, o Decreto nº 248 é muito incipiente quando se trata em classificação de risco, deixando essa tarefa exclusivamente para o dono da barragem.

2.6. Segurança de Barragens de Rejeitos: Panorama Brasileiro

Entrou em vigor em 2010 a lei federal 12.334 (BRASIL, 2010), que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Essa lei abrange as barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais.

Para que uma barragem seja inserida nessa política, é necessário que ela apresente pelo menos uma das seguintes características: Altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros; Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos); Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas; e recentemente a lei federal 14.066 (BRASIL, 2020) promulgada em 2020, além de ter alterado alguns critérios citados anteriormente, incluiu uma nova possibilidade de enquadramento, na qual preconiza que a barragem pode ser incluída na PNSB se a categoria de risco estiver classificada como alto, a critério do órgão fiscalizador.

Um dos elementos de maior destaque nessa regulamentação são os dez instrumentos da PNSB, sendo os três últimos incluídos recentemente devido a lei 14.066 (BRASIL, 2020) que estão citados na tabela 7. Esses instrumentos são fundamentais para atingir os diversos objetivos dessa legislação, dentre eles, citam-se a garantia da observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências, bem como, fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

Tabela 7: Instrumentos da PNSB

Instrumentos da PNSB	
1	Sistema de classificação de barragens por Categoria de Risco e por Dano Potencial Associado;
2	Plano de Segurança de Barragem (PSB), incluído o PAE;
3	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);
4	Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA);
5	Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
6	Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;
7	Relatório de Segurança de Barragens (RSB).
8	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)
9	Monitoramento das barragens e dos recursos hídricos em sua área de influência
10	Guias de boas práticas em segurança de barragens

Fonte: BRASIL (2010)

O responsável legal pelo enquadramento da barragem dentro da PNSB é à entidade que regula e fiscaliza as atividades minerárias para fins de disposição de rejeitos, nesse caso a ANM. As mineradoras são as responsáveis por enviar as informações necessárias ao enquadramento da barragem periodicamente através do preenchimento do Relatório Anual de Lavra.

No que se refere a classificação por categoria de risco, a lei 12.334 (BRASIL, 2010) esclarece que é uma classificação que deve ocorrer de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre. Esse tipo de classificação deve enquadrar as barragens em alto, médio ou baixo risco, segundo os parâmetros das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento, do atendimento ao plano de segurança de barragem e mais recentemente foram adicionados dois novos parâmetros, a idade do empreendimento e o método construtivo, através da lei 14.066/2020.

Essa classificação é extremamente relevante por diversos motivos, dentre eles, destaca-se o norteamento dado ao governo e ao empreendedor a respeito de suas barragens que estão com maior risco de ruptura. Além disso, ajuda a cumprir os objetivos dessa legislação relacionados com a redução da possibilidade de acidentes, em coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens e o fomento a cultura de gestão de riscos.

A criação dessa legislação representou um marco relevante para a temática de segurança de barragens no Brasil. Segundo Mello e Piasentin (2011), essa lei foi fruto de mais de 30 anos de

trabalho envolvendo profissionais de notório saber e entidades preocupadas com essa temática, como CBDB, ABMS entre outras.

2.6.1. Segurança de barragens de contenção de rejeitos de mineração

A Lei 12.334 (BRASIL, 2010) incumbiu ao CNRH a tarefa de estabelecer os critérios gerais para classificação das barragens por categoria de risco e também por dano potencial associado. Com a finalidade de atender essa demanda, o CNRH publicou em 2012 a resolução nº 143.

Na resolução nº 143 (CNRH, 2012) em consonância com a Lei 12.334 (BRASIL, 2010), foi estabelecido que o parâmetro de categoria de risco deveria ser função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. Porém em 2020, a lei 14.066 (BRASIL, 2020) alterou a lei 12.334 (BRASIL, 2010) e acrescentou dois novos parâmetros obrigatórios, o método construtivo e a idade da barragem.

De acordo com a Lei 12.334 (BRASIL, 2010) essa classificação de risco deve ser realizada pela entidade que regula e fiscaliza as atividades minerárias, para fins de disposição de rejeitos de mineração. No caso, o responsável por realizar essa tarefa no âmbito da mineração brasileira é a ANM. Essa agencia considera nesse processo os critérios gerais da tabela 8. Esses critérios gerais foram estabelecidos pelo CNRH, porém podem ser alterados conforme a necessidade da entidade que realiza a classificação de risco.

Tabela 8: Critérios gerais para classificação de barragens quanto a categoria de risco.

Critérios Gerais para Classificação de Barragens, quanto a Categoria de Risco.			
N^o	Características Técnicas	Estado de Conservação da Barragem	Plano de Segurança da Barragem:
1	Altura do barramento;	Confiabilidade das estruturas extravasoras;	Existência de documentação de projeto;
2	Comprimento do coroamento da barragem;	Confiabilidade das estruturas de captação;	Estrutura organizacional e qualificação dos profissionais da equipe técnica de segurança da barragem;
3	Tipo de barragem quanto ao material de construção;	Eclusa;	Procedimentos de inspeções de segurança e de monitoramento;
4	Tipo de fundação da barragem;	Percolação;	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; e
5	Idade da barragem;	Deformações e recalques;	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação.
6	Tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro;	Deterioração dos taludes.	

Fonte: CNRH (2012)

Para auxiliar a avaliação do órgão fiscalizador foi prescrito no anexo I, da resolução nº 143 (CNRH, 2012), a matriz para classificação para barragens de rejeitos e as três matrizes de classificação quanto à categoria de risco.

As três matrizes constantes nessa resolução são a base metodológica fundamental para a determinação da categoria de risco das barragens de contenção de rejeito utilizadas em processos de mineração, segundo a demanda da lei 12.334 (BRASIL, 2010). Na primeira matriz de classificação estão relacionadas as características técnicas da barragem, conforme a tabela 9. Observa-se que esse critério equivale a vinte por cento (20%) da pontuação máxima que é utilizada para classificar uma barragem. No entanto, em 2017, a ANM publicou a portaria nº 70.389 (ANM, 2017) que dentre outras contribuições alterou a matriz de classificação para características técnicas e acrescentou duas novas colunas, a primeira considerando o método construtivo e a segunda considerando a auscultação. A tabela 9 exibe essas duas novas colunas com destaque em amarelo.

Tabela 9: Matriz utilizada para a classificação quanto à categoria de risco, considerando as características técnicas.

I.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (REJEITOS)				
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - CT				
Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão de Projeto (c)	Método Construtivo (d)	Auscultação (e)
Altura \leq 15m (0)	Comprimento \leq 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)	Etapa Única (0)	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0)
15m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milenar (2)	Alteamento a jusante (2)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2)
30m \leq Altura \leq 60m (4)	200 \leq Comprimento \leq 600m (2)	TR = 500 anos (5)	Alteamento por linha de centro (5)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6)
Altura > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR Inferior a 500 anos ou desconhecida/ Estudo não confiável (10)	Alteamento a montante ou desconhecido (Alterado pela Resolução nº 32/2020, retificado em 21/05/2020) (10)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8)
CT = \sum (a até e)				

Fonte: CNRH (2012) e ANM (2017)

Na segunda matriz de classificação está relacionado o estado de conservação da barragem, conforme a tabela 10. Observa-se que esse critério equivale a quarenta por cento (40%) da pontuação máxima que é utilizada para classificar a barragem.

Tabela 10: Matriz utilizada para a classificação quanto à categoria de risco, considerando o estado de conservação.

I.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (REJEITOS)			
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	Percolação (g)	Deformações e Recalques (h)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (i)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias. (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)
EC = \sum (f até i)			

Fonte: CNRH (2012) e ANM (2017)

Na terceira matriz de classificação está relacionado o atendimento ao plano de segurança da barragem, conforme o Tabela 11. Observa-se que esse critério equivale a quarenta por cento (40%) da pontuação máxima que é utilizada para classificar a barragem.

Tabela 11: Matriz utilizada para a classificação quanto à categoria de risco, considerando o plano de segurança da barragem.

I.1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS)				
3 - PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM - PS				
Documentação de Projeto (j)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (k)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (l)	Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (m)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (n)
Projeto executivo e "como construído" (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
Projeto executivo ou "como construído" (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto básico (5)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto conceitual (8)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8)
PS = \sum (j até n)				

Fonte: CNRH (2012) e ANM (2017)

Conforme os dados da barragem são recebidos pela ANM, ela é classificada de acordo com a metodologia de somatório simples das pontuações obtidas nas três matrizes citadas anteriormente. A tabela 12 exhibe esse mecanismo. Para a barragem ser classificada como risco alto, ela precisa obter uma pontuação maior ou igual a 65, ou ser avaliada em alguns dos critérios de estado de

conservação com pontuação igual a dez (10). Destaca-se que a Resolução nº143 do CNRH (CNRH, 2012) previa uma pontuação igual ou superior a 60 para uma barragem ser classificada como risco alto, porém a portaria nº 70.389 (ANM, 2017) alterou esse valor para 65, assim como também alterou as pontuações de enquadramento do risco médio e risco baixo.

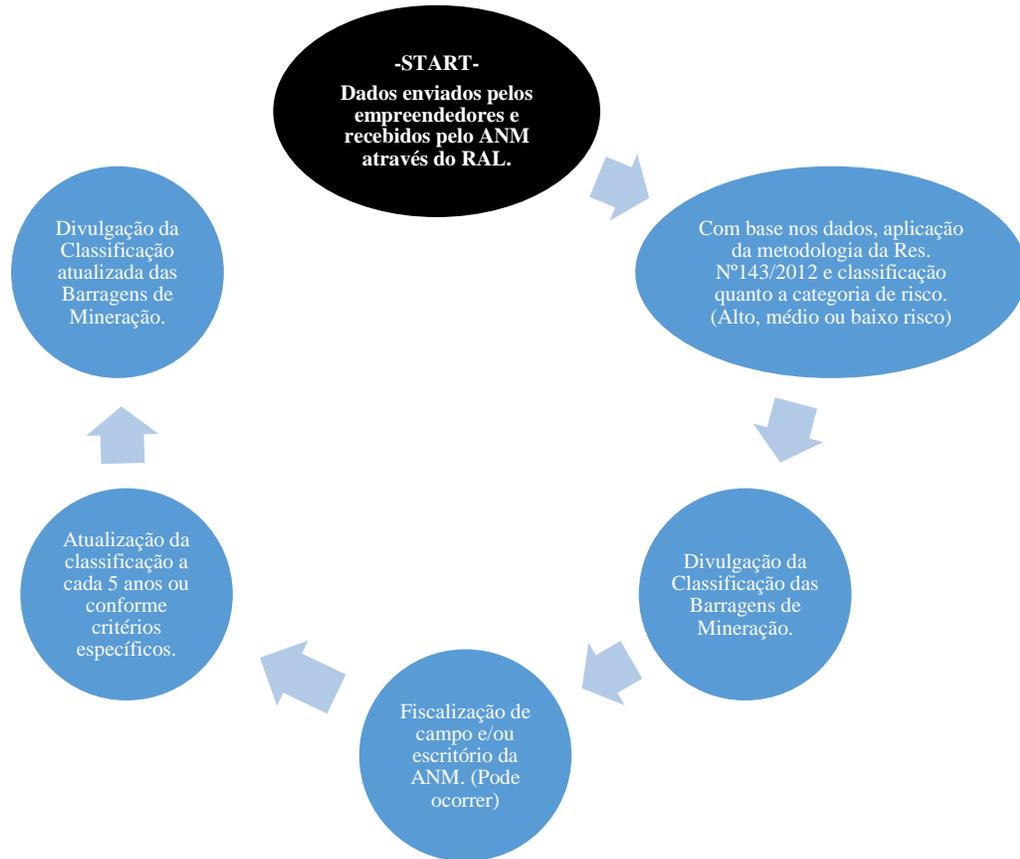
Tabela 12: Metodologia de classificação quanto a categoria, com base na pontuação.

I.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	
2	Estado de Conservação (EC)	
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		0
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	> = 65 ou EC*=10 (*)
	MÉDIO	37 a 65
	BAIXO	< = 37
(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providencias imediatas pelo responsável da barragem.		
RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:		
CATEGORIA DE RISCO		Alto / Médio / Baixo

Fonte: CNRH (2012)

Essa metodologia de classificação de risco é um processo relevante. Esse fluxo inicia com envio dos dados da barragem sob a responsabilidade de preenchimento do empreendedor, através da plataforma eletrônica do Relatório Anual de Lavra. A ANM recebe esses dados e com o auxílio da metodologia da resolução nº 143 (CNRH, 2012) alterada pela portaria nº 70.389 (ANM, 2017), realiza o somatório da pontuação recebida pela barragem conforme os critérios estabelecidos nas três matrizes e a classifica como em alto, médio ou baixo risco. Posteriormente, ocorre a divulgação do resultado no sitio eletrônico da ANM. No entanto, o empreendedor está sujeito a fiscalização no escritório e em campo, principalmente para verificação da veracidade dos dados apresentados. Quanto a atualização, deve ocorrer obrigatoriamente a cada cinco anos ou conforme algum critério específico da ANM. Segue abaixo um fluxograma do processo metodológico de classificação de barragens quanto a categoria de risco.

Figura 25: Fluxograma do processo de classificação de risco de barragens de contenção de rejeitos de mineração.



Fonte: Autor

3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta seção do trabalho abordará o método que foi utilizado nessa pesquisa, Análise Comparativa Qualitativa (QCA). Essa é uma técnica de análise que vem sendo desenvolvida continuamente por Charles Ragin e outros pesquisadores desde o final dos anos 1980. O QCA foi originalmente criado para facilitar a pesquisa em ciência política e sociologia histórica, contudo atualmente é utilizado em diversas áreas do conhecimento.

Essa seção se dividirá em duas partes, a primeira focará em fornecer uma visão sobre a importância da Análise Comparativa Qualitativa (QCA), buscando fazer uma revisão sucinta sobre a aplicação desse método no meio acadêmico através de suas três variantes (fsQCA, csQCA e mvQCA). A segunda parte focará em explicar como será aplicado esse método dentro da pesquisa.

3.1. A Relevância da Análise Comparativa Qualitativa (QCA)

Nos últimos anos, a adoção da análise comparativa qualitativa, que utiliza a lógica booleana ou fuzzy, vem crescendo, substituindo os métodos tradicionais de correlação para estabelecer condições causais relacionadas a um determinado resultado (RAGIN;FISS, 2008; RAGIN, 2000; RAGIN, 2008). Além de sua aplicação a estudos de caso, o QCA atualmente se concentra na análise de dados empíricos para generalizar a análise, levando em consideração a possível replicação em estudos subsequentes e construindo proposições lógicas seguindo o estudo qualitativo do fenômeno em questão (RAGIN, 2000; WOODSIDE; ZHANG, 2011). Este método é eficaz e parcimoniosamente capaz de enfrentar vários desafios.

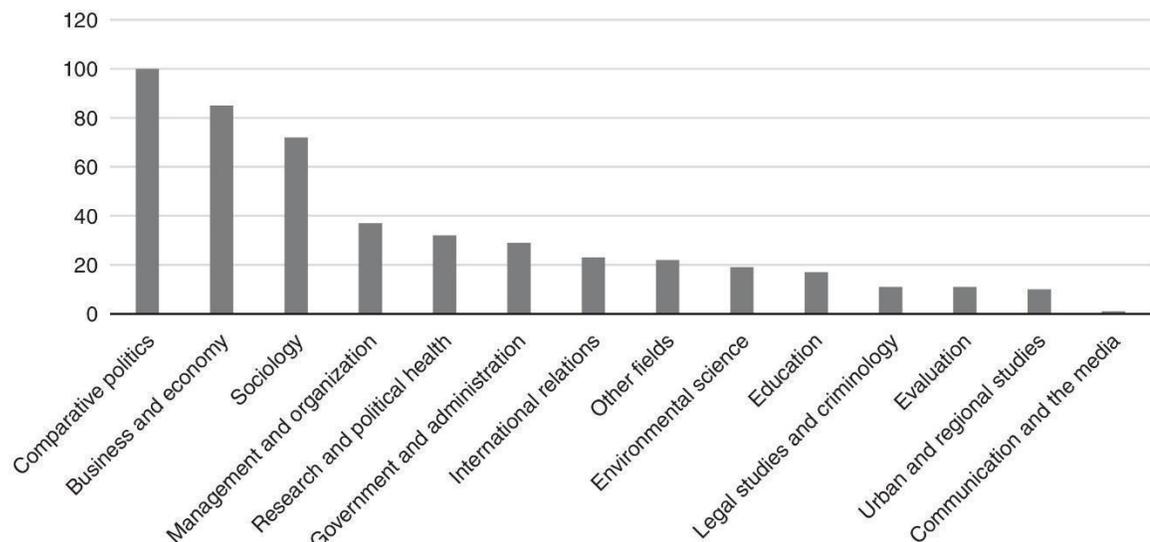
Destaca-se um estudo realizado por Roig-Tierno et al. (2017) aonde encontrou-se 469 artigos no site Compasss que inclui a metodologia QCA em suas três variantes (fsQCA, csQCA e mvQCA). O COMPASSS (COMPARative Methods for Systematic cross-caSe analySis) é uma rede global que reúne pesquisadores e profissionais que compartilham o mesmo interesse em avanços teóricos, metodológicos e práticos relacionados a uma abordagem sistemática de pesquisa comparativa para o uso da lógica configuracional, a existência de causalidade múltipla, e a importância de definir universos cuidadosamente. O projeto teve início em 2003 e sua gestão foi reorganizada em 2008 e 2012 para acomodar as crescentes necessidades da área.

O principal objetivo do site é avançar no desenvolvimento da análise comparativa sistemática como uma estratégia original e consolidada para estudar diversos fenômenos. Ele prioriza o desenvolvimento e a aplicação de métodos baseados em configuração comparativa e conjuntos de teorias (csQCA, mvQCA, fsQCA e outros métodos ou técnicas relacionados).

Roig-Tierno et al. (2017), embasados numa análise bibliométrica, classificaram os 469 artigos que utilizaram a metodologia QCA. Desses 236 usaram csQCA, 222 usam fsQCA e 11 usam mvQCA. É particularmente notável que os artigos produzidos com fsQCA foram publicados em sua maioria entre 2010 e 2015, enquanto o trabalho de exploração da metodologia csQCA começou em 1991 e a maioria foi publicada na década de 1990.

Em relação à área de estudo, Roig-Tierno et al. (2017) distinguiram as seguintes aplicações expressas também na figura 26. A primeira área foi de estudos urbanos e regionais (10), posteriormente em governo e administração (29), em sociologia (72), em negócios e economia (85), em ciências ambientais (19), na educação (17), nos estudos jurídicos e criminologia (11), na avaliação (11), na investigação e políticas de saúde (32), na gestão e organização (37), na política comparada (100), nas relações internacionais (23), além de algumas aplicações em outros campos.

Figura 26: Quantidade de artigos de acordo com a área de estudo.

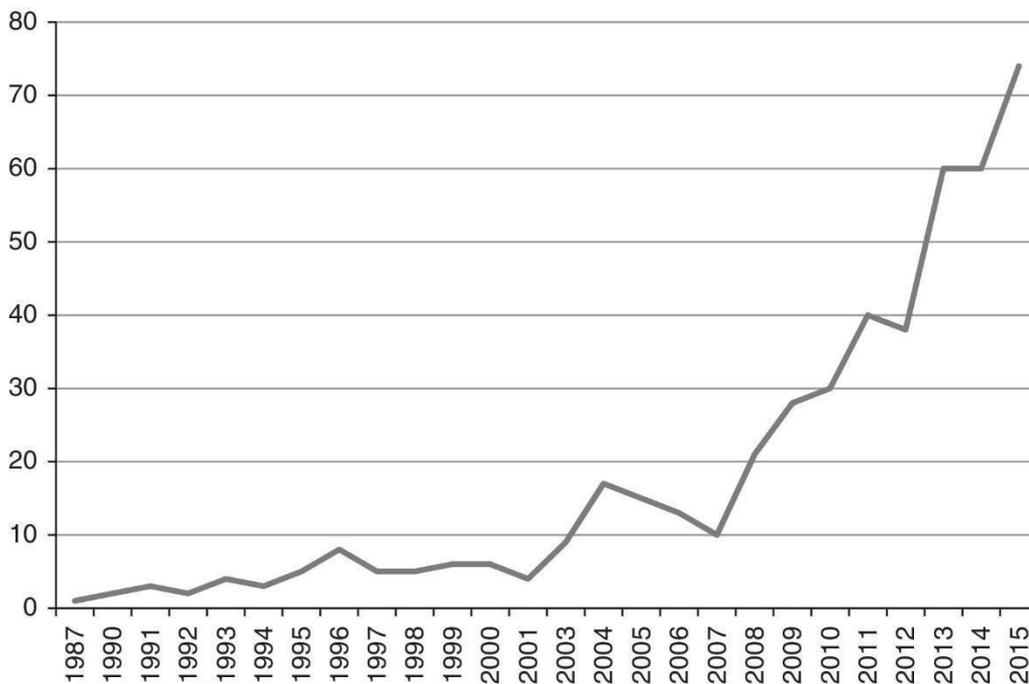


Fonte: Roig-Tierno et al. (2017)

A figura 26 ainda mostra as enormes diferenças no número de artigos usando QCA em diferentes áreas de estudo. A política comparada responde pelo maior número, seguida por

negócios, economia e sociologia. Atualmente, 54% dos artigos que utilizam a metodologia QCA são publicados nessas três áreas. Outras áreas, como ciências ambientais e educação, tendem a preferir outros métodos. A popularidade do QCA na política comparada é lógica, uma vez que o método foi projetado principalmente para essa disciplina. Em áreas como educação e estudos jurídicos, os métodos qualitativos são comuns, uma vez que essas disciplinas envolvem características humanas em contraste com a economia e a sociologia, onde os dados estatísticos pesam mais na descrição da realidade (ROIG-TIERNO et al., 2017).

Figura 27: Número de artigos publicados com QCA por ano.



Fonte: Roig-Tierno et al. (2017).

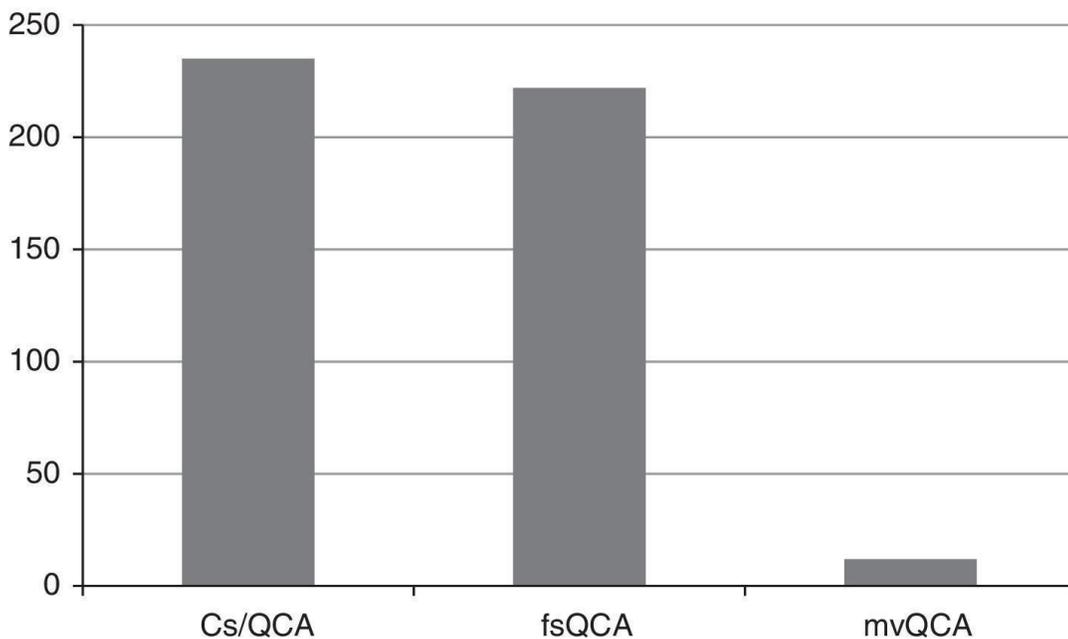
Na figura 27, em relação aos anos de publicação, menos de 10 artigos foram publicados na década de 1980, 44 na década de 1990 (todos utilizando csQCA) e os demais artigos foram publicados após 2000.

Em 2003, o primeiro artigo usando a variante fsQCA foi publicado. Foi de autoria de Paul Pennings e publicado no *European Journal of Political Research*. Roig-tierno et al (2017) observaram de forma particular que desde 2010, mais de 300 (dos 469) artigos usam QCA em ambas as versões csQCA e fsQCA. Em geral, a Figura 27 mostra que o número de artigos publicados empregando QCA como método de análise foi relativamente baixo entre 1987 e 2001.

Durante este período, o método foi sendo progressivamente refinado. No entanto, desde 2001, o número de artigos publicados com este método aumentou exponencialmente. De 2001 a 2004 foram de 5 para quase 20 e depois para mais de 70 em 2014.

Esse aumento pode ser devido a vários fatores. Primeiramente, em 2000, Charles Ragin, autor do método, publicou um livro seminal sobre a aplicação de conjuntos fuzzy nas ciências sociais. Este método representou um grande avanço em relação ao seu antecessor, csQCA. Em segundo lugar, o desenvolvimento e a expansão do uso da Internet e dos computadores têm favorecido a pesquisa ao permitir o acesso a informações que antes não eram facilmente acessíveis aos pesquisadores (ROIG-TIERNO et al, 2017).

Figura 28: Número de artigos usando as diferentes metodologias de QCA.



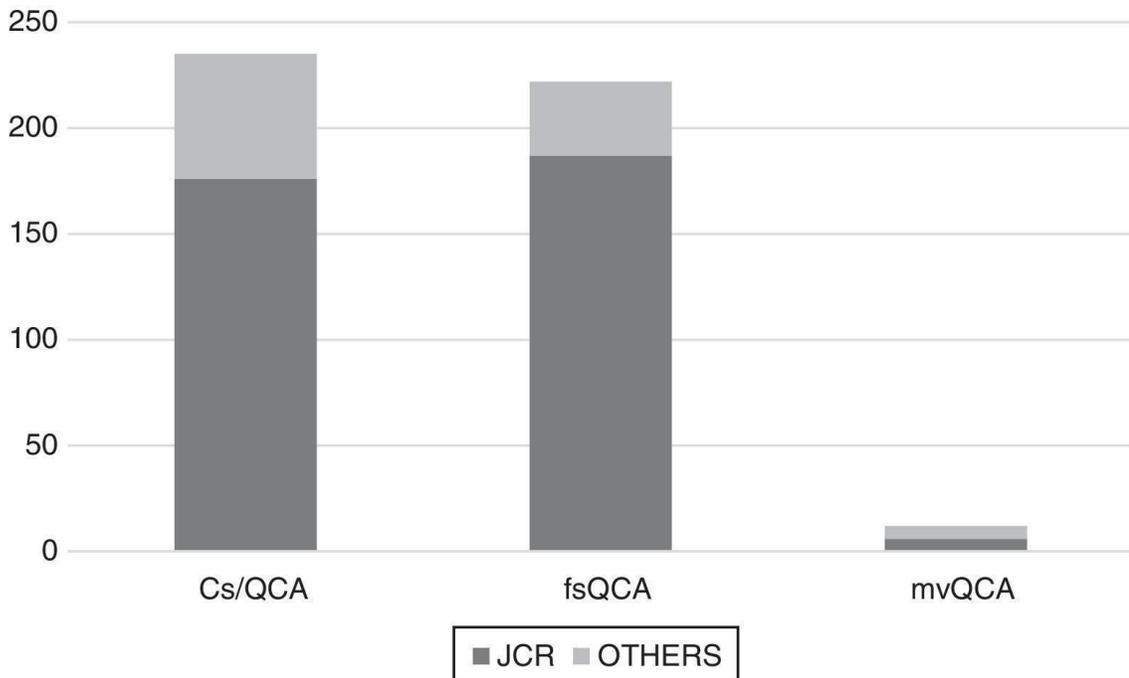
Fonte: Roig-Tierno et al. (2017).

Na figura 28, observa-se que o csQCA é o método mais utilizado nestes artigos. No entanto, o uso de fsQCA não está muito atrás. O que difere é o tempo decorrido desde que cada método foi introduzido. O csQCA foi introduzido em 1987, quando não existia nenhum método semelhante. O fsQCA foi introduzido em 2001 como uma alternativa ao csQCA com menos limitações. De acordo Roig-Tierno et al. (2017) a popularidade limitada do mvQCA é baseada em sua introdução como uma alternativa modesta ao csQCA, que melhorou alguns aspectos relacionados à rigidez, mas não os resolveu completamente.

A comparação dos artigos publicados mostra que o mvQCA representa uma proporção marginal (3%), enquanto fsQCA (47%) e csQCA (50%) são de proporções semelhantes, embora o último tenha sido introduzido muito antes.

Em relação à qualidade e ao impacto dos periódicos em que os artigos foram publicados, dos 469 artigos analisados, aproximadamente 80% foram publicados em periódicos indexados no Social Science Citation Index (SCI). Apenas 20% foram publicados em revistas não SCI. Assim, pode-se concluir que a metodologia é relevante no campo científico, dado o prestígio acadêmico dos periódicos que publicam essas contribuições. A figura 29 mostra o número de artigos publicados com base em diferentes versões do QCA, em periódicos SCI e não SCI. Mostra que embora haja um elevado número de artigos publicados com o método csQCA, o número com fsQCA publicado em periódicos indexados é ainda maior. No caso do mvQCA, os dados são insignificantes e apenas um pouco mais da metade dos artigos publicados foram em periódicos do SCI.

Figura 29: Metodologias utilizadas e indexação das revistas.

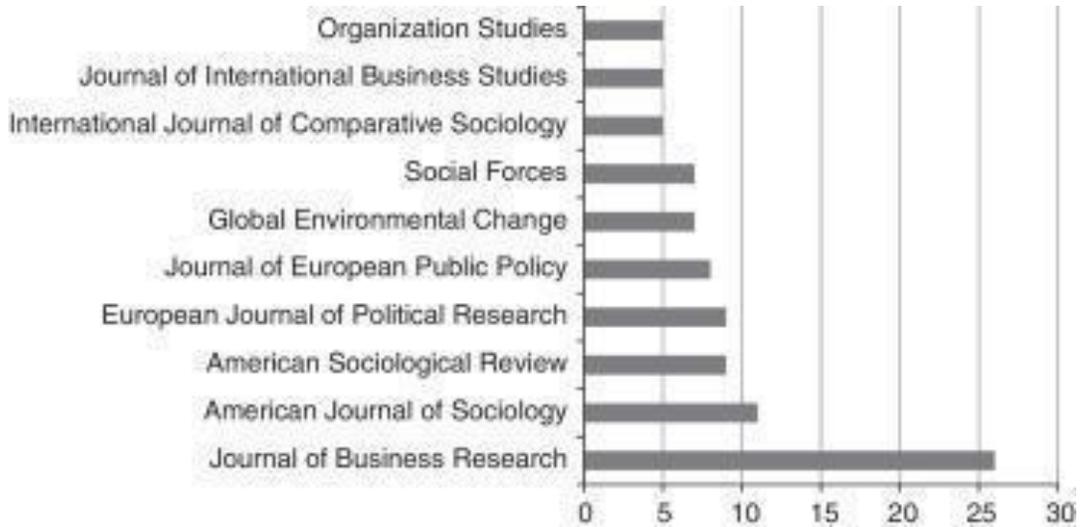


Fonte: Roig-Tierno et al. (2017).

Por fim, os autores analisaram os periódicos que mais publicam artigos com esse método de pesquisa. A figura 30 mostra os títulos com maior número de artigos publicados com esta

metodologia. Vale ressaltar que o Journal of Business Research, periódico de economia e negócios, se destaca com 26 artigos publicados nesta área, a maioria em 2014 e 2015.

Figura 30: Revistas com maior número de artigos que empregam QCA.



Fonte: Roig-Tierno et al. (2017).

Esse cenário pesquisado recentemente por Roig-Tierno et al. (2017) denota a relevância dessa metodologia que apesar do pouco tempo de criação encontrou o necessário refinamento para o reconhecimento da comunidade científica como uma ferramenta de grande valor.

3.2. O fuzzy-set QCA (fsQCA)

Este estudo usará uma análise baseada no método da QCA, que continua sendo aperfeiçoado por Charles Ragin e outros pesquisadores. O QCA foi originalmente criado para facilitar a pesquisa em ciência política e sociologia histórica. Os tipos de análises para os quais foi desenvolvido envolviam tipicamente a comparação de estados-nação uns com os outros; este é um cenário clássico de pequenos casos, onde o número de exemplos de um fenômeno é pequeno (por exemplo, países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico-OCDE) e o número de variáveis que podem explicar um determinado resultado, este podendo ser grande (por exemplo, os fatores que dão origem à criação de estados de bem-estar generosos) (RAGIN, 2008).

Uma característica que distingue o QCA dos métodos estatísticos tradicionais é que ele adota uma perspectiva de caso em vez de variável em sua análise. Essa tratativa transcende a divisão qualitativa/quantitativa, mudando o foco da investigação do estudo individual para as diferentes configurações de intervenção, tais como o participante e as características contextuais que, juntas, são responsáveis pela intervenção resultante ou não resultante no resultado de interesse.

O QCA, na sua forma clássica, usa a lógica booleana em vez dos métodos tradicionais de correlação para estabelecer condições causais fortemente relacionadas a um determinado resultado (RAGIN; FISS, 2008; RAGIN, 2000; RAGIN, 2008). A base da abordagem configuracional da QCA é a análise das causas suficientes e necessárias para produzir um resultado. Uma condição é necessária se estiver presente em todas as instâncias do resultado. Uma condição será suficiente se um determinado resultado surgir sempre que a condição estiver presente (RAGIN, 2008; SCHNEIDER; WAGEMANN, 2012). No entanto, podem existir outras condições que conduzam ao mesmo resultado, ou seja, podem existir múltiplas causas suficientes (RAGIN, 2008).

Existem dois conceitos-chave relacionados ao QCA, consistência e cobertura. A consistência se refere à frequência de configurações causais de composição semelhante que resultam no mesmo valor de resultado. Se a consistência de uma configuração for baixa, não é suportada por evidências empíricas. Portanto, deve ser considerado menos relevante do que outras configurações com maior consistência. A cobertura se refere ao número de casos para os quais uma configuração é válida. Ao contrário da consistência, o fato da cobertura de uma configuração ser baixa não implica menos relevância. Nos casos em que um resultado ocorre por meio de múltiplas configurações causais,

uma única configuração pode ter baixa cobertura, mas, no entanto, pode ser útil para explicar um conjunto que causa um determinado resultado (RAGIN, 2000; WOODSIDE; ZHANG, 2012). Para organizar as diferentes configurações causais que levam a um determinado resultado, são utilizadas tabelas-verdade (RAGIN, 2008). Cada linha da tabela representa uma configuração das condições que produzem um determinado resultado. O número de linhas em uma tabela verdade é definido pela expressão 2^k , onde k é o número de condições causais. Os limites de frequência podem ser definidos para determinar as condições que fazem parte da pesquisa e aquelas que não são, de acordo com sua relevância.

As duas variantes mais comuns de QCA são fuzzy-set (fsQCA) e crisp-set (csQCA). Nesse estudo será usada a variante fsQCA, aonde devido a aplicação da lógica difusa são permitidas associações parciais nos conjuntos.

Seguindo Ragin (2008), o fsQCA atribui valores de adesão a condições em uma escala de 0,0 (não adesão) a 1,0 (adesão plena), com 0,5 como o ponto de cruzamento ou ponto de ambiguidade máxima. Esta alocação é conhecida como calibração definida. Cada configuração de condições causais pode ser representada como um canto em um espaço gráfico. Assim, uma configuração com valores altos para todas as suas condições em uma representação de uma tabela com 22 linhas ocupará um ponto próximo ao canto superior direito de um gráfico com quatro quadrantes. No entanto, em uma representação que inclui configurações, alguns dos cantos podem estar vazios, uma vez que algumas configurações de condição causal não ocorrem na realidade que representam.

Uma das principais tarefas a serem realizadas antes de estabelecer as configurações causais é a definição das condições. Os pesquisadores devem garantir que essas condições sejam relevantes para o estudo de um resultado com base na teoria e nos estudos realizados em determinado campo de especialização. Além disso, as condições selecionadas devem ser validadas para a totalidade ou a maioria da população que constitui o estudo, e os critérios de avaliação devem ser aplicáveis a elas.

A variante fsQCA, ao contrário do csQCA, não foi projetada originalmente para detectar e analisar contradições nas configurações causais. No csQCA, as condições com baixos níveis de consistência ou cobertura em relação às condições suficientes são eliminadas, visto que seu valor

é sempre 0 (RAGIN, 2000; WOODSIDE; ZHANG, 2012). O fsQCA aceita as condições com baixos níveis de adesão a uma dada condição. Esta característica permite que as soluções de aplicação do QCA sejam baseadas em condições irrelevantes. Em outras palavras, para calcular a consistência ou cobertura na fórmula para a variante csQCA, a inclusão de condições irrelevantes para consistência ou cobertura se torna menos importante, pois essas condições não alteram o resultado (que é sempre 0). No entanto, as condições irrelevantes em fsQCA para o cálculo de consistência e cobertura podem assumir valores diferentes de 0, mas menores que 0,5. Portanto, isso muda o resultado.

O problema das condições irrelevantes leva à consideração de falsos positivos. Para resolver esse problema, Schweltnus (2013) propõe um método de cálculo de consistência e cobertura que exclui esses valores.

Segundo Schweltnus (2013), a Redução Proporcional na Consistência (PRI) é a melhor opção para o fsQCA, uma vez que foi desenvolvido por Ragin (2008) e tem sido aplicado ao fsQCA. Segundo Braumoeller (2015), a solução para os falsos positivos é uma adaptação a um teste de troca dos requisitos do QCA, ajustando o índice de erro Tipo 1 (falsos positivos) de cada teste individual de forma a incluir os testes de múltiplas hipóteses e garantir um FWER (taxa de erro familiar) de acordo com os padrões do campo de investigação.

Além disso, Rubinson (2013) relaciona os problemas de contradições e falsos positivos e propõe medidas que evitam esses problemas, tais como: modificar os dados, codificar a coluna de resultados ou modificar os parâmetros da análise.

De acordo com Rihoux e Ragin (2009), existem os seguintes estágios em um QCA: construção da matriz de dados, construção de uma tabela-verdade, minimização lógica e interpretação. Na seção seguinte mostrar-se-á a construção desses estágios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estágio I: Construção da matriz de dados

Para a construção da matriz de dados será utilizado o software Excel 2016. Nessa montagem será necessário suprir quatro etapas, a primeira é a definição do número de casos, aonde a premissa é examinar os modelos de governança em segurança de barragens de contenção de rejeitos que compartilham um determinado resultado; posteriormente segue-se com a definição do resultado, na teoria dos conjuntos essa seria a variável independente, contudo Ragin (2008) adota o uso da denominação resultado, em especial, pelo fato de ser desraigado do julgamento precoce das ciências exatas; em seguida a definição do resultado, se definem as condições causais, que segundo Ragin (2008) devem ser subconjuntos consistentes do conjunto resultado; por fim, executa-se a montagem e calibração da matriz de dados, a calibração é uma etapa refinada no qual o pesquisador atribuirá conforme seu conhecimento um grau de pertinência de casos em conjuntos, com pontuações variando de 0,0 a 1,0.

4.1.1. Construção da matriz de dados: Definição do número de casos

Os casos muitas vezes devem ser selecionados para procurar identificar semelhanças em um conjunto de casos. Geralmente, na QCA, a seleção deve se concentrar em um número relativamente pequeno de casos escolhidos intencionalmente para que possa ser possível uma comparação qualitativa (RAGIN, 2008). Ragin (2008) recomenda a escolha de até 50 casos. O requisito da intencionalidade dessa metodologia proposta por Ragin (2008) deve ser focado na busca de pontos em comum. Por que procurar pontos em comum? Eles são sugestivos de importantes conexões empíricas que tendem a esclarecer fatos e demonstrar caminhos que levam a um resultado. Além disso, de acordo com a orientação (RAGIN, 2000, 2008) os casos precisam ser selecionados com base nas semelhanças e essas precisam ser o suficiente para serem comparáveis. Outrossim, cabe destacar que os pesquisadores devem buscar casos com resultados positivos e negativos.

Nesse sentido, para atender ao requisito da intencionalidade será primariamente definido o critério que orientou a escolha dos modelos pertencentes a pesquisa e que possam possibilitar uma comparação qualitativa. Esse critério (CRI1) será focado em encontrar entes públicos estaduais e/ou federais que tenham modelos para trabalhar com a governança de risco em barragens de contenção de rejeitos. Além disso, cabe destacar que o objetivo da pesquisa é identificar o grau de

presença da teoria de Governança de Risco na Lei de Segurança de Barragens, logo o primeiro caso que integrará essa análise será a própria Lei de Segurança de Barragens (LSB).

Para iniciar esse processo de seleção dos entes públicos estaduais e/ou federais foi recorrido ao banco de dados Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) instituído pela do Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei 12.334/2010) e atualmente é gerido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Esse sistema reúne o cadastro de barragens de usos múltiplos da água, de geração de energia elétrica, de contenção de resíduos industriais e de contenção de rejeitos de mineração, abrangendo tanto as que são submetidas à lei, quanto as que não são.

Consultou-se o banco de dados do SNISB (2022) e foi possível obter oito entes que possuem a competência de conduzir a governança em barragens de contenção de rejeitos, entres eles, dois federais e seis estaduais. O primeiro é a ANM, Agência que possui as barragens contenção de rejeitos de mineração sob sua tutela de fiscalização; em segundo, tem-se a CNEN, Comissão que tem sob sua responsabilidade as barragens de contenção de rejeitos de mineração radioativos, atualmente o Brasil dispõe de apenas uma barragem desse tipo; em terceiro, tem-se a SEMAS/PA, Órgão do estado do Pará que possui responsabilidade sobre as barragens de contenção de rejeitos industriais; em quarto, tem-se INEMA/BA, Órgão que abrange as barragens de contenção de rejeitos industriais do estado da Bahia; em quinto, SEMA/MA, esse Órgão está responsável pelas barragens de contenção de rejeitos industriais do estado do Maranhão; em sexto, tem-se a SEMAD/MG, Órgão de Minas Gerais que possui a competência com as barragens de contenção de rejeitos industriais; em sétimo, a CETESB/SP que é Companhia que abarca a responsabilidade com as barragens de contenção de rejeitos industriais de São Paulo; e por fim, a NATURATINS/TO, Instituto pertencente ao estado do Tocantins que possui a competência das barragens de contenção de rejeitos industriais desse estado. Como é possível observar, as barragens de contenção de rejeitos de mineração são competência da ANM e as barragens de contenção de rejeitos industriais são competência dos órgãos estaduais.

Tabela 13: Casos que integram a pesquisa segundo o critério estabelecido

Entidade		Atuação
1	LSB	Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e Industriais

2	ANM	Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração
3	SEMAS/PA	Barragens de Contenção de Rejeitos Industriais
4	INEMA/BA	Barragens de Contenção de Rejeitos Industriais
5	SEMA/MA	Barragens de Contenção de Rejeitos Industriais
6	SEMAD/MG	Barragens de Contenção de Rejeitos Industriais
7	CETESB/SP	Barragens de Contenção de Rejeitos Industriais
8	NATURATINS/TO	Barragens de Contenção de Rejeitos Industriais

Fonte: Autor.

Conforme observado na tabela 13, inicialmente foram identificados 8 casos, porém o caso referente a CNEN foi retirado por ser o único caso em todo território nacional a abranger apenas 1 barragem de uso estritamente específico e controlado, logo, foram selecionados 7 casos que possuíam similaridades que são suficientes para permitir uma comparação com a Lei de Segurança de Barragens.

4.1.2. Construção da matriz de dados: Definição do resultado

Essa é a próxima etapa. A lógica da metodologia QCA usa fundamentos da teoria dos conjuntos, sendo um dos aspectos essenciais o conceito de resultado (variável independente). Em suma, o resultado é o fruto de uma associação de condições. Nessa pesquisa o resultado está diretamente relacionado ao objetivo e será o grau de presença da teoria de Governança de Risco no modelo analisado (GIPS).

Para a determinação do GIPS no modelo de Governança de Risco dos casos selecionados será necessário a adoção de uma expressão matemática que consiga sintetizar de forma ponderada as variáveis que compõem esse indicador. Nesse sentido, a média aritmética se apresenta como uma solução interessante por permitir que haja a determinação desse resultado de forma simples e equitativamente distribuída. Sendo assim, se utilizará a equação A1 de forma generalista. Esse indicador (GIPS) variará de 0 a 1, aonde os valores mais próximos de 0 representa ausência da teoria e valores mais próximos de 1 indicaram a presença dela no modelo de governança de risco.

$$GIPS = \frac{(N_1) + (N_2) + \dots + (N_n)}{(\Sigma Qt)} \text{ (Equação A1)}$$

Na Equação A1, o termo N1, N2, Nn representam a pontuação relacionado a determinada condição causal e o termo ΣQt representa o somatório da quantidade total de casos utilizados. Após esse procedimento, se o GIPS for do valor 0 indica que há total ausência da teoria no caso, 0.3

indica que há mais ausência do que presença, 0.5 indica que há uma mediana ausência e presença, 0.7 representa que há mais presença do que ausência da teoria de Governança de Risco e 1 representa que há total presença da teoria no caso. A tabela 14 expressa essa relação.

Tabela 14: Nível de presença ou ausência da participação social da condição

Pontuação	Nível de presença/ausência
0	Totalmente ausente
0,3	Mais ausente do que presente
0,5	Medianamente ausente e presente
0,7	Mais presente do que ausente
1	Totalmente presente

Fonte: Autor.

4.1.3. Construção da matriz de dados: Definição das condições causais

A terceira etapa, será a construção da matriz de dados. Fundamenta-se numa das premissas basilares do QCA, na qual expressa que as condições ou combinações de condições relevantes sejam subconjuntos consistentes do conjunto resultado. Partindo desse pressuposto e o que fora discutido, rememora-se que essa pesquisa tem por objeto principal verificar se a Lei de Segurança de Barragens possui algum grau de presença da Teoria de Governança de Riscos, dessa forma foi buscada uma referência no âmbito da Governança de Risco. E nesse sentido, existe um modelo que foi informado anteriormente e baseia-se nas abordagens atuais de Governança de Risco, sendo o resultado de esforços colaborativos de um grande número de pessoas. Esse é o modelo de Governança de Risco do IRGC.

Nesse modelo de governança de risco existem 5 condições causais que quando presentes permitem concluir que há presença da governança de risco. A primeira condição causal é a pré-avaliação, etapa que é produzida a partir de 4 parâmetros/indicadores. O primeiro é o enquadramento que neste contexto engloba a seleção e interpretação de fenômenos como tópicos de risco relevantes (GOODWIN; WRIGHT, 2014). O processo de enquadramento, muitas vezes, já faz parte da estrutura de governança, uma vez que agências oficiais (por exemplo, agência nacional de mineração), produtores de riscos e oportunidades (como a indústria da mineração), aqueles afetados por riscos e oportunidades (como organizações sociais) e espectadores interessados (como a mídia ou uma elite intelectual) estão todos envolvidos e muitas vezes estão em conflito uns com os outros ao enquadrar a questão. O que é entendido como risco cabalmente

tende a variar entre esses grupos de atores. Por exemplo, a população local pode sentir que uma barragem de contenção de rejeitos representa um risco por achar que a estrutura pode contaminar o lençol freático que abastece várias residências, enquanto a indústria pode se preocupar com a baixa do preço do minério de ferro que pode reduzir o lucro da empresa e causar corte de investimento no setor interno que lida com a segurança da barragem. Grupos ambientalistas podem estar preocupados com os riscos de ruptura de uma barragem que podem destruir todo um ecossistema. Se um consenso emerge sobre o que requer consideração como um risco relevante depende da legitimidade da regra de seleção (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

De acordo com Renn (2008b) a aceitação das regras de seleção depende de duas condições. A primeira é que todos os atores precisam concordar com o objetivo subjacente (muitas vezes legalmente prescrito, como elaboração de Plano de Ação Emergencial e treinamentos com a população local). Em segundo, eles precisam concordar com as implicações derivadas do estado atual do conhecimento (se, e/ou em que grau, o perigo identificado afeta o objetivo desejado). Mesmo dentro dessa análise preliminar, a discordância pode resultar de valores conflitantes, bem como de evidências conflitantes e, em particular, da combinação inadequada dos dois. Valores e evidências podem ser vistos como os dois lados de uma moeda: os valores governam a seleção da meta, enquanto a evidência governa a seleção de alegações de causa e efeito. Ambos precisam ser devidamente investigados ao analisar a Governança de Risco; mas é de particular importância entender os valores que moldam os interesses, percepções e preocupações dos diferentes stakeholders, bem como identificar métodos para capturar como essas preocupações podem influenciar ou impactar o debate sobre um risco específico. A avaliação real desses impactos deve então ser efetuada da maneira mais profissional, incluindo a caracterização de incertezas (KOEHLER; HARVEY, 2004).

Um segundo parâmetro dentro da condição causal de pré-avaliação, diz respeito aos meios institucionais de alerta precoce e monitoramento. Esta tarefa se refere a instituições governamentais, empresariais ou da sociedade civil que identificam eventos ou fenômenos incomuns (por exemplo, índices climáticos, monitoramento da qualidade ambiental e etc.) para detectar novos riscos emergentes, ajudando a fornecer algumas informações iniciais sobre a extensão ou gravidade desses riscos. Além disso, são necessários esforços públicos para monitorar o ambiente quanto a riscos recorrentes ou riscos em evolução recente. Muitos países enfrentam

problemas em monitorar o meio ambiente em busca de sinais de riscos. Isso geralmente se deve à falta de esforços institucionais para coletar e interpretar sinais de risco, bem como deficiências na comunicação entre aqueles que procuram os primeiros sinais. A catástrofe do tsunami de 2004 na Ásia (RAHADIANA et al., 2014) fornece um exemplo mais do que revelador da discrepância entre a possibilidade de recursos de alerta precoce e a decisão de instalá-los ou usá-los. Portanto, é importante observar as atividades de alerta precoce e monitoramento ao investigar a Governança de Risco (RENN, 2008b; IRGC, 2017).

Os dois últimos parâmetros da pré-avaliação (exame prévio e determinações das convenções científicas), surgem da necessidade da seleção de convenções e regras processuais necessárias para uma avaliação abrangente do risco. Segundo Renn (2008b), tais convenções cobrem convenções científicas, jurídicas, políticas, sociais ou econômicas existentes. Qualquer avaliação desse tipo é baseada em julgamentos ou convenções previamente informadas, articulados pela comunidade científica, jurídica ou outros órgãos relacionados as políticas públicas que lidam com essa temática.

A segunda condição causal é a classificação de risco. Essa importante condição é dividida em 6 parâmetros/indicadores. Essa condição causal desenvolve e sintetiza a base de conhecimento para a decisão sobre se um risco deve ou não ser assumido e/ou gerenciado e, em caso afirmativo, quais opções estão disponíveis para prevenir, mitigar, adaptar ou compartilhar o risco. Renn (2008b) afirma que a Classificação de Risco vai além da avaliação de risco científica convencional.

Segundo Renn (2008b) esse processo de Classificação de Risco é (e deve ser claramente) dominado por análises científicas; mas, em contraste com o modelo tradicional de Governança de Risco, o processo científico inclui tanto as ciências físicas/técnicas quanto as sociais/humanas. Projeta-se a Classificação de Risco como tendo dois estágios de processo: no primeiro, profissionais das ciências físicas (como toxicologia, epidemiologia, engenharia, ciências naturais e etc) usam suas habilidades para produzir a melhor estimativa do dano físico que uma fonte de risco pode induzir. Essa fase corresponderia aos 3 parâmetros iniciais (Identificação e estimativa do perigo; Avaliação da exposição e vulnerabilidade; Estimativa do risco); e na segunda fase, profissionais das ciências humanas e sociais (como sociologia, psicologia, ciências políticas, antropológicas, comportamentais e etc) identificam e analisam as questões que os indivíduos ou a sociedade como um todo vinculam a um determinado risco. Para tanto, pode-se utilizar de amplo repertório de técnicas científicas, como métodos de pesquisa em grupos focais, análises

econométricas, modelagem macroeconômica, audiências estruturadas com stakeholders e etc. Essa fase corresponderia aos 3 parâmetros finais (Percepção do risco; Preocupação social; Impactos socioeconômicos) (LEINFELLNER; KÖHLER, 1974; RENN, 2008b; IRGC, 2017).

A terceira condição causal é a análise do risco. Essa importante condição é dividida em 5 parâmetros/indicadores. De acordo com Renn (2008b) é o aspecto mais controverso do manejo de riscos, pois se refere ao processo de delinear e justificar um julgamento sobre a tolerabilidade ou aceitabilidade de um determinado risco. Essa análise, trata-se de um processo de comparação do resultado da Classificação de Risco (Avaliação Objetiva e Subjetiva do Risco) com critérios específicos, para determinar a significância e aceitabilidade do risco bem como preparar para decisões.

Os três primeiros parâmetros/indicadores dessa condição causal (Perfil do risco; Julgamento da seriedade acerca do risco; e Opções de redução do risco e conclusões) estão inseridos em várias dimensões (IRGC, 2017), que influenciam a forma como são analisados e geridos. Durante a fase de Classificação de Risco, uma quantidade considerável de conhecimento é desenvolvida sobre um risco. Esse conhecimento é importante para caracterizá-lo como predominantemente simples, complexo, incerto ou ambíguo, ou de acordo com IRGC (2017), na maioria das vezes uma combinação deles. Isso pode ajudar no planejamento da participação das partes interessadas no processo de governança de risco e no projeto de estratégias de gerenciamento de risco.

Os dois últimos parâmetros/indicadores (Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco; e Necessidades de medidas de redução do risco), são a essência da análise do risco, Renn (2008b) reforça que para fazer esse julgamento, as evidências baseadas na Classificação de Risco devem ser combinadas com uma análise completa de outros fatores, como valores sociais, interesses econômicos e considerações políticas. Após essas considerações, o risco é avaliado como aceitável, se a redução de risco for considerada desnecessária; tolerável, se o risco puder ser perseguido por causa de seus benefícios associados, mas sujeito a medidas apropriadas de redução dele; e por fim, intolerável, aonde deve ser simplesmente evitado, ou seja, nenhuma medida de redução de risco pode torná-lo tolerável (IRGC, 2017).

A quarta condição causal é o gerenciamento do risco. Essa penúltima condição causal é dividida em 6 parâmetros/indicadores. Esses parâmetros (Execução das opções; Monitoramento e controle; Feedback das práticas de gerenciamento do risco; Identificação e produção de opções; Avaliação das opções; Análise e seleção das opções) sintetizam como a gestão de risco começa partindo de uma revisão de todas as informações relevantes, particularmente da Classificação de Risco. Essas informações, juntamente com os julgamentos feitos na fase de Análise do Risco, formam o material de entrada sobre o qual as opções de gerenciamento de riscos são avaliadas, analisadas e selecionadas.

Por fim, A quinta condição causal são os aspectos transversais. No modelo de governança de risco do IRGC, loca-se no centro e atravessa as quatro condições causais desse framework. O IRGC (2017) acrescenta esses três aspectos que são críticos para o sucesso de cada processo de governança de risco: o papel crucial da comunicação aberta, transparente e inclusiva; a importância de envolver as partes interessadas para avaliar e gerenciar os riscos; e a necessidade de lidar com o risco de uma forma que considere plenamente o contexto social do risco e da decisão que será tomada.

Na tabela 15, são destacadas na segunda coluna as condições causais que dizem respeito a presença da Governança de Risco e na última coluna dessa tabela os parâmetros/indicadores que permitem mensurar a presença de cada condição causal.

Tabela 15: Condições causais do Modelo de Governança de riscos do IRGC

Condições Causais		Parâmetros/Indicadores	
1	Pré-avaliação	1	Enquadramento do problema
		2	Alerta precoce
		3	Exame prévio
		4	Determinações das convenções científicas
2	Classificação do risco	1	Identificação e estimativa do perigo
		2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade
		3	Estimativa do risco
		4	Percepção do risco
		5	Preocupação social
		6	Impactos socioeconômicos
3	Análise do risco	1	Perfil do risco
		2	Julgamento da seriedade acerca do risco
		3	Opções de redução do risco e conclusões
		4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco
		5	Necessidades de medidas de redução do risco
4	Gerenciamento de risco	1	Execução das opções
		2	Monitoramento e controle
		3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco
		4	Identificação e produção de opções
		5	Avaliação das opções
		6	Análise e seleção das opções
5	Aspectos transversais	1	Comunicação
		2	Engajamento dos interessados
		3	Contexto

Fonte: IRGC (2017).

4.1.4. Construção da matriz de dados: Montagem e Calibração da Tabela de Dados

4.1.4.1. Introdução ao processo de calibração

Antes de iniciarmos a montagem da matriz de dados é importante responder à questão do por que calibrar? Ragin (2008) reforça que os conjuntos difusos são relativamente novos para as ciências. A primeira introdução abrangente de conjuntos fuzzy foi nas ciências sociais e foi oferecida por Michael Smithson em 1987. No entanto, as aplicações eram poucas e distantes entre

si até que os princípios básicos da análise de conjuntos fuzzy foram elaborados por meio de análise comparativa qualitativa (RAGIN, 2000), um sistema analítico que é fundamentalmente definido como teórico, em oposição ao correlacional, tanto na inspiração quanto no design. O casamento desses dois produz o QCA de conjunto difuso (fsQCA), uma família de métodos que oferece aos cientistas uma alternativa aos métodos quantitativos convencionais, que são baseados quase exclusivamente no raciocínio correlacional.

A chave para a análise de conjuntos fuzzy úteis são os conjuntos fuzzy bem construídos, que por sua vez levantam algumas questões relacionadas a calibração, tais como, de que forma um pesquisador calibra o grau de filiação em um conjunto, por exemplo, o conjunto dos países que possuem classificação de risco para barragens de rejeitos? Como esse conjunto deve ser definido? O que constitui uma adesão plena? O que constitui uma não adesão plena? Como seria um país com 0.75 membro neste conjunto (mais dentro do que fora, mas não totalmente dentro)? Como esse conjunto seria diferente de algum com 0.9? A mensagem principal é que os conjuntos fuzzy, ao contrário das variáveis convencionais, devem ser calibrados. Como devem ser calibrados, eles são superiores em muitos aspectos às medidas convencionais, visto que são usados hoje nas ciências, tanto em aspectos quantitativos quanto qualitativos. Em essência, os conjuntos fuzzy oferecem um caminho intermediário entre a medição quantitativa e qualitativa. No entanto, esse caminho do meio não é um compromisso entre os dois; em vez disso, transcende muitas das limitações de ambos (RAGIN, 2008).

Entendido a importância da calibração, segue-se a outra pergunta, o que é a calibração? A calibração é uma prática de pesquisa necessária e rotineira em campos como química, astronomia, física e etc (RAGIN, 2008). Nessas e em outras ciências, os pesquisadores calibram seus dispositivos de medição e as leituras que esses instrumentos produzem, ajustando-os para que correspondam ou estejam em conformidade com padrões conhecidos de forma confiável. Esses padrões tornam as medições diretamente interpretáveis. Uma temperatura de 20° Celsius é interpretável porque está situada entre 0 graus (água congela) e 100 graus (água ferve). Em contraste, a calibração de medidas de acordo com padrões acordados é relativamente rara nas ciências sociais. A maioria dos cientistas sociais se contenta em usar medidas não calibradas, que simplesmente mostram as posições dos casos em relação uns aos outros. As medidas não calibradas, no entanto, são claramente inferiores às medidas calibradas. Com uma medida de

temperatura não calibrada, por exemplo, é possível saber que um objeto possui uma temperatura superior a outro ou mesmo que possui uma temperatura superior à média para um determinado conjunto de objetos, mas ainda não se sabe se está quente ou frio, pois ainda não se definiram os limites para o que é conceituado como quente e frio (RAGIN, 2008).

Dessa forma, segundo Ragin (2008) a calibração quando aplicada em conjuntos fuzzy permite precisão. Se apresenta na forma de avaliações quantitativas do grau de associação do conjunto, que pode variar de uma pontuação de 0,0 (exclusão total de um conjunto) a 1,0 (inclusão total). O conhecimento substantivo fornece os critérios externos que tornam possível calibrar as medidas. Esse conhecimento indica o que constitui afiliação plena, não afiliação total e o ponto em que os casos estão mais em um determinado conjunto do que fora (RAGIN, 2000).

4.1.4.2. Subetapa I: Calibrando As Condições Causais

As condições causais foram definidas anteriormente e o primeiro passo da calibração será aplicado nessas 5 condições. Nesse sentido, destaca-se que nos 7 casos selecionados para ajudar na comparação com a Lei de Segurança de Barragens, buscou-se identificar se as 5 condições prescritas no modelo de Governança de Risco do IRGC estavam presentes ou ausentes nos modelos de governança adotados pelos casos analisados. Para isso, reitera-se que Ragin (2008), sugere idealmente cinco pontos de calibração e para esse, estudo usar-se-á cinco pontos que variaram de 0 a 1 e estão resumidos na tabela 16. A pontuação 0 representa a ausência total da condição causal no modelo do caso em referência. A pontuação 0.3 representa mais ausente do que presente. A pontuação 0.5 representa nem totalmente ausente e nem totalmente presente, ou seja, um ponto medianamente ausente e presente. A pontuação 0.7 representa mais presente do que ausente. Por fim, a pontuação 1 representa totalmente presente.

Tabela 16: Pontuação calibrada do nível de presença/ausência

Pontuação	Nível de presença/ausência
0	Totalmente ausente
0.3	Mais ausente do que presente
0.5	Medianamente presente e ausente
0.7	Mais presente do que ausente
1	Totalmente presente

Fonte: autor.

Após a definição dessas pontuações, foi desenvolvida a métrica de aplicação da calibração. Para executar esse processo foi elaborado o questionário expresso na tabela 17. Esse questionário foi criado para padronizar as atribuições das pontuações para cada caso. O funcionamento dele se baseia no modelo de Governança de Risco do IRGC, na qual cada uma das cinco condições causais tem seus respectivos indicadores e para eles foi atribuída apenas a condição de presente ou ausente. Quando ocorre o parâmetro ausente é atribuída o grau de valor 0 para esse indicador e quando há a presença é atribuída a pontuação indicada na coluna “ caso presente” e que se fundamenta numa divisão proporcional em função da quantidade de indicadores que há na condição causal. Por fim, para se calcular a pontuação da condição causal, executa-se uma soma dos valores obtidos para cada um dos respectivos indicadores. A respeito do julgamento dos graus, foi considerado o conhecimento que existe sobre cada um dos casos, conforme orienta Renn (2008b) ao expressar que a metodologia fsQCA se fundamenta no conhecimento substancial que o pesquisador possui do problema em análise.

Tabela 17: Questionário padrão de suporte a calibração das condições causais

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	
Data:	

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parâmetro pontuação da dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação (PA)	Grau Unitário		P	A
		Caso ausente (A)	Caso presente (P)		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25		
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25		
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25		
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25		
Pontuação da Dimensão					

Dimensão II	Classificação do risco (CR)	Grau Unitário		P	A
		Caso ausente (A)	Caso presente (P)		

DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17		
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17		
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17		
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17		
Pontuação da Dimensão					

Dimensão III	Análise do Risco (AR)	Grau Unitário		P	A
		Caso ausente (A)	Caso presente (P)		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20		
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20		
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20		
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20		
Pontuação da Dimensão					

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco (GR)	Grau Unitário		P	A
		Caso ausente (A)	Caso presente (P)		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17		
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17		
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17		
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17		
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		
Pontuação da Dimensão					

Dimensão V	Aspectos transversais (AT)	Grau Unitário		P	A
		Caso ausente (A)	Caso presente (P)		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33		
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		
DV-3	Contexto	0,00	0,33		

Pontuação da Dimensão	
------------------------------	--

Fonte: Autor.

Com a definição dos critérios de calibração foi executada a fase de montagem da matriz de dados sem o resultado (será introduzido posteriormente). Para o entendimento dos casos escolhidos foram recorridos a diversas fontes, em especial legislações federais, estaduais, documentos administrativos (portarias e etc) e especialmente o banco de dados do SNISB mantido pela ANA. No capítulo de fundamentação teórica desse trabalho, dedicou-se a seção 2.5, 2.6 e 2.6.1 para discorrer sobre esses modelos.

Dessa forma, aplicando a métrica de calibração, apresenta-se a tabela 18 com as condições causais calibradas. Além disso, na seção Anexo I desse trabalho, estão inseridos os questionários que subsidiaram a atribuição dos graus para cada uma das condições causais que resultaram na tabela 18.

Tabela 18: Tabela de dados sem o resultado

		CONDIÇÕES CAUSAIS				
		PA	CR	AR	GR	AT
REFERENCI A	IRGC	1	1	1	1	1
CASOS	LSB	1	1	1	1	1
	ANM	1	0,7	0,7	0,5	0,7
	SEMAS/PA	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
	INEMA/BA	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
	SEMA/MA	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
	SEMAD/MG	1	1	1	1	0,7
	CETESB/SP	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
	NATURATINS/T O	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3

Fonte: Autor.

4.1.4.3. Subetapa II: Calibrando o Resultado

Nessa parte do trabalho será construída a coluna resultado na matriz de dados e essa coluna corresponde ao grau de presença da teoria de Governança de Risco no modelo analisado (GIPS),

sendo determinado pela equação A1, aonde o termo N_1, N_2, N_n representam a pontuação relacionado a determinada condição causal e o termo ΣQ_t representa o somatório da quantidade total de casos utilizados atribuída a cada uma das 5 condições causais no processo de calibração discorrido no item 4.1.2.

Finalizada essa etapa de calibração das condições causais, pode-se proceder com a aplicação da equação A1. Para fins metodológicos mostrar-se-á de forma detalhada como ocorreu o cálculo do primeiro resultado da tabela 19, contudo os resultados dos outros 7 casos foram processados com auxílio do software Excel 2016, usando o mesmo processo algébrico.

$$GIPS (LSB) = \frac{(N_1) + (N_2) + \dots + (N_n)}{(\Sigma Q_t)} \text{ (Equação A1)}$$

$$GIPS (LSB) = \frac{[(N_1) + (N_2) + (N_3) + (N_4) + (N_5)]}{[5]}$$

$$GIPS (LSB) = \frac{[1 + 1 + 1 + 1 + 1]}{[5]}$$

$$GIPS (LSB) = \frac{[5]}{[5]}$$

$$GIPS (LSB) = 1$$

Dessa forma, foi calculado o GIPS para cada um dos 8 casos e os valores encontrados foram inseridos na tabela 19.

Tabela 19: Tabela de dados completa com inclusão do outcome calibrado

		CONDIÇÕES CAUSAIS					
		PA	CR	AR	GR	AT	GIPS
C A S O S	LSB	1	1	1	1	1	1,0
	ANM	1	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7
	SEMAS/PA	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
	INEMA/BA	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
	SEMA/MA	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
	SEMAD/MG	1	1	1	1	0,7	1,0
	CETESB/SP	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
	NATURATINS/T O	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3

Fonte: Autor.

4.2. Estágio II: Construção da tabela-verdade

Foi visto anteriormente na fase de construção da matriz de dados que a calibração é a fase em que cada caso recebe uma pontuação, tanto para as condições causais quanto para o resultado, possibilitando dessa forma inferir se ou em que grau os casos são membros dos conjuntos de casos e do resultado. Nessa etapa, por um lado, será investigado os conjuntos de casos que compartilham uma combinação de condições e por outro lado o conjunto do resultado. Para fazer essa avaliação, pode-se usar a tabela-verdade.

A tabela-verdade é a principal ferramenta para analisar a complexidade causal usando o QCA, uma ferramenta que permite comparações estruturadas e focalizadas (RAGIN, 2008b). As tabelas-verdade listam as combinações logicamente possíveis de condições causais e o resultado empírico associado a cada configuração.

A tabela-verdade é produzida a partir da matriz de dados e ambas possuem como similaridade a função de descrever casos em termos de condições e resultados, mas os dados são estruturados de formas diferentes nessas tabelas. As linhas da matriz de dados mencionam pontuações de associações para um caso. Em contraste, as linhas da tabela-verdade descrevem o resultado para

cada combinação possível de condições presentes ou ausentes, para todos os casos que possuem essas combinações.

De forma geral, a tabela-verdade permite identificar as relações de subconjuntos. Nessas relações, os conjuntos de casos exibem uma configuração particular referente ao mesmo resultado. Nesses casos, a configuração pode ser considerada suficiente para o resultado, essa é a principal informação que a tabela-verdade fornece. A tabela-verdade identifica quais linhas dela são suficientes. Por fim, as linhas da tabela-verdade que são consideradas suficientes, serão incluídas na próxima etapa da pesquisa, que será a minimização lógica. Além disso, os dados da tabela-verdade permitem identificar as condições necessárias para o resultado.

A montagem da tabela-verdade ocorre a partir da matriz de dados e se dá em função do número de casos que existem na comparação. Essa construção da tabela-verdade ocorrerá em três etapas, a primeira é a distinção entre as configurações, a segunda será a atribuição de casos a linhas e por fim, a determinação do resultado.

4.2.1. Construção da Tabela-Verdade: Distinção Entre as Configurações

Essa é a primeira fase para construção da tabela-verdade, para isso existe uma fórmula que calcula quantas configurações possíveis existem e que é dada na equação A2, aonde k é quantidade de condições causais, o número 2 representa os dois estados possíveis das condições causais (presente ou ausente) e N é o resultado que será o número de linhas da tabela-verdade.

$$2^k = N \text{ (Equação A2)}$$

No presente estudo, temos 5 condições causais, logo aplicando a equação A2, teríamos $2^5 = 32$ configurações possíveis. Esse quantitativo de configurações possíveis é considerado adequado para o estudo, por isso, Ragin (2008) orienta trabalhar com até 10 condições causais para que possa ser realizado uma análise qualitativa dos casos na comparação, além disso, Ragin (2008) ainda enfatiza que há uma relação desproporcional entre o número de condições causais e a qualidade de análise subjetiva, de tal forma que o autor pondera que quanto mais condições causais são utilizadas na comparação mais simplória será a análise qualitativa dos casos. Sendo assim, cabe reforçar que esse estudo está dentro dessas premissas, já que está trabalhando com 5 condições causais.

Dessa forma, com as 5 condições causais que possibilitaram 32 configurações possíveis, é demasiadamente cansativo proceder manualmente com a análise, contudo, para auxiliar será utilizado o software livre fsQCA 3.0, desenvolvido por Charles C. Ragin em parceria com outros pesquisadores.

4.2.2. Construção da tabela-verdade: atribuição de casos as linhas

O próximo passo para a construção da tabela-verdade é a atribuição de casos para cada linha, esse processo pode iniciar através da resposta a duas perguntas, a primeira é quantos casos tem configurações semelhantes e a segunda, quantas vezes essa configuração ocorre. Para determinar isso é necessário voltar a matriz de dados, expressa na tabela 19, e realizar outros questionamentos, por exemplo, quantos casos têm a configuração em que PA, CR, AR, GR e AT estão presentes? A resposta a essa pergunta seria 2 casos e sendo assim, registra-se o valor encontrado na tabela verdade. Dessa forma, pode-se fazer diversas combinações que totalizam como visto no item anterior um quantitativo de 32.

Essas combinações podem ser feitas manualmente como mostrado acima, contudo em virtude da quantidade de combinações, optou-se por utilizar o software livre fsQCA 3.0. Na tabela 20 é possível observar a tabela-verdade processada com o auxílio desse software e com parâmetros gráficos ajustados com o auxílio do software Excel 2016. A primeira coluna denominada “comb.”, se refere a quantidade de combinações que foram executadas, a coluna seguinte “condições causais”, se refere as 5 condições que foram utilizadas, a coluna “número de casos” se refere a quantidade de casos que compartilham o mesmo resultado e a última coluna denominada de “consistência bruta” se refere a frequência de configurações causais de composição semelhante que resultam no mesmo valor do resultado.

Tabela 20: Tabela verdade sem minimização lógica processada com auxílio do software fsQCA 3.0

Config.	Condições causais					número de casos	consistência bruta
	PA	CR	AR	GR	AT		
1	1	1	1	1	1	2	1
2	0	0	0	0	0	1	0.851852
3	1	0	0	0	0	0	
4	0	1	0	0	0	0	
5	1	1	0	0	0	0	

6	0	0	1	0	0	0
7	1	0	1	0	0	0
8	0	1	1	0	0	0
9	1	1	1	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0
11	1	0	0	1	0	0
12	0	1	0	1	0	0
13	1	1	0	1	0	0
14	0	0	1	1	0	0
15	1	0	1	1	0	0
16	0	1	1	1	0	0
17	1	1	1	1	0	0
18	0	0	0	0	1	0
19	1	0	0	0	1	0
20	0	1	0	0	1	0
21	1	1	0	0	1	0
22	0	0	1	0	1	0
23	1	0	1	0	1	0
24	0	1	1	0	1	0
25	1	1	1	0	1	0
26	0	0	0	1	1	0
27	1	0	0	1	1	0
28	0	1	0	1	1	0
29	1	1	0	1	1	0
30	0	0	1	1	1	0
31	1	0	1	1	1	0
32	0	1	1	1	1	0

Fonte: Autor.

4.2.3. Construção da tabela-verdade: determinação do resultado

O último passo para a construção da tabela-verdade é a determinação do resultado. Essa coluna resultado é determinada com o auxílio da consistência bruta e para os conjuntos fuzzy, a frequência mínima da consistência bruta para que o resultado seja considerado presente é de 0,80, abaixo desse valor considera-se ausente o resultado. Dessa forma, atribuiu-se o número 1 para presente e 0 para ausente.

Com o auxílio do software fsQCA 3.0 foi possível gerar o resultado aplicando essa consistência bruta. A tabela 21 exibe esse resultado.

Tabela 21: Tabela-verdade

Config.	Condições causais					número de casos	consistência bruta	GIPS (Resultado)
	PA	CR	AR	GR	AT			
1	1	1	1	1	1	2	1	1
2	0	0	0	0	0	1	0.851852	1

Fonte: Autor.

4.3. Estágio III: Minimização lógica

Para entender melhor essa última etapa do QCA é interessante rememorar-nos das etapas anteriores principais. Iniciou-se com a montagem e calibração da matriz de dados que objetiva estabelecer quais casos são membros dos conjuntos de resultados e das condições causais. Posteriormente, montou-se a tabela-verdade que ajuda a avaliar as relações estabelecidas. A tabela-verdade estabelece quais conjuntos de casos que compartilham uma combinação de condições e também compartilham o resultado. Estas combinações podem ser consideradas como um subconjunto necessário e suficiente para o resultado. Elas são observadas em linhas da tabela-verdade em que o valor de resultado é 1. Por fim, nessa seção será executada a minimização lógica que possui como objetivo fazer uma comparação sistemática entre as linhas da tabela-verdade com as combinações suficientes e necessárias de condições.

Para um melhor entendimento desse processo, realizar-se-á uma sucinta explicação sobre a teoria envolvida na minimização lógica, segundo Ragin (2008). Inicialmente, as combinações suficientes de condições nas linhas da tabela-verdade são chamadas de expressões primitivas e essas expressões podem ser descritas em uma notação booleana pelo uso de operadores. O primeiro operador é o asterisco (*) e ele denota o sentido de “e”, por exemplo, se tem uma condição $A*B$, então entende-se que tenho A e B. O segundo operador utilizado é o sinal de mais (+) que denota o sentido de “ou”. O terceiro operador é o til (~) que expressa o sentido de “não”, utilizado quando ocorre a ausência de condição, por exemplo, se tem a expressão $\sim A$, significa que não tem uma determinada condição A. Por fim, o último operador utilizado é a seta (\rightarrow) que denotará a conexão e suficiência entre as condições e o resultado, por exemplo, $A \rightarrow Y$, significa que a condição A é suficiente para o resultado Y. Esses quatro operadores são resumidos na tabela 22.

Tabela 22: Principais operadores lógicos utilizados na minimização lógica.

Operador	Significado	Exemplo
*	E	$A*B$, significa que a condição A e B estão relacionadas
+	OU	$A+B$, significa que será a condição A ou a condição B, não podendo ser as duas.
~	NÃO	$\sim A*B$, significa que a condição A está ausente, ou seja, apenas presente a condição B.
→	CONEXÃO	$A \rightarrow Y$, significa que a condição A é suficiente para o resultado Y

Fonte: adaptado de Ragin (2008).

Observado esses operadores lógicos que serão utilizados na minimização lógica, destaca-se que o objetivo dessa etapa é encontrar uma notação mais simples das expressões primitivas, simplesmente com menos operadores e sem elementos redundantes. Pode-se levantar uma questão, como isso é possível? A resposta, segundo Ragin (2008), é através da comparação pareada entre as expressões primitivas. A lógica dessa comparação pode ser descrita da seguinte forma, se duas expressões primitivas diferem em uma condição que está presente em uma expressão e ausente na outra, então essa condição não contribui para a ocorrência do resultado. Então essa condição é logicamente redundante. Para melhor entendimento, pode-se citar o exemplo da figura 31, nela é possível verificar a notação booleana com os operadores mostrados na tabela 22. A tarefa se resume em encontrar pares de expressões primitivas que diferem em apenas uma condição, ou seja, a condição deve estar presente numa expressão e ausente em outra, como destacado no retângulo vermelho. Essa comparação indica que C é redundante para o resultado, pois se C está presente ou ausente, não importará, já que o resultado ocorrerá independente disso. Assim essas expressões podem ser reduzidas a presença de A e B, o mesmo procedimento deve ser adotado para todos os pares de expressões primitivas que diferem em uma condição e os termos reduzidos deverão substituir as expressões primitivas, tal como expresso na figura 32 e indicado com os círculos verdes.

Figura 31: Exemplo de expressões primitivas usando operadores lógicos booleanos

$$A*B*C + A*B*\sim C + A*\sim B*\sim C + \sim A*B*C \rightarrow Y$$

Fonte: Hirzalla (2020).

Figura 32: Exemplo de redução de expressões primitivas

$$\begin{aligned} A*B*C &\leftrightarrow A*B*\sim C : A*B \\ A*B*C &\leftrightarrow \sim A*B*C : B*C \\ A*B*\sim C &\leftrightarrow A*\sim B*\sim C : A*\sim C \end{aligned}$$

Fonte: Hirzalla (2020).

Essas combinações restantes são chamadas de implicantes primários ou termos de solução, nessa situação são apenas combinações, mas poderiam ser condições únicas, na qual cada uma delas é suficiente para o resultado. Dessa forma, os principais implicantes formam uma solução, tal como mostrado da figura 33 e mais curta do que a primeira notação de expressões primitivas mostrada na figura 31.

Figura 33 : Exemplo de expressões primitivas reduzida, agora denominada de implicante primário ou termos da solução.

Prime implicants / solution terms

$$A*B + B*C + A*\sim C \rightarrow Y$$

Fonte: Hirzalla (2020).

A tabela-verdade mostrará as combinações de condições que são suficientes para o desfecho separadamente, um a um, no entanto os principais implicantes gerados têm a capacidade de omitir as condições redundantes dessas combinações, e assim, oferecem uma solução mais curta.

Na maioria das vezes a solução que se segue da comparação entre as expressões primitivas é também a fórmula mínima, outras vezes, esta solução pode ser ainda mais minimizada omitindo implicantes primários logicamente redundantes.

No presente estudo, essa etapa foi conduzida com o auxílio do software fsQCA 3.0 que processou a tabela-verdade criada anteriormente e produziu o boletim de resultado como exibido na figura 34.

Figura 34: Boletim de análise com minimização lógica gerada pelo software fsQCA 3.0

```

*TRUTH TABLE ANALYSIS*
*****

File: E:/ARQUIVOS - GERAL/@DOCTORADO/PPGDSTU/@ TESE/@ DEFESA TESE/DADOS/TABELA DE DADOS.v1 (FOR FSQCA).csv
Model: GIPS = f(PA, CR, AR, GR, AT)
Algorithm: Quine-McCluskey

--- INTERMEDIATE SOLUTION ---
frequency cutoff: 1
consistency cutoff: 0.851852
Assumptions:
PA (present)
CR (present)
AR (present)
GR (present)
AT (present)

              raw      unique
              coverage  coverage  consistency
              -----  -----  -----
~PA*~CR*~AR*~GR*~AT  0.46      0.22      0.851852
PA*CR*AR*GR*AT       0.68      0.44      1
solution coverage: 0.9
solution consistency: 0.918367

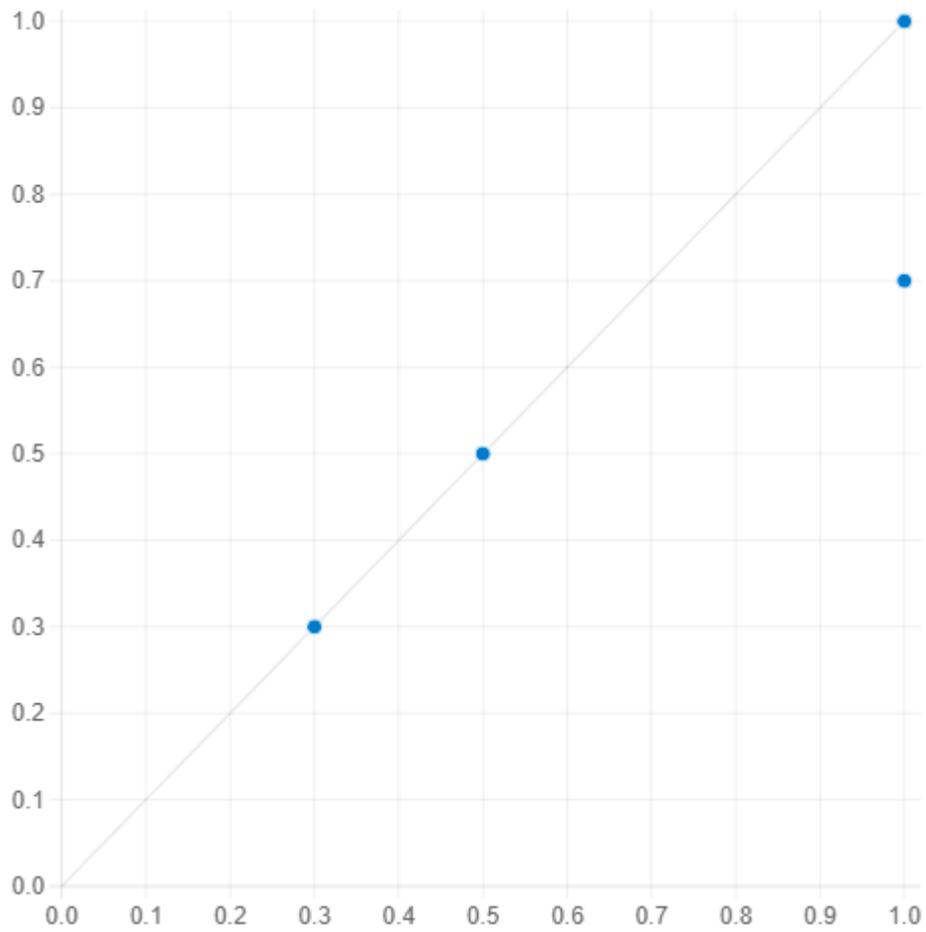
Cases with greater than 0.5 membership in term ~PA*~CR*~AR*~GR*~AT: NATURATINS/IO (0.7,0.3)
Cases with greater than 0.5 membership in term PA*CR*AR*GR*AT: LSB (1,1),
SEMAD/MG (0.7,1)

```

Fonte: fsQCA 3.0

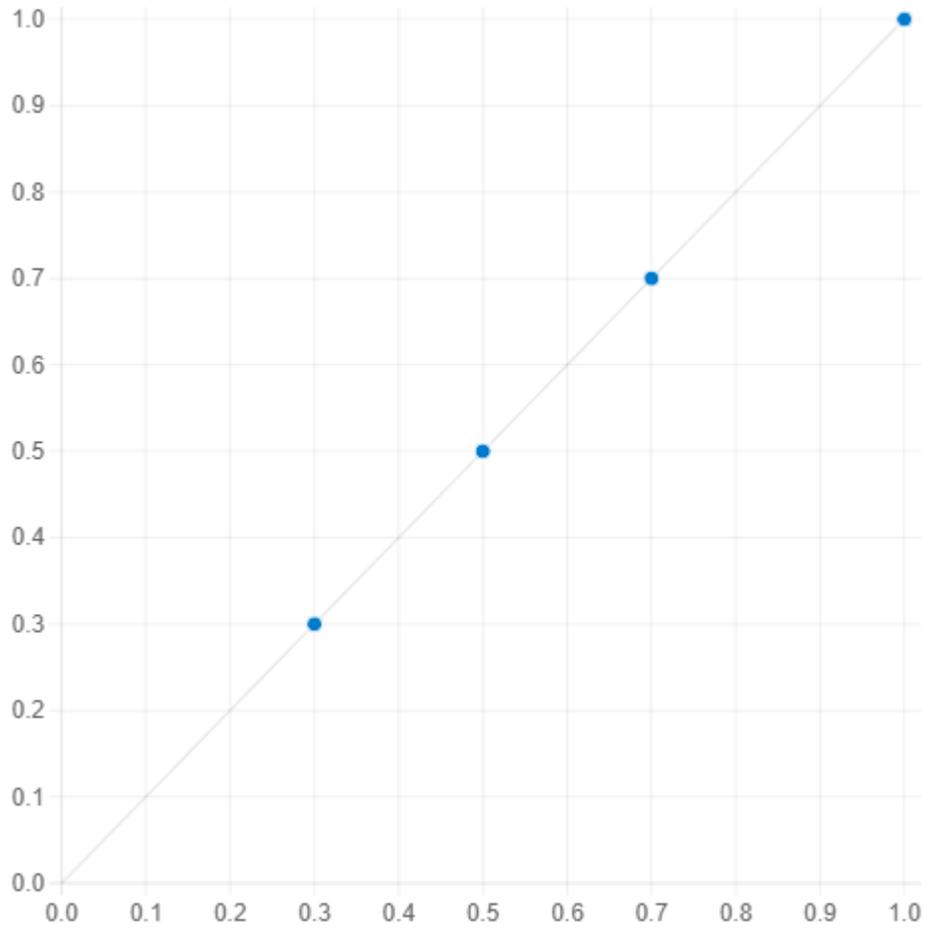
Além disso, foi possível produzir os gráficos expressos nas figuras de 35 a 39. Tais gráficos refletem como as condições causais se manifestam presentes em relação ao resultado, ou seja, como as 5 condições que sustentam a presença da Governança de Risco, segundo o modelo do IRGC (2017), estão presentes nos casos de Governança de Risco analisados.

Figura 35: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal PA



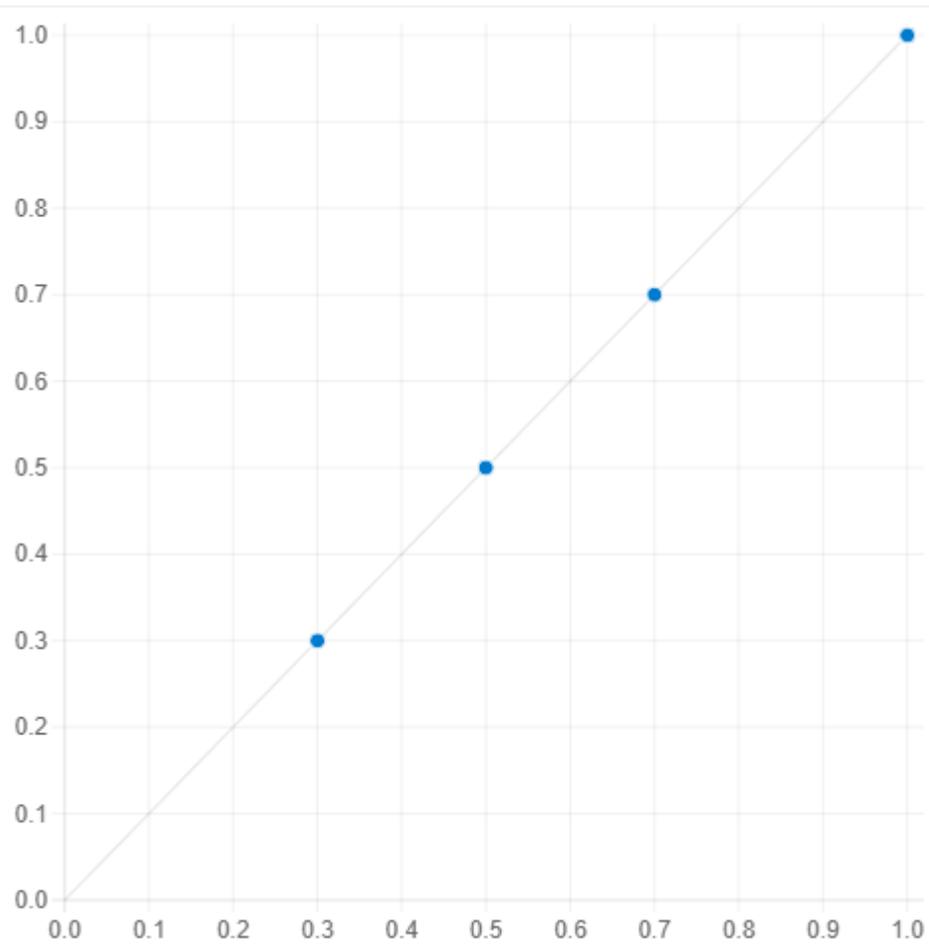
Fonte: fsQCA 3.0

Figura 36: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal CR



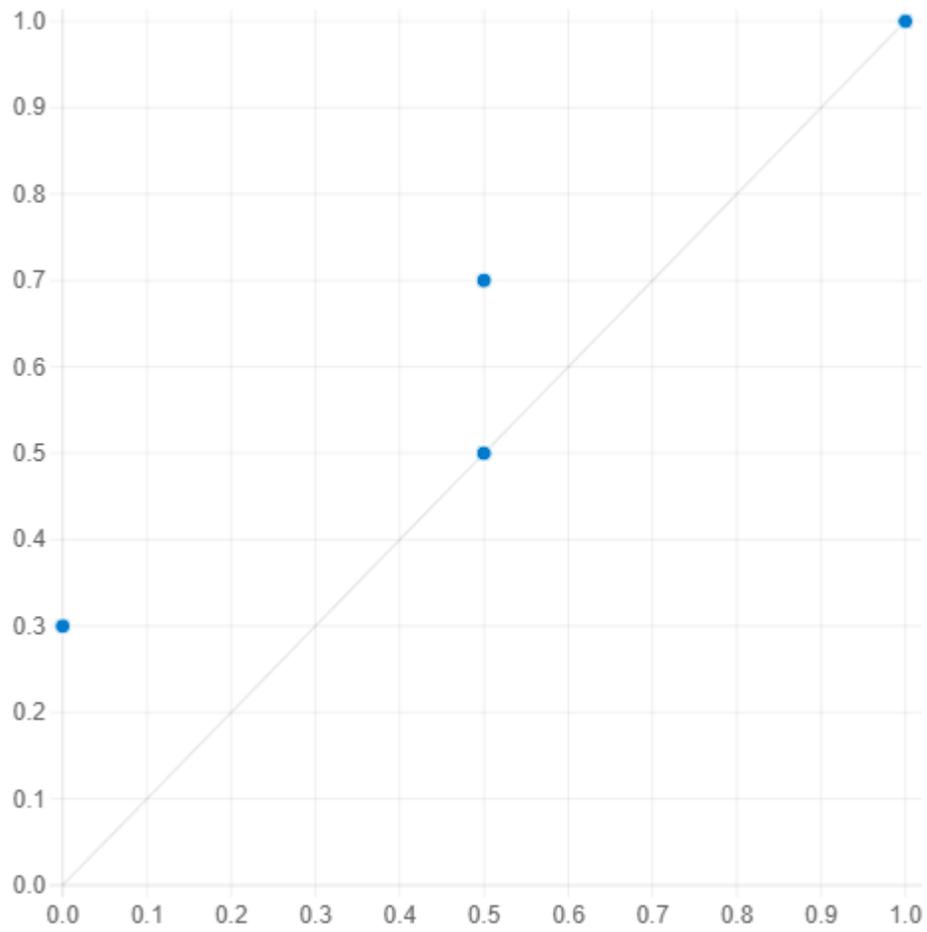
Fonte: fsQCA 3.0

Figura 37: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal AR



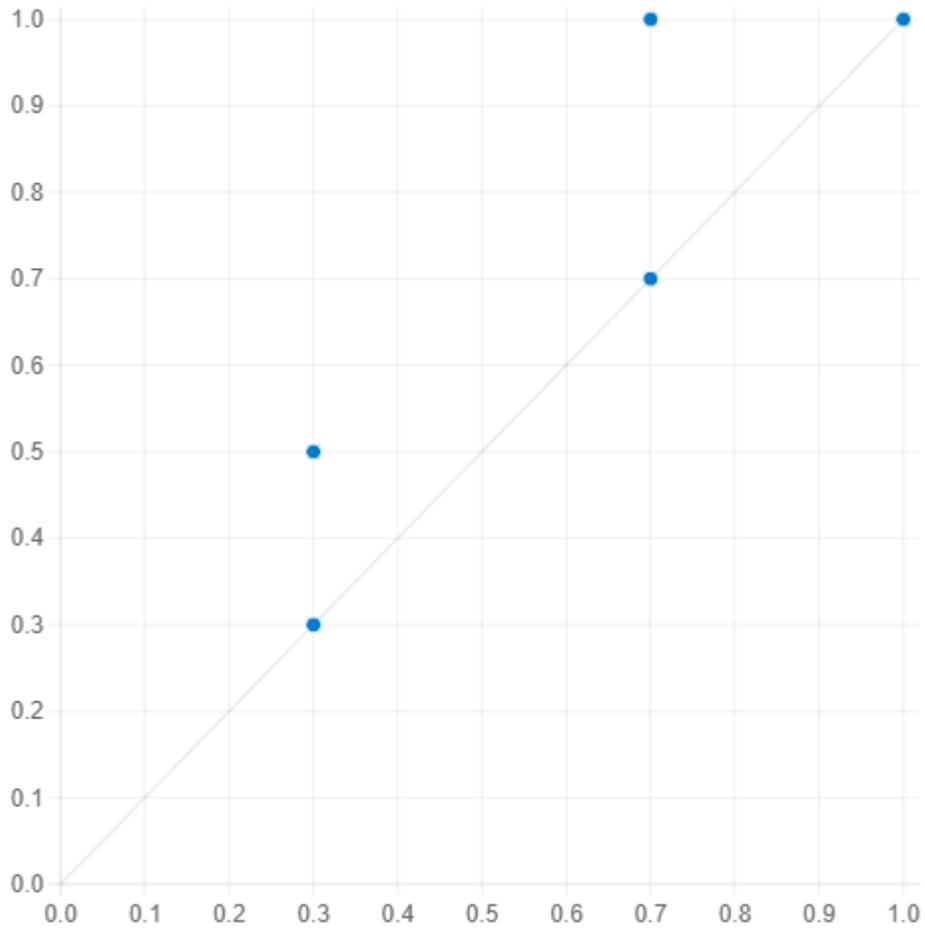
Fonte: fsQCA 3.0

Figura 38: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal GR



Fonte: fsQCA 3.0

Figura 39: Gráfico em que na abscissa se situa o GIPS e na ordenada se situa a condição causal AT



Fonte: fsQCA 3.0

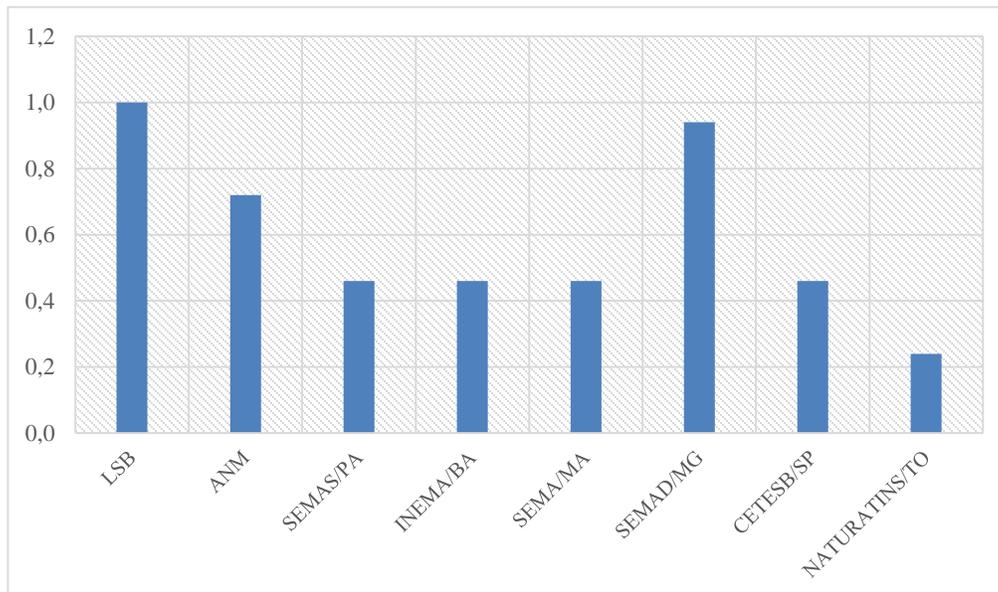
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta seção do trabalho abordará os dois principais resultados obtidos nessa pesquisa. O primeiro está relacionado a matriz de dados e o segundo a minimização lógica construída no final da aplicação do fsQCA.

5.1. Grau de presença da Teoria de Governança de Riscos nos casos analisados (GIPS)

Na seção 4.2.3, observa-se que foi finalizada a construção da matriz de dados com a definição do resultado para essa matriz. O resultado obtido, GIPS, permite a classificação dos casos em nível de maior/menor presença da teoria de Governança de Risco do IRGC. Segundo a lógica fuzzy, estabelecida anteriormente, os resultados que obtiveram valores mais próximos de 1, indicaram alta presença da Governança de Risco e valores mais próximos de 0, indicaram baixa presença dela. Dessa forma, pode-se construir o gráfico expresso na figura 40.

Figura 40: Gráfico que representa a relação de Casos x GIPS



Fonte: Autor

Considerando o gráfico da figura 40, bem como a escala de calibração construída na seção 4, é possível inferir que três casos obtiveram GIPS na faixa de 1 a 0,7. Ou seja, dentro dos 8 casos analisados somente três possuíam uma alta presença da teoria da governança de risco de acordo com o modelo do IRGC (2017). No entanto, os casos da SEMAS/PA, INEMA/BA e SEMA/MA e CETESB/SP obtiveram GIPS igual a 0,5, ficando acima da zona de mediana presença e ausência

da Governança de Risco, podendo sugerir-nos que esses casos estão numa zona de transição aonde não é possível afirmar que há mais presença do que ausência ou o inverso.

No caso específico da NATURATINS/TO, na qual ficou com o GIPS de 0,3, situou-se numa zona em que é possível considerar que há mais ausência do que presença da teoria de Governança de Risco, isso sugere-nos que é o caso com menor presença da governança de risco no seu modelo de atuação com barragens de contenção de rejeitos. Ainda pode-se observar que houve apenas uma única condição causal que claramente se nota total ausência dela dentro do modelo de Governança de Risco dessa agencia, no caso, o gerenciamento de risco, aonde não foi possível observar na sua estrutura algum parâmetro que pudesse inferir que há presença dessa condição causal.

5.1.1. Grau de presença da Teoria de Governança de Riscos: Caso Lei de Segurança de Barragem

Observando os resultados expressos na matriz de dados, consegue-se verificar a alta presença da Governança de Risco no caso da Lei de Segurança de Barragem. Com efeito, é interessante aprofundar essa discussão, especialmente para entender como ela pode impactar os modelos de Governança de Risco utilizados em outros casos, especialmente à nível estadual.

A primeira condição causal da Governança de Risco do IRGC (2017) é a Pré-Avaliação. Condição causal que está plenamente presente na LSB. Essa condição possui genericamente 4 indicadores/parâmetros que fornecem suporte no sentido de identificar sua ausência ou presença. O primeiro indicador, o enquadramento, é caracterizado por ser uma análise dos principais atores sociais (tais como, governos, empresas, comunidade científica e público em geral) e como eles selecionam os riscos, bem como, quais tipos de problemas se rotulam como problemas de risco. Nesse sentido, a Lei de Segurança de Barragens, consegue realizar um enquadramento conciso ao identificar cinco atores que estão envolvidos com os riscos que uma barragem de contenção de rejeitos tende a causar. O primeiro ator enquadrado pela LSB é a entidade fiscalizadora, que no caso das barragens de contenção de rejeitos de mineração é a Agencia Nacional de Mineração e, no caso das barragens de contenção de rejeitos industriais, é o órgão estadual que concedeu a outorga. O segundo ator que a legislação identifica é a comunidade potencialmente afetada, cuja delimitação é definida pelo mapa de inundação em caso de ruptura. O terceiro ator definido são os órgãos de proteção e defesa civil dos municípios e na ausência deles, a própria prefeitura. O quarto

ator nitidamente enquadrado na LSB é o empreendedor, que após a edição dessa lei, passou a ser o responsável legal pela segurança da barragem. Por fim, o último ator identificado nessa etapa é a sociedade civil interessada no problema de segurança com a barragem. Esse último ator pode abranger, pesquisadores e o cidadão comum, ou seja, qualquer membro da sociedade que esteja interessado, haja visto que a lei é adequadamente transparente ao garantir o acesso a dados e informações a qualquer membro da sociedade, através da plataforma digital SNISB.

O segundo indicador/parâmetro que caracteriza a presença dessa condição causal na LSB é o alerta precoce. De acordo com Renn (2008b), essa tarefa se refere a instituições governamentais, empresariais ou da sociedade civil que identificam eventos ou fenômenos incomuns para detectar novos riscos emergentes, ajudando a fornecer algumas informações iniciais sobre a extensão ou gravidade desses riscos. Nesse sentido a LSB, devido à recente atualização que foi provocada pela lei 14.066/2020, inclui no seu escopo a previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência e delega a função de acompanhar esse processo de controle ao órgão fiscalizador. Cabe destacar o aspecto inovador dessa previsão de sistema sonoro no escopo dessa lei, provavelmente fruto do desastre que ocorreu em janeiro de 2019 na barragem B1, na Cidade de Brumadinho, que provocou a propagação de uma grande onda de rejeitos que não foi devidamente alertada e acabou provocando mais de 250 mortes.

O terceiro e quarto indicadores dessa primeira condição causal estão relacionados e se referem as convenções científicas, jurídicas, políticas, sociais ou econômicas existentes. Qualquer avaliação desse tipo deve ser baseada em julgamentos ou convenções previamente informadas, articulados pela comunidade científica, jurídica ou outros órgãos relacionados as políticas públicas que lidam com essa temática. Nesse aspecto, a LSB traz uma seção que trata sobre a produção de conhecimento, incentivando parcerias com instituições de ensino, pesquisa e associações técnicas relacionadas à engenharia de barragens e áreas afins, além disso, busca fomentar a elaboração de material didático e Relatório Anual de Segurança de Barragens. Esses meios expressos na LSB, ainda que parcos, porém são iniciativas de tentar proporcionar exame e consulta a comunidade científica sobre potenciais riscos de uma barragem.

A segunda condição causal que implica numa Governança de Risco é a Classificação de Risco. De acordo com Renn (2008b), ela desenvolve e sintetiza a base de conhecimento para a decisão sobre se um risco deve ou não ser assumido e/ou gerenciado e, em caso afirmativo, quais

opções estão disponíveis para prevenir, mitigar, adaptar ou compartilhar o risco. No framework do IRGC (2017) a Classificação de Risco deve oferecer suporte para que a sociedade faça escolhas prudentes sobre os riscos, não basta considerar apenas os resultados da avaliação (científica) dos riscos, é necessário compreender a subjetividade inerente aos riscos que geram preocupações das várias partes interessadas e grupos públicos. Renn (2008b) ainda enfatiza que as informações sobre as percepções de risco bem como as implicações adicionais das consequências diretas de um risco devem ser devidamente coletadas pelas agências de gestão de risco. Além disso, outros aspectos da atividade causadora de risco que parecem ser relevantes para caracterizar e avaliá-lo, bem como selecionar opções de redução dele, devem ser reunidos para que assim sejam inseridos na análise. Com base em uma ampla gama de informações, os gerentes de risco podem fazer julgamentos mais informados bem como projetar as opções apropriadas de gerenciamento de risco (RENN, 2008b). Nesse sentido, o IRGC (2017) também destaca que a Classificação de Risco inclui, portanto, dois componentes principais, a Avaliação Objetiva do Risco (RO) e Avaliação Subjetiva do Risco (RS).

Na LSB, observam-se parâmetros que possibilitam verificar uma Classificação do Risco, em especial com relação a finalidade que é a geração de conhecimento ligando agentes de risco específicos com consequências incertas, mas possíveis (RENN, 2008b). No entanto, o termo Classificação por Categoria de Risco, expresso na LSB, prescreve que essa classificação seja executada para avaliar as características técnicas, os métodos construtivos, o estado de conservação e da idade do empreendimento bem como do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem, e outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador. Logo, nessa Classificação por Categoria de Risco, apesar do nome sugerir que deveriam haver parâmetros que permitissem concluir que há relação entre os agentes de risco e as consequências, de fato, não há. A LSB, preocupa-se nessa classificação em expor como está a situação dos agentes causadores do risco, porém não menciona a relação com as consequências. Possivelmente, uma nomenclatura mais adequada para substituir o termo que consta na LSB como “Classificação por Categoria de Risco”, poderia ser, “Classificação dos Agentes de Risco” ou algo parecido, haja visto que é isso que ocorre na aplicação prática.

No entanto, a LSB fornece um outro parâmetro que é a Classificação por Categoria de Dano Potencial Associado à barragem em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem. Ou seja, esses indicadores

se referem a dimensão que correspondem as consequências e estão a contempladas na Avaliação subjetiva prescrita no modelo do IRGC (2017). Percebe-se, que há a Classificação de Risco, conforme prescrita no modelo do IRGC (2017) e seus dois principais indicadores estão separados na LSB, sem relação explícita, porém presentes. Além disso, cabe reforçar que a LSB comete um equívoco ao denominar “Classificação por Categoria de Risco” a um método de determinação do risco que se fundamenta apenas na avaliação dos principais agentes causadores do risco de uma barragem, omitindo a relação com as consequências. Outrossim, essa minoração do valor do risco, podem trazer algumas consequências, mas a principal é passar para a sociedade uma falsa realidade sobre o risco, haja visto que não há dimensão das consequências.

A terceira condição causal que implica numa Governança de Risco é a Análise de Risco. Segundo Renn (2008b) é o aspecto mais controverso do manejo de riscos, pois se refere ao processo de delinear e justificar um julgamento sobre a tolerabilidade ou aceitabilidade de um determinado risco. Essa Análise, trata-se de um processo de comparação do resultado da Classificação de Risco (Avaliação Objetiva e Subjetiva do Risco) com critérios específicos, para determinar a significância e aceitabilidade do risco bem como preparar para decisões.

Para fazer esse julgamento, as evidências baseadas na Classificação de Risco devem ser combinadas com uma análise completa de outros fatores, como valores sociais, interesses econômicos e considerações políticas. Após essas considerações, o risco é avaliado como aceitável, se a redução de risco for considerada desnecessária; tolerável, se o risco puder ser perseguido por causa de seus benefícios associados, mas sujeito a medidas apropriadas de redução dele; e por fim, intolerável, aonde deve ser simplesmente evitado, ou seja, nenhuma medida de redução de risco pode torná-lo tolerável (IRGC, 2017). Na LSB, observa-se a presença dessa condição causal, principalmente quando ela, no parágrafo 2º, do artigo 2º, enfatiza a existência de um risco intolerável e que nenhuma medida pode torná-lo tolerável, no caso são as barragens construídas ou alteadas pelo método a montante que estão sendo descaracterizadas por força dessa lei e novas estruturas desse tipo estão proibidas em todo território nacional. Além disso, essa lei obrigou todas as barragens de contenção de rejeitos a elaborarem seu Plano de Ação Emergencial (PAE), independentemente da classificação quanto ao dano potencial associado e ao risco.

A quarta condição causal da Governança de Risco do IRGC (2017) é o Gerenciamento do Risco. Condição causal que também está plenamente presente na LSB. Essa condição possui

genericamente 5 indicadores/parâmetros que fornecem suporte no sentido de identificar sua ausência ou presença. O primeiro indicador, Geração de Opções, é caracterizado por incluir a prevenção de risco, redução de risco, transferência de risco e a auto-retenção. Embora evitar um risco signifique selecionar um caminho que não toque no risco (por exemplo, abandonando o desenvolvimento de uma tecnologia específica, como não construir mais barragens de rejeitos pelo método a montante) ou tomar medidas para eliminar totalmente um determinado risco e nesse sentido a transferência de risco lida com formas de repassar o risco para a quarta etapa, a auto-retenção.

O segundo indicador é Avaliação das Opções, segundo Aven e Vinnem (2007) se trata da avaliação das opções de gestão de risco em relação a critérios pré-definidos. Cada uma das opções terá consequências desejadas e não intencionais relacionadas aos riscos que deveriam reduzir. Ou seja, basicamente, executa-se investigações dos impactos de cada opção (econômica, técnico, social, político e cultural). Nesse sentido, a LSB mostra a investigação desses impactos quando preconiza sobre a classificação por dano potencial associado.

O terceiro indicador é a Seleção e Análise das opções, na qual, de acordo com Renn (2008b), é uma fase semelhante à análise de risco, esta etapa integra a evidência sobre o desempenho das opções em termos de critérios de avaliação predefinidos, com um julgamento de valor sobre o peso relativo que cada critério deve ser atribuído. Idealmente, as evidências devem vir de especialistas e os pesos relativos de tomadores de decisão politicamente legítimos. Na gestão prática de riscos, a avaliação das opções é realizada em estreita cooperação entre especialistas e tomadores de decisão. Na LSB, essa etapa ocorre através da transferência de responsabilidade de fiscalização para os entes estaduais ou federais, que possuem a legitimidade para realizar esse julgamento de valor e impor medidas que perpassam desde uma notificação até interdição da barragem.

O quarto indicador é a Implementação das Opções, segundo o IRGC (2017) é a tarefa que se destina ao gerenciamento de riscos, supervisão e controle do processo de implementação. Em muitos casos, a implementação é delegada (por exemplo, quando os governos tomam decisões, mas deixam sua implementação para outros órgãos públicos, privados ou para o público em geral). No entanto, a equipe de gestão de risco tem, de qualquer forma, o mandato implícito de supervisionar o processo de implementação ou, pelo menos, de monitorar o seu resultado. Esse é outro indicador que está plenamente presente na LSB, principalmente quando no artigo 4º, inciso III, enfatiza que

o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento e, independentemente da existência de culpa, pela reparação desses danos. Além disso, delinea claramente que a entidade que regula e fiscaliza as atividades minerárias, para fins de disposição de rejeitos e a entidade que concede a licença ambiental, para fins de disposição de resíduos industriais, são responsáveis pela fiscalização dessas estruturas, com a possibilidade de estabelecerem critérios adicionais que venham a complementar a implementação de medidas que possibilitem garantir a observância de padrões de segurança das barragens de contenção de rejeitos.

Por fim, o quinto indicador é Monitoramento e Feedback. É a última etapa e se refere à observação sistemática dos efeitos das opções uma vez implementadas (AVEN; VINNEM, 2007). O sistema de monitoramento deve ser projetado para avaliar as consequências intencionais e não intencionais. Muitas vezes, um estudo formal de avaliação de políticas é emitido para explorar as consequências de um determinado conjunto de medidas de gerenciamento de risco em diferentes elementos do que as pessoas valorizam. De acordo com IRGC (2017), além de gerar feedback sobre a eficácia das opções, a fase de monitoramento também deve fornecer novas informações sobre os primeiros sinais de alerta para novos riscos e riscos antigos vistos de uma nova perspectiva. É aconselhável que a instituição que realiza a Classificação de Risco participe do monitoramento e supervisão para que suas habilidades analíticas e experiência possam avaliar o desempenho das opções de gestão selecionadas.

Na LSB, o Monitoramento e Feedback, mostram-se presentes, principalmente em dois momentos. O primeiro momento se refere quando a legislação prescreve que o PAE é instrumento obrigatório para todas as barragens de contenção de rejeitos e como fundamento deve buscar informar e estimular à participação direta ou indireta da população nas ações preventivas e emergenciais, incluídos na elaboração e a implantação do PAE, bem como, o acesso ao seu conteúdo. O segundo momento em que é perceptível a presença desse indicador referente a essa condição causal é na divulgação anual do Relatório de Segurança de Barragens aonde mostra como a segurança de barragens pode influenciar a vida do cidadão. Esse relatório tem os objetivos de dar mais transparência às informações e apresentar à sociedade um panorama da evolução da gestão da segurança das barragens brasileiras, bem como da implementação da PNSB. O documento

aponta diretrizes para a atuação de fiscalizadores, empreendedores de barragens e da Defesa Civil, além de destacar os principais acontecimentos da área no ano de referência.

A quinta condição causal da Governança de Risco do IRGC (2017) são os Aspectos Transversais. Condição causal que está plenamente presente na LSB. Essa condição possui genericamente 3 indicadores/parâmetros que fornecem suporte no sentido de identificar sua ausência ou presença. O primeiro indicador, a Comunicação, é de acordo com o IRGC (2017) o processo de troca ou compartilhamento de dados, informações e conhecimentos relacionados a riscos entre diferentes grupos, como cientistas, reguladores, indústria, consumidores ou o público em geral. Por vários motivos é de extrema importância para uma governança de risco eficaz. Primeiro, permite que avaliadores de risco e gerentes de risco desenvolvam um entendimento comum de suas tarefas e responsabilidades (comunicação interna). Em segundo lugar, capacita as partes interessadas e a sociedade civil a compreender o risco e a lógica da gestão de risco (comunicação externa). Ele permite que as partes interessadas façam contribuições informadas para a governança de risco, reconhece seu papel no processo de governança de risco e dá voz a elas, criando um processo deliberado de duas vias. Em muitos procedimentos tradicionais de gerenciamento de risco, uma vez que a decisão de gerenciamento de risco é tomada, o papel da comunicação é explicar a lógica das decisões de política. No Framework do IRGC (2017), a comunicação é central no processo e crucial em cada uma das fases do modelo (Pré-Avaliação, Classificação, Análise e Gestão).

O segundo indicador dessa condição causal é o Engajamento, que se torna relevante principalmente por fazer com que as partes interessadas possam ser impactadas pelo risco e pelas medidas de gestão de risco durante o processo, pois possuem informações úteis para contribuir com o processo de Governança de Risco e as decisões de gestão resultantes. Ao envolver sistematicamente as partes interessadas, a Governança de Risco se torna um exercício inclusivo que incorpora uma ampla gama de perspectivas. Melhora o conhecimento sobre o risco e sua gestão e pode, assim, aumentar a eficácia, a justiça e a aceitabilidade das decisões tomadas (IRGC, 2017).

O último indicador, o Contexto, é definido em função do processo de Governança de Risco estar aberto à adaptação para refletir o contexto específico de cada risco. Ao considerar o ambiente mais amplo de tratamento de risco nas sociedades modernas, muitas classes de fatores influentes entram em jogo. Além disso, a interação entre os atores econômicos, políticos, científicos e da

sociedade civil deve ser abordada quando se olha além das ações governamentais ou corporativas (IRGC, 2017).

Na LSB, esses indicadores dessa importante condição causal se manifestam de várias formas. A primeira é através do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) que reúne o cadastro de barragens de usos múltiplos da água, de geração de energia elétrica, de contenção de resíduos industriais e de contenção de rejeitos de mineração, abrangendo tanto as que são submetidas à lei, quanto as que não são. No SNISB é possível verificar que há acesso a dados e informações a toda a sociedade. Os dados disponibilizados contemplam as barragens em construção, em operação e desativadas, informações sobre incidentes que possam colocar em risco a segurança de barragens, bem como, sobre acidentes e desastres, cabe reforçar que atualmente o SNISB também está integrado ao Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres (S2iD). Uma segunda forma de manifestação, contribuindo em especial para o engajamento, é através dos cursos disponibilizados no SNISB que abordam temas interessantes a sociedade, tais como a segurança de barragens, além de promover alguns webinários gravados que ajudam a esclarecer aspectos relevantes sobre a segurança nessas estruturas. Em relação ao Contexto, a LSB mostra atendimento a esse indicador ao delegar para outros entes a responsabilidade de fiscalizar e controlar as avaliações que abrangem o Dano Potencial Associado, permitindo que cada ente possa proceder com inserção de elementos adicionais que contribuam com o fortalecimento da segurança de barragens, podendo levar em consideração aspectos peculiares ao contexto de cada região brasileira.

5.2. Reflexões sobre a minimização lógica e os elementos essenciais numa Governança de Risco

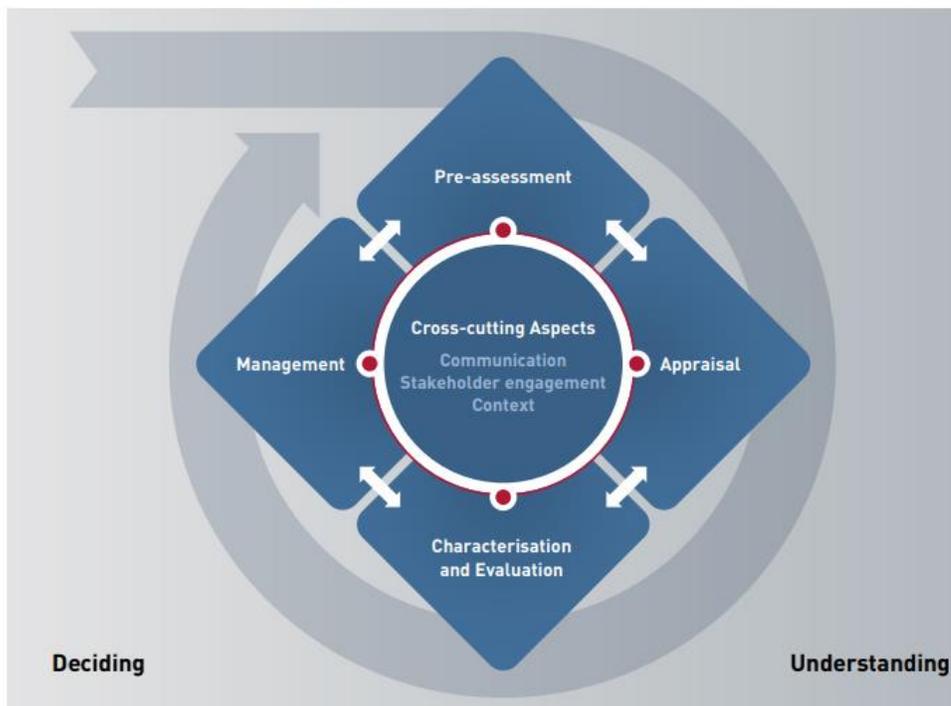
Recorrendo-se a minimização lógica, tal como construída na seção 4.3, pode-se observar que no boletim de resultados há uma relação de condições causais mínimas que possibilitam a visualização da presença da Governança de Risco. Em outras palavras, conforme o recorte do boletim de resultados apresentado na figura 41, as cinco condições causais precisam estar presentes para se considerar que há a presença da Governança de Risco.

Figura 41: Recorte do boletim de resultados com destaque da cobertura e consistência

	raw coverage	unique coverage	consistency
~PA*~CR*~AR*~GR*~AT	0.46	0.22	0.851852
PA*CR*AR*GR*AT	0.68	0.44	1
solution coverage:	0.9		
solution consistency:	0.918367		

Fonte: fsQCA 3.0

A presença da Governança de Risco depende, pelo menos, da presença mínima dessas cinco condições causais. Se alguma condição causal for avaliada como inexistente, ou seja, com pontuação zero, logo irá prejudicar totalmente a presença da Governança de Risco, haja visto que ela, conforme o framework do IRGC (2017), engloba um modelo cíclico que pode ser visualizado na figura 42. Portanto, não há como afirmar que uma condição causal é mais relevante que outra, pois se uma não estiver presente, compromete essa cadeia cíclica e o processo não se completa.

Figura 42: Esquema cíclico do modelo de Governança de Risco do IRGC (2017)

Fonte: IRGC (2017)

Esse é o caso da NATURATINS/TO. Caso que conseguiu obter pontuação mínima em todas as condições causais (0,3), exceto na condição causal referente ao Gerenciamento do Risco, aonde

não foi possível identificar nenhum dos seis indicadores/parâmetros que compõem essa condição causal. Além disso, no banco de dados do SNISB (ANA, 2021), identificou-se que metade das barragens de contenção de rejeitos industriais não estão classificadas quanto a categoria de risco e nem quanto ao dano potencial associado. Logo, dos casos analisados esse seria o único que não possui presença da teoria da Governança de Risco.

No estado do Pará, o caso da SEMAS/PA, apresentou presença das cinco condições causais (PA, CR, AR, GR e AT) da Governança de Risco, porém num nível intermediário (0,5), permitindo situar numa zona de transição entre baixa presença e alta presença da Governança de Risco. De fato, não é possível afirmar se há baixa e nem alta presença dela. Além disso, de acordo com dados do SNISB (2021), a SEMAS/PA, ainda não conseguiu realizar a classificação por categoria de risco e nem por dano potencial associado de todas as suas barragens de contenção de rejeitos industriais, constando 30% de pendência dentro do universo das licenças liberadas. A LSB foi promulgada em 2010 e após mais de 10 anos de publicação dessa lei, a SEMAS/PA ainda não conseguiu suprir esse aspecto basilar da PNSB.

Nesse sentido, esse atraso pode ser compreendido em função de vários motivos, no entanto o principal, visivelmente observável, foi o desinteresse dessa entidade fiscalizadora para emitir o cadastro das barragens sob sua jurisdição e iniciar esse processo de Governança de Risco.

Para efetuar esse cadastro foi prescrito um prazo de 2 anos após a publicação da lei 12.334/2010, depois o CNRH prorrogou por mais dois anos, logo até 2014 a SEMAS deveria ter emitido o cadastro de barragens contendo a classificação por categoria de risco e dano potencial associado. Contudo, a SEMAS/PA, não conseguiu cumprir o prazo de 2 anos estabelecido na lei 12.334/2010 e nem a prorrogação de prazo que foi dada pelo CNRH. Foi somente no ano de 2018 que se identificou algum esforço efetivo para a implementação da PNSB, dentre eles a publicação da Instrução Normativa nº 02 que versa sobre o Cadastro de Barragens bem como Plano de Segurança da Barragens, que estabelece parâmetros de grande relevância para a temática de segurança de barragens, tais como, a periodicidade de execução/atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Coincidentemente, essa instrução normativa foi publicada algumas semanas após a ocorrência do acidente mais grave com barragens de contenção de rejeitos industriais registrado no período compreendido entre 2010 a 2020, no estado do Pará. No início de 2018, cerca treze comunidades ribeirinhas que dependiam dos recursos dos igarapés Bom futuro, Burajuba e rios Mucuri e Tauá, na bacia do Rio Pará, tiveram seus quintais e poços artesianos tomados por uma lama vermelha que posteriormente foi levada para análise e encontrou-se elevados níveis de chumbo, alumínio, sódio e outras substâncias oriundas da bacia de rejeitos da HYDRO ALUNORTE (CAZELI, 2018; GOMES; RODRIGUES; FERREIRA, 2020).

Enfim, precisou de oito anos após a publicação da LSB para a SEMAS/PA tomar uma ação e iniciar sua Governança de Risco. E mais recentemente, essa entidade estadual foi novamente impulsionado por outro acidente envolvendo barragens. No início do ano de 2019, na cidade de Brumadinho, a Barragem I se rompeu, estrutura que estava desativada e que pertencia a mina Córrego do feijão, de responsabilidade da Vale S.A. Esse triste episódio é considerado o mais grave acidente de barragem em relação ao número de vítimas na história da mineração brasileira.

Dessa vez, o “efeito Brumadinho”, coincidentemente motivou a SEMAS/PA a editar e publicar outro documento importante, a Instrução Normativa nº 12, de 27 de dezembro de 2019, que estabelece a periodicidade de execução e/ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência (PAE) das barragens de acumulação de água e disposição de resíduos industriais.

Observa-se que atualmente a SEMAS/PA adota ações que indicam que há a presença da Governança de Risco, num nível intermediário, mas superior ao ano de 2018, aonde não se observava qualquer iniciativa para atender a LSB e cabalmente sem Governança de Risco.

REFERÊNCIAS

- ADAM, Barbara. **Timewatch**: the social analysis of time. Cambridge: Polity Press, 1995. 216 p.
- ADAMS, John. **Risk**. London: Taylor & Francis E-Library, 2002. 241 p.
- ALDRIDGE, Rebecca. **The Hoover Dam**. New York: Chelsea House, 2009.
- ALE, Ben. Risk assessment practices in The Netherlands. **Safety Science**, [s. l], v. 40, n. 1-4, p. 105-126, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00044-3). Acesso em: 26 fev. 2020.
- ALEXANDER, Jeffrey. Critical Reflections on `Reflexive Modernization'. **Theory, Culture & Society**, [s. l], v. 4, n. 13, p. 133-138, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0263276496013004009>. Acesso em: 1 jun. 2019.
- AMENDOLA, Aniello. Recent paradigms for risk informed decision making. *Safety Science*, [s. l], v. 40, n. 1, p. 17-30, 2002. Disponível em: [10.1016/s0925-7535\(01\)00039-x](https://doi.org/10.1016/s0925-7535(01)00039-x). Acesso em: 19 fev. 2020.
- ASAE. **Crise da BSE**. 2002. Disponível em: <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/saude-e-bem-estar-animal/-bse.aspx>. Acesso em: 22 fev. 2020.
- AVEN, Terje. A unified framework for risk and vulnerability analysis covering both safety and security. **Reliability Engineering And System Safety**, [s. l], v. 6, n. 92, p. 745-754, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.res.2006.03.008>. Acesso em: 26 fev. 2020.
- AVEN, Terje; VINNEM, Jan Erik. **Risk Management**: with applications from the offshore petroleum industry. London: Springer, 2007. 211 p.
- AVEN, Terje. Perspectives on risk in a decision-making context: review and discussion. **Safety Science**, [s. l], v. 47, n. 6, p. 798-806, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.10.008>. Acesso em: 27 fev. 2020.
- AVEN, Terje; RENN, Ortwin. **Risk Management and Governance**: concepts, guidelines and applications. London: Springer, 2010. 290 p.

AVEN, Terje. **Risk Analysis**. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2015. 212 p.

ANA. **Estudos De Ruptura De Barragens**. 4. ed. Brasília: Ana, 2012. 114 p. Disponível em: http://gripbsul.ana.gov.br/rels/R06.Estudo%20de%20Ruptura%20de%20Barragens/R06.Estudo%20de%20Ruptura%20de%20Barragens.Tomo_I_Texto.pdf. Acesso em: 13 abr. 2021.

ANA. **Relatório de Segurança de Barragens 2016**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2017. 225 p. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/rsb-2016/relatorio-de-seguranca-de-barragens-2016.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2019.

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens**. 2018. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2019.

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens**. 2021. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2020.

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens**. 2021. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

ANM. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de [...] a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. **Portaria Nº 70.389, de 17 de Maio de 2017**. Brasília: ANM, 17 maio 2017. p. 1-44. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017>. Acesso em: 23 set. 2019.

ANM. **Relatório Anual De Segurança De Barragens De Mineração 2019**. Brasília: Agência Nacional de Mineração, 2020. 50 p. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-anual-gsbm-2019-v-final>. Acesso em: 24 jan. 2021.

BAKER, Tom; SIMON, Jonathan. **Embracing Risk: the changing culture of insurance and responsibility**. Chicago: University Of Chicago Press, 2002. 329 p.

BARRERA, Sergio; VALENZUELA, Luis; CAMPAÑA, Jose. Sand Tailings Dams: Design, Construction and Operation. **Proceedings Tailings and Mine Waste**, Vancouver, v. 1, n. 2, p. 1-13, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.14288/1.0107705>. Acesso em: 12 dez. 2020.

BECK, Ulrich. **Ecological politics in an age of risk**. Malden: Polity Press, 1995. 279 p. Tradução de: Amos Weisz.

BECK, Ulrich. The Terrorist Threat: world risk society revisited. **Theory, Culture & Society**, London, v. 4, n. 19, p. 39-55, ago. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0263276402019004003>. Acesso em: 2 abr. 2020.

BECK, Ulrich. **World at Risk**. Malden: Polity Press, 2009. 279 p. Tradução de: Ciaran Cronin.

BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011. 384 p. Tradução de: Sebastião Nascimento.

BENZ, Arthur; LUETZ, Susanne; SCHIMANK, Uwe; SIMONIS, Georg. **Handbuch Governance: theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder**. Wiesbaden: Vs Verlag Für Sozialwissenschaften, 2007. 474 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236219011_Handbuch_Governance_Theoretische_Grundlagen_Und_Empirische_Anwendungsfelder. Acesso em: 05 mai. 2019.

BEVIR, Mark. **Encyclopedia of governance**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2007. 1052 p.

BRADLOW, Daniel; PALMIERI, Alessandro; SALMAN, Salman. **Regulatory Frameworks for Dam Safety: a comparative study**. Washington: The World Bank, 2002. 178 p.

BRASIL. **Lei nº 12334, de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à [...] redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, 20 set. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm. Acesso em: 20 jun. 2019.

BRASIL. **Portaria nº 70389**, de 17 de maio de 2017. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado [...] Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334

de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.. . 95. ed. Brasília, 19 maio 2017. Seção 1, p. 1-16. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20222904/doi-2017-05-19-portaria-n-70-389-de-17-de-maio-de-2017-20222835. Acesso em: 17 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 14066, de 30 de setembro de 2020**. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010[...] o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=01/10/2020&jornal=515&pagina=3&totalArquivos=886>. Acesso em: 23 out. 2020.

BRAUMOELLER, Bear. Guarding Against False Positives in Qualitative Comparative Analysis. **Political Analysis**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 471-487, 2015. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1093/pan/mpv017>.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Estado, sociedade civil e legitimidade democrática. **Democracia • Lua Nova**, São Paulo, v. 95, n. 36, p. 85-104, dez. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ln/a/mjv5ynJGcGYjNV5dFh3tTdG/>. Acesso em: 12 mar. 2018.

CABINET-OFFICE. **Risk: Improving government's capability to handle risk and uncertainty**: full report? a source document. London: Strategy Unit, 2002. 135 p. Disponível em: <http://www.integra.com.bo/articulos/RISK%20IMPROVING%20GOVERMENT.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CAMPBELL, Scott. Determining overall risk. **Journal Of Risk Research**, [s. l.], v. 8, n. 7, p. 569-581, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13669870500118329>. Acesso em: 27 fev. 2020.

CARVALHO, Kleverton Melo de. **GOVERNANÇA DE RISCOS HIDRO-CLIMÁTICOS NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL**: em busca de um modelo sistêmico alternativo. 2019. 307 f. Tese (Doutorado) - Curso de Curso de Doutorado em Administração, Núcleo de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/32152/1/Kleverton%20Melo%20de%20Carvalho.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.

CASTEL, Robert. From dangerousness to risk. In: BURCHELL, Graham; GORDON, Colin; MILLER, Peter (ed.). **The Foucault effect: studies in governmentality - with two lectures by and an interview with michel foucault**. Chicago: The University Of Chicago Press, 1991. Cap. 14. p. 281-298.

CASTRO, Edna Ramos de; CARMO, Eunápio Dutra do (org.). **Dossiê Desastres e Crimes da Mineração em Barcarena, Mariana e Brumadinho: análise crítica de políticas e práticas empresariais da mineração, desregulação ambiental e violação de direitos nos municípios de: Barcarena (Pará), mariana, Brumadinho (minas gerais) e São Luis (maranhão)**. Belém: Naea/UFGA, 2019. 258 p. Disponível em: <http://www.anaea.ufpa.br/index.php/livros-publicacoes/320-dossie-desastres-e-crimes-da-mineracao-em-barcarena-mariana-e-brumadinho>. Acesso em: 20 dez. 2020.

CAZELI, Guilherme Gabler. **Percepção Dos Riscos Atribuídos À Proximidade De Empreendimentos Industriais Urbanos**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/10907/1/tese_12663_Disserta%C3%A7%C3%A3o%20final%20Guilherme%20Gabler%2014.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.

CHILE. **Decreto nº 86**, de 31 de julho de 1970. APRUEBA "REGLAMENTO DE CONSTRUCCION Y OPERACION DE TRANQUES DE RELAVES". Santiago, 13 ago. 1970. p. 1-9. Disponível em: www.leychile.cl. Acesso em: 12 mar. 2021.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (Rome). **PROCEDURAL MANUAL**. 24. ed. Rome: Fao/Who, 2015. 241 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i5079e/i5079e.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2020.

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA. AUSTRALIAN GOVERNMENT. **TAILINGS MANAGEMENT: leading practice sustainable development program for the mining industry**. Sydney: Commonwealth Of Australia, 2016. 128 p. Disponível em: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-04/lpsdp-tailings-management-handbook-english.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

CNRH. **RESOLUÇÃO No 143, DE 10 DE JULHO DE 2012.** Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Brasília, 4 set. 2012. Disponível em: <https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/1922-resolucao-n-143-de-10-de-julho-de-2012/file>. Acesso em: 20 fev. 2020.

DEFERT, Daniel. 'Popular life' and insurance technolog. In: BURCHELL, Graham; GORDON, Colin; MILLER, Peter (ed.). **The Foucault effect: studies in governmentality - with two lectures by and an interview with michel foucault.** Chicago: The University Of Chicago Press, 1991. Cap. 11. p. 211-234.

DOUGLAS, Mary. **Risk and Blame: essays in cultural theory.** New York: Taylor & Francis E-Library, 1994. 336 p.

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de minas gerais em relação ao potencial de risco.** 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB-8AUPNJ/1/classifica__o_das_barragens_de_conten__o.pdf. Acesso em: 29 abr. 2018.

ELLIOTT, Anthony. Beck's Sociology of Risk: a critical assessment. **Sociology**, [s. l], v. 36, n. 2, p. 293-315, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1177%2F0038038502036002004>. Acesso em: 9 nov. 2019.

ELLIOTT, Dave. RISK GOVERNANCE: is consensus a con? **Science As Culture**, [s. l], v. 10, n. 2, p. 265-271, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09505430120052338>. Acesso em: 22 fev. 2020.

EMERICH, Danilo. Omissão de mineradora causou rompimento de barragem em Itabirito. **O Tempo.** Belo Horizonte, dez. 2015. p. 1-5. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/omissao-de-mineradora-causou-rompimento-de-barragem-em-itabirito-1.1193280>. Acesso em: 12 mar. 2019.

EUROPEAN UNION. EUROPEAN COMMISSION. **The TRUSTNET Framework**: a new perspective on risk governance. Luxembourg: Office For Official Publications Of The European Communities, 2000. 60 p. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a950e5f4-c76e-11e6-a6db-01aa75ed71a1>. Acesso em: 21 fev. 2020.

EUROPEAN UNION. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL, THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS**: science and society action plan. Brussel: Commission Of The European Communities, 2001a. 25 p. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0714&from=EN>. Acesso em: 22 fev. 2020.

EUROPEAN UNION. EUROPEAN COMMISSION. . **European Governance A White Paper**. Brussels: Commission Of The European Communities, 2001b. 2001 p. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/DOC_01_10. Acesso em: 22 fev. 2002.

EUROPEAN UNION. EUROPEAN COMMISSION. **The 6th EU Research Framework Programme**. 2002. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/MEMO_02_152. Acesso em: 22 fev. 2002.

EUROPEAN UNION. EUROPEAN COMMISSION. **The making of inclusive risk governance: trustnet-in-action**. trustnet-in-action. 2006. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/project/id/503282>. Acesso em: 22 fev. 2020.

EWALD, François. Insurance and risk. In: BURCHELL, Graham; GORDON, Colin; MILLER, Peter (ed.). **The Foucault effect**: studies in governmentality - with two lectures by and an interview with michel foucault. Chicago: The University Of Chicago Press, 1991. Cap. 10. p. 197-210.

EWALD, François. **L'ETAT PROVIDENCE**. Paris: Editions Grasset & Fasquelle, 1996. 610 p.

FACKLER, Martin. Tsunami Warnings, Written in Stone. **The New York Times: ANEYOSHI JOURNAL**. New York, abr. 2011. Seção A, p. 6-6. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2011/04/21/world/asia/21stones.html>. Acesso em: 18 fev. 2020.

FOUCAULT, Michel. Governmentality. In: BURCHELL, Graham; GORDON, Colin; MILLER, Peter (ed.). **The Foucault effect: studies in governmentality - with two lectures by and an interview with michel foucault.** Chicago: The University Of Chicago Press, 1991. Cap. 4. p. 87-104.

FOUCAULT, Michel. **Uma trajetória filosófica: para além do estruturalismo e da hermenêutica.** Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995. 229 p. Tradução de: Vera Porto Carrero.

FOUCAULT, Michel. *A Arqueologia do Saber.* 7. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. 244 p. Tradução de Luiz Felipe Baeta Neves.

FREROTTE, Jean-Luc. **Sadd-El Kafara Showing Upstream Right-Bank Ashlar Facing.** 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Sadd-El-Kafara-Showing-Upstream-Right-Bank-Ashlar-Facing-Picture-Jean-Luc-Frerotte-25_fig1_322716314. Acesso em: 12 fev. 2020.

FUNTOWICZ, Silvio; RAVETZ, Jerome. Risk Management as a Postnormal Science. **Risk Analysis**, [s. l], v. 12, n. 1, p. 95-97, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1992.tb01311.x>. Acesso em: 13 maio 2018.

G1-MG. Rompimento de barreira em mina soterra trabalhadores em Itabirito. **G1 Minas Gerais.** Belo Horizonte, p. 1-4. set. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2014/09/rompimento-de-barreira-soterra-veiculos-na-cidade-d>. Acesso em: 04 jul. 2018.

GALILEU. **Rio Doce está se recuperando após rompimento de barragem em Mariana.** 2021. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2021/04/rio-doce-esta-se-recuperando-apos-rompimento-de-barragem-em-mariana.html>. Acesso em: 12 set. 2021.

GARLAND, David. The Rise of Risk. In: DOYLE, Aaron; ERICSON, Diana (ed.). **Risk and Morality.** Toronto: University Of Toronto Press, 2003. Cap. 3. p. 48-86. Disponível em: <https://doi.org/10.3138/9781442679382>. Acesso em: 4 set. 2019.

GERMAN. GERMAN ADVISORY COUNCIL ON GLOBAL CHANGE. **World in Transition: strategies for managing global environmental risks.** London: Springer, 2000. 384 p. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-56958-6>. Acesso em: 19 fev. 2020.

GIULIO, Gabriela Marques di; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; FERREIRA, Lúcia da Costa; ANJOS, José Ângelo Sebastião Araújo dos. Comunicação e governança do risco: a experiência brasileira em áreas contaminadas por chumbo. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 283-297, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2010000200005>. Acesso em: 19 fev. 2019.

GIDDENS, Anthony. **Modernidade e Identidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002. 224 p. Tradução de: PLÍNIO DENTZIEN.

GOMES, Hannah Martins; RODRIGUES, Victória Marinho; FERREIRA, Adriano Fernandes. Mineradoras Em Barcarena No Pará: A Reação Do Direito Internacional. **Revista Jurídica**, Maringa, v. 1, n. 3, p. 1-25, dez. 2020. Disponível em: <https://revista.fcv.edu.br/index.php/revistadireito/article/view/278>. Acesso em: 13 mar. 2021.

GOODWIN, Paul; WRIGHT, George. **Decision Analysis for Management Judgment**. 5. ed. London: John Wiley & Sons Ltd, 2014.

GRAHAM, John; WIENER, Jonathan Baert. **Risk vs. Risk**: tradeoffs in protecting health and the environment. New York: Harvard University Press, 1995. 351 p. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/j.ctv1smjth8>. Acesso em: 27 fev. 2020

HAMBRETT, Micaela. **Newcrest's Cadia gold mine tailings dam collapse in 2018 causing concern**. 2021. Disponível em: <https://www.abc.net.au/news/2021-04-20/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

HAMMOND, John S.; KEENEY, Ralph L.; RAIFFA, Howard. **Smart Choices**: a practical guide to making better decisions. London: Crown Business, 1998. 152 p.

HARAWAY, Donna Jeanne. **Simians, Cyborgs, and Women**: the reinvention of nature. New York: Taylor & Francis, 1991. 313 p.

HERIARD-DUBREUIL, Gilles. Present challenges to risk governance. **Journal Of Hazardous Materials**, [s. l], v. 86, n. 1, p. 245-248, 2001. Disponível em: 10.1016/s0304-3894(01)00261-8. Acesso em: 22 fev. 2020.

HIRZALLA, Fadi. **Qualitative Comparative Analysis (QCA) by Universidade Erasmus de Rotterdam**. 2020. Disponível em: <https://www.coursera.org/learn/qualitative-comparative-analysis/home/info>. Acesso em: 12 abr. 2021.

HM TREASURY. TREASURY AND HEAD OF THE GOVERNMENT ECONOMIC SERVICE. **Managing risks to the public**: appraisal guidance. London: Hm Treasury, 2005. 62 p. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/191518/Managing_risks_to_the_public_appraisal_guidance.pdf. Acesso em: 10 fev. 2020.

HOLLWAY, Wendy; JEFFERSON, Tony. The Risk Society in an Age of Anxiety: situating fear of crime. **The British Journal Of Sociology**, London, v. 48, n. 2, p. 255-266, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/591751>. Acesso em: 8 dez. 2019.

ICOLD. **Risk Assessment In Dam Safety Management**: A reconnaissance of benefits, methods and current applications. Paris: Icold, 2005. 281 p. Bulletin 130.

ICOLD. **Definition of a “Large Dam”**. 2020. Disponível em: https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp. Acesso em: 18 set. 2020.

IRGC (org.). Introduction to the IRGC Risk Governance Framework: revised version. **Epfl International Risk Governance Center**, Lausanne, v. 1, n. 1, p. 1-52, 2017. Disponível em: <https://irgc.org/risk-governance/what-is-risk-governance/>. Acesso em: 28 jan. 2021.

KAHNEMAN, Daniel. **Thinking, Fast and Slow**: (english edition). New York: Farrar, Straus And Giroux, 2012. 514 p.

KAPLAN, Stanley; GARRICK, John. On The Quantitative Definition of Risk. **Risk Analysis**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 11-27, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x>. Acesso em: 27 fev. 2020.

KAPLAN, Stanley. Risk assessment and risk management: Basic concepts and terminology. In: KNIEF, Ronald. **Risk Management**: expanding horizons in nuclear power and other industries. Boston: Hemisphere, 1991. Cap. 1. p. 11-28.

KASPERSON, Roger; RENN, Ortwin; SLOVIC, Paul; BROWN, Halina; EMEL, Jacque; GOBLE, Robert; KASPERSON, Jeanne; RATICK, Samuel. The Social Amplification of Risk A Conceptual Framework. **Risk Analysis**, [s. l], v. 8, n. 2, p. 177-187, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1988.tb01168.x>. Acesso em: 11 set. 2019.

KENNETT, Patricia. **Governance, Globalization and Public Policy**. Northampton: Edward Elgar Publishing Limited, 2008. 288 p. Collection: Social And Political Science 2010 and before.

KJAER, Anne Mette. Introduction: the meanings of governance. In: KJAER, Anne Mette. **Governance**. Nova Jersey: Wiley, 2004. Cap. 1. p. 1-16. Disponível em: https://ceses.cuni.cz/CESES-136-version1-1D1_Governance_Intro_Kjaer_2004.pdf. Acesso em: 13 dez. 2018.

KLINKE, Andreas; RENN, Ortwin. A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies. **Risk Analysis**, [s. l], v. 22, n. 6, p. 1071-1094, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1539-6924.00274>. Acesso em: 12 fev. 2020.

KLINKE, Andreas; RENN, Ortwin. The Coming of Age of Risk Governance. **Risk Analysis: Special Issue: 40 Years of Social Sciences in Risk Research Reconsidered**, [s. l], v. 41, n. 3, p. 544-557, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/risa.13383>. Acesso em: 12 set. 2021.

KOEHLER, Derek; HARVEY, Nigel (ed.). **Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making**. London: Blackwell Publishing Ltd, 2004. 675 p.

LATOUR, Bruno. **Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994. 165 p. (Coleção TRANS). Tradução de: Carlos Irineu da Costa.

LEINFELLNER, Werner; KÖHLER, Eckehart. **Developments in the Methodology of Social Science**. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1974. 442 p.

LIRA, Bruna Roberta Pereira. **Avaliação do Comportamento e da Tendência Pluviométrica na Amazônia Legal no Período de 1986 A 2015**. 2019. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019. Disponível em:

http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPA_58d0755f80789d8d2debb3c61327c6eb. Acesso em: 12 fev. 2021.

LOWRANCE, William. **Of acceptable risk**: science and the determination of safety. Los Altos: William Kaufmann, 1976. 191 p.

LOUZADA, Aline Furtado; RAVENA, Nírvia. Dam safety and risk governance for hydroelectric power plants in the Amazon. **Journal Of Risk Research**, [s. l], v. 22, n. 12, p. 1571-1585, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13669877.2018.1501595>. Acesso em: 21 fev. 2020.

LUHMANN, Niklas. **Risk**: a sociological theory. New York: Walter de Gruyter, 1993. 242 p. Tradução de: Rhodes Barrett.

LUPTON, Deborah (ed.). **Risk and sociocultural theory**: new directions and perspectives. New York: Cambridge University Press, 1999. 201 p.

LUPTON, Deborah. **Risk**. 2. ed. New York: Routledge, 2013. 275 p.

LYALL, Catherine; TAIT, Joyce. Shifting Policy Debates and the Implications for Governance. In: LYALL, Catherine; TAIT, Joyce. **New Modes of Governance**: developing an integrated policy approach to science, technology, risk and the environment. London: Routledge, 2005. Cap. 1. p. 3-17. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781315248042>. Acesso em: 17 fev. 2020.

LYNG, Stephen. Edgework: a social psychological analysis of voluntary risk taking. **American Journal Of Sociology**, Chicago, v. 95, n. 4, p. 851-886, 1990. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2780644>. Acesso em: 19 dez. 2019.

LYNG, Stephen. **Edgework**: the sociology of risk taking. New York: Taylor & Francis Group, 2005.

MARCHI, Bruna de. Risk Governance and the Integration of Different Types of Knowledge. In: FRA.PALEO, Urbano. **Risk Governance**: the articulation of hazard, politics and ecology. London: Springer, 2015. Cap. 9. p. 149-167.

MATHIS, Armin. A Sociedade Na Teoria Dos Sistemas De Niklas Luhmann. **Presença Revista de Educação, Cultura e Meio Ambiente, Rondônia**, v. 8, n. 28, p. 1-23, maio 2004. Disponível em: http://www.revistapresenca.unir.br/artigos_presenca/28arminmathias_asociedadenateoriadossistemas.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022.

MELLO, Flavio Miguez de; PIASENTIN, Corrado. **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI**. Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 533 p.

MENESCAL, Rogério de Abreu. **Gestão da Segurança de Barragens no Brasil - proposta de um sistema integrado, descentralizado, transparente e participativo**. 2009. 769 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

NETHERLANDS. NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY. **RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication: mini-checklist & quickscan questionnaire** (rivm/mnp guidance for uncertainty assessment and. Bilthoven: National Institute For Public Health And The Environment (Rivm), 2003. 16 p. Disponível em: https://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/Guidance_MC_QS-Q.pdf. Acesso em: 19 fev. 2020.

NEW ZEALAND. To provide for the regulation of building work, the establishment of a licensing regime for building practitioners, and the setting of performance standards for buildings to ensure that. **Lei: Building Act. 72**. ed. Wellington, 24 ago. 2004. p. 1-403. Disponível em: <https://www.legislation.govt.nz/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

NEW ZEALAND. Lei, de 22 de julho de 1991. In this Act, sustainable management means managing the use, development, and protection of natural and physical resources in a way, or at a rate, which enables people and communities to provide for their social, economic, and cultural well-being and for their health and safety while. **Resource Management Act. 69**. ed. Wellington, 22 jul. 1991. p. 1-842. Disponível em: <https://www.legislation.govt.nz/act>. Acesso em: 19 abr. 2021.

NEW ZEALAND. The main purpose of this Act is to provide for a balanced framework to secure the health and safety of workers and workplaces. **Health And Safety At Work Act**. 70. ed. Seção 2, p. 1-193. Disponível em: <https://www.legislation.govt.nz/act/>. Acesso em: 14 fev. 2021.

NSW-GOVERNMENT. **Dams in NSW**. 2021. Disponível em: <https://www.damsafety.nsw.gov.au/dams-in-nsw>. Acesso em: 13 nov. 2021.

NZSOLD. **NZSOLD: New Zealand Dam Safety Guidelines**. 1 ed. Wellington: Nzsold, 2015. 302 p. Disponível em: <https://nzsold.org.nz/>. Acesso em: 12 abr. 2021.

O'RIORDAN, Timothy. Risk-Perception: studies and policy priorities. **Risk Analysis**, [s. l], v. 2, n. 2, p. 95-100, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1982.tb01370.x>. Acesso em: 12 jun. 2018.

PARÁ. Fabiana Otero. Secretaria de Comunicação do Estado do Pará - Agência Pará. **Pará registra saldo positivo no Produto Interno Bruto em 2020**. 2021. Disponível em: <https://www.agenciapara.com.br/noticia/25630>. Acesso em: 19 jul. 2021.

PAUGAM, Serge. Durkheim e o vínculo aos grupos: uma teoria social inacabada. **Dossiê • Sociologias**, [s. l], v. 44, n. 19, p. 128-160, abr. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/kYGBn8WNgdxQ6V4JmPxxgVp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2020.

RAHADIANA, Rieka; NAGARAJAN, Ganesh; BLAKE, Chris. Falta de boias de tsunami ainda expõe milhões de pessoas. **Revista Exame**. São Paulo, 24 dez. 2014. Mundo, p. 1-3. Disponível em: <https://exame.com/mundo/falta-de-boias-de-tsunami-ainda-expoe-milhoes-de-pessoas/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

RAGIN, Charles. **Fuzzy-set social science**. Chicago: University Of Chicago Press, 2000.

RAGIN, Charles. **Redesigning Social Inquiry Fuzzy Sets and Beyond**. Chicago: University Of Chicago Press, 2008.

RAGIN, Charles; FISS, Peer. **Net effects analysis versus configurational analysis: An empirical demonstration**. Chicago: University Of Chicago Press, 2008. 234 p.

RENN, Ortwin. Concepts of risk: a classification. In: KRIMSKY, Sheldon; GOLDING, Dominic (ed.). **Social theories of risk**. New York: Praeger Publisher, 1992. Cap. 3. p. 53-79. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309010237_Concepts_of_risk_A_classification. Acesso em: 18 fev. 2019.

RENN, Ortwin. White Paper on Risk Governance: white paper on risk governance: toward an integrative framework. In: RENN, Ortwin; WALKER, Katherine (org.). **Global Risk Governance: concept and practice using the irgc framework**. Geneva: Springer Dordrecht, 2008a. Cap. 14. p. 3-73. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-6799-0#editorsandaffiliations>. Acesso em: 21 nov. 2019.

RENN, Ortwin. **Risk Governance: coping with uncertainty in a complex world**. London: Earthscan, 2008b.

RENN, Ortwin; KLINKE, Andreas; VAN ASSELT, Marjolein. Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk Governance: a synthesis. **Ambio**, [s. l], v. 40, n. 1, p. 231-246, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/50906034_Coping_with_Complexity_Uncertainty_and_Ambiguity_in_Risk_Governance_A_Synthesis. Acesso em: 12 out. 2019.

REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. Provide for fundamental reform of the law relating to water resources; to repeal certain laws; and to provide for matters connected therewith. **Lei**. Pretória, p. 1-102. Disponível em: <https://www.gov.za/>. Acesso em: 12 abr. 2021.

RIHOUX, Benoît; RAGIN, Charles. **Configurational Comparative Methods: Qualitative Comparative Analysis (QCA) and Related Techniques**. London: Sage Publications, 2009. 209 p. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4135/9781452226569>. Acesso em: 12 ago. 2020.

ROIG-TIERNO, Norat; GONZALEZ-CRUZ, Tomas F.; LLOPIS-MARTINEZ, Jordi. An overview of qualitative comparative analysis: a bibliometric analysis. **Journal Of Innovation & Knowledge**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 15-23, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jik.2016.12.002>.

ROSA, Eugene A. Metatheoretical foundations for post-normal risk. **Journal Of Risk Research**, [s. l], v. 1, n. 1, p. 15-44, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/136698798377303>. Acesso em: 26 fev. 2020.

ROSA, Eugene A. The logical structure of the social amplification of risk framework (SARF): metatheoretical foundations and policy implications. In: PIDGEON, Nick; KASPERSON, Roger; SLOVIC, Paul (ed.). **The social amplification of risk**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. Cap. 2. p. 47-79.

RUBINSON, Claude. Contradictions in fsQCA. **Quality & Quantity**, [S.L.], v. 47, n. 5, p. 2847-2867, 1 mar. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11135-012-9694-3>.

SCI JOURNAL (Grandville). **SCI Journal**: impact factor database. Impact Factor Database. 2021. Disponível em: <https://www.scijournal.org/>. Acesso em: 11 dez. 2021.

SCHNEIDER, Carsten; WAGEMANN, Claudius. **Set-Theoretic Methods for the Social Sciences**: a guide to qualitative comparative analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 370 p.

SCHWELLNUS, Guido. **Eliminating the Influence of Irrelevant Cases on the Consistency and Coverage of Necessary and Sufficient Conditions in Fuzzy-Set QCA**. 2013. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Eliminating-the-Influence-of-Irrelevant-Cases-on-of-Schwellnus/9435a82b683b4b2dad3c1a0799c94bb931f451b0>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SILVA, Joana Braconi da. **O conceito de governança como contribuição à análise das transformações organizacionais**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Engenharia de Produção, Coppe, Ufrj, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/JoanaBraconiDaSilva.pdf. Acesso em: 19 jan. 2019.

SILVA FILHO, Ernesto Batista da; ALVES, Maria Cristina; MOTTA, Mauricio. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 12, p. 322-338, ago. 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/7wWLD4vdCd6nWnNqYzcLXfs/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 4 mar. 2019.

SLOVIC, Paul. Trust, Emotion, Sex, Politics, and Science: surveying the risk-assessment battlefield. **Risk Analysis**, [s. l], v. 4, n. 19, p. 689-701, 1999.

SLOVIC, Paul. **The Perception of Risk**. London: Earthscan, 2000. 511 p.

SOUSA, Filipe Fernandes de; SILVA, Nathália Thaís Cosmo da; SILVA, Douglas Mansur da; TEIXEIRA, Reinaldo Duque Brasil Landulfo. O PAPEL DA COMUNICAÇÃO DE RISCO NA CONSTRUÇÃO DA GOVERNANÇA TERRITORIAL: uma análise a partir do território são mateus, minas gerais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [s. l], v. 15, n. 4, p. 119-132, 2019.

SRIVASTAVA, Anurag. **Generalized Event Tree Algorithm and Software for Dam Safety Risk Analysis**. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Master Of Science In Civil And Environmental Engineering, Utah State University, Logan, 2008. Disponível em: <https://digitalcommons.usu.edu/etd>. Acesso em: 17 fev. 2021.

STEINBRENNER, Rosane Albino; GUERREIRO NETO, Guilherme; BRAGANÇA, Pedro Loureiro de; CASTRO, Edna Maria Ramos de. Desastre da mineração em Barcarena, Pará e cobertura midiática: diferenças de duração e direcionamentos de escuta. **Reciis**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 14, p. 307-328, jun. 2020. Disponível em: <https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/view/2063>. Acesso em: 12 jan. 2021.

STIRLING, Andy. Risk at a turning point? **Journal Of Risk Research**, [s. l], v. 1, n. 2, p. 97-109, 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233568378_Risk_at_a_turning_point. Acesso em: 23 fev. 2020.

STIRLING, Andy. Risk, uncertainty and precaution: some instrumental implications from the social sciences. In: BERKHOUT, Frans; LEACH, Melissa; SCOONES, Ian. **Environmental Change: new perspectives from social science**. Cheltenham: Edward Elgar, 2003. Cap. 2. p. 33-76.

STIVAL, Monica Loyola. Governo e Poder em Foucault. **Trans/Form/Ação**, Marília, v. 4, n. 39, p. 107-126, dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/trans/a/NfdDHFSLR7QszPyWZCM3r9t/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 abr. 2019.

STR/AFP. **3,000-year-old dam revives farming in Turkish village**. 2008. Disponível em: <https://www.gettyimages.com.br/detail/foto-jornal%C3%ADstica/year-old-dam-revives-farming-in-turkish-village-an-foto-jornal%C3%ADstica/72794619>. Acesso em: 19 fev. 2020.

TAYLOR-GOOBY, Peter; ZINN, Jens Oliver. Current Directions in Risk Research: new developments in psychology and sociology. **Risk Analysis**, [s. l], v. 2, n. 26, p. 397-411, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00746.x>. Acesso em: 14 fev. 2020.

TULLOCH, John; LUPTON, Deborah. **Risk and Everyday Life**. London: Sage, 2003. 152 p.

TULLOCH, John. Culture and Risk. In: ZINN, Jens Oliver (ed.). **Social Theories of Risk and Uncertainty**. Malden: Blackwell Publishing, 2008. Cap. 6. p. 138-167.

VAN ASSELT, Marjolein. Risk Governance: over omgaan met onzekerheid en mogelijke toekomsten. **Universiteit Maastricht**, Maastricht, v. 1, n. 1, p. 1-43, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.26481/spe.20071026ma>. Acesso em: 21 fev. 2020.

VAN ASSELT, Marjolein; RENN, Ortwin. Risk governance. **Journal Of Risk Research**, London, v. 14, n. 4, p. 431-449, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13669877.2011.553730>. Acesso em: 19 jan. 2019.

WEBER, Max. **A Ciência como Vocação**. Covilhã: Lusosofia, 2005. 36 p. Tradução de: Artur Morão. Disponível em: http://www.lusosofia.net/textos/weber_a_ciencia_como_vocacao.pdf. Acesso em: 6 ago. 2019.

WEIR, Lorna. Recent developments in the government of pregnancy. **Economy And Society**, [s. l], v. 25, n. 3, p. 372-392, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03085149600000020>. Acesso em: 13 jul. 2020.

WILLS, Barry; FINCH, James. **Wills' Mineral Processing Technology**: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. 8. ed. Oxford: Elsevier, 2015. 496 p.

WILLIS, Henry. **Guiding Resource Allocations Based on Terrorism Risk**. Santa Monica: Center For Terrorism Risk Management Policy, 2006. 24 p. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/working_papers/WR371.html. Acesso em: 27 fev. 2020.

WOODSIDE, Arch G.; ZHANG, Mann. Identifying X-Consumers Using Causal Recipes: **∴whales∴** and **∴jumbo shrimps∴** casino gamblers. **Journal Of Gambling Studies**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 13-26, 2 mar. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10899-011-9241-5>.

WRITER, Larry. **The Australian Book of Disasters**. Pier: Murdoch Books, 2011.

ZHANG, Limin; PENG, Ming; CHANG, Dongsheng; XU, Yao. **Dam Failure Mechanisms and Risk Assessment**. Singapore: John Wiley & Sons, 2016. 499 p.

ZINN, Jens Oliver. **Social Theories of Risk and Uncertainty**: an introduction. Malden: Blackwell Publishing, 2008. 262 p.

ZÜRN, Michael. Democratic Governance Beyond the Nation-State: the eu and other international institutions. **European Journal Of International Relations**, [s. l], v. 6, n. 2, p. 183-221, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1177%2F1354066100006002002>. Acesso em: 13 fev. 2020.

ANEXO I

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança do IRGC
Data:	20/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	X	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	X	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25	X	
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25	X	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	X	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	X	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	X	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17	X	
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17	X	
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17	X	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	X	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	X	
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20	X	
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20	X	
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20	X	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17	X	
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	X	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	X	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17	X	
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17	X	
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17	X	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	X	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33	X	
DV-3	Contexto	0,00	0,33	X	
Grau da Dimensão	1,00				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança da ANM
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	X	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	X	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25	X	
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25	X	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	X	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	X	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	X	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		X
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		X
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17	X	
Grau da Dimensão	0,67				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	X	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	X	
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20	X	
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		X
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20	X	
Grau da Dimensão	0,80				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17	X	
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	X	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	X	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17		X
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		X
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		X
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	X	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33	X	
DV-3	Contexto	0,00	0,33		X
Grau da Dimensão	0,67				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança da SEMAS/PA
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	x	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	x	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25		x
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	x	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	x	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	x	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		x
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		x
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	x	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	x	
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20		x
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		x
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20		x
Grau da Dimensão	0,40				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17		x
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	x	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	x	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17	x	
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		x
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	x	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		x
DV-3	Contexto	0,00	0,33		x
Grau da Dimensão	0,33				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança do INEMA/BA
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	x	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	x	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25		x
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	x	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	x	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	x	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		x
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		x
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	x	x
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	x	x
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20		x
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		x
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20		x
Grau da Dimensão	0,40				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17	x	
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	x	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	x	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17		x
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		x
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	x	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		x
DV-3	Contexto	0,00	0,33		x
Grau da Dimensão	0,33				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança do SEMA/MA
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	x	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	x	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25		x
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	x	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	x	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	x	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		x
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		x
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	x	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	x	
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20		x
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		x
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20		x
Grau da Dimensão	0,40				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17	x	
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	x	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	x	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17		x
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		x
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	x	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		x
DV-3	Contexto	0,00	0,33		x
Grau da Dimensão	0,33				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança do SEMAD/MG
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	x	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	x	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25	x	
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25	x	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	x	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	x	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	x	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17	x	
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17	x	
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17	x	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	x	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	x	
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20	x	
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20	x	
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20	x	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17	x	
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	x	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	x	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17	x	
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17	x	
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17	x	
Grau da Dimensão	1,00				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	x	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		x
DV-3	Contexto	0,00	0,33	x	
Grau da Dimensão	0,67				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança do CETESB/SP
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	x	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25	x	
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25		x
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	x	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17	x	
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17	x	
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		x
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		x
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	x	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20	x	
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20		x
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		x
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20		x
Grau da Dimensão	0,40				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17	x	
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17	x	
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17	x	
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17		x
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		x
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,50				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	x	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		x
DV-3	Contexto	0,00	0,33		x
Grau da Dimensão	0,33				

Questionário de Atribuição de Grau Para as Condições Causais	
Nome do Caso:	Modelo de Governança do NATURATINS/TO
Data:	22/09/2022

Considerações introdutórias: O grau unitário será atribuído em função do valor máximo indicado em cada coluna da dimensão específica em caso de presente e no valor de 0,00 no caso de ausente. O parametro grau de dimensão será calculado em função da média aritmética dos valores obtidos na determinação dos graus unitários

Dimensão I	Pré-Avaliação	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DI-1	Enquadramento do problema	0,00	0,25	x	
DI-2	Alerta precoce	0,00	0,25		x
DI-3	Exame prévio	0,00	0,25		x
DI-4	Determinações das convenções científicas	0,00	0,25		x
Grau da Dimensão	0,25				

Dimensão II	Classificação do risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DII-1	Identificação e estimativa do perigo	0,00	0,17	x	
DII-2	Avaliação da exposição e vulnerabilidade	0,00	0,17		x
DII-3	Estimativa do risco	0,00	0,17		x
DII-4	Percepção do risco	0,00	0,17		x
DII-5	Preocupação social	0,00	0,17		x
DII-6	Impactos socioeconômicos	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,17				

Dimensão III	Análise do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIII-1	Perfil do risco	0,00	0,20	x	
DIII-2	Julgamento da seriedade acerca do risco	0,00	0,20		x
DIII-3	Opções de redução do risco e conclusões	0,00	0,20		x
DIII-4	Julgamento da aceitabilidade e tolerabilidade do risco	0,00	0,20		x
DIII-5	Necessidades de medidas de redução do risco	0,00	0,20		x
Grau da Dimensão	0,20				

Dimensão IV	Gerenciamento do Risco	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DIV-1	Execução das opções	0,00	0,17		x
DIV-2	Monitoramento e controle	0,00	0,17		x
DIV-3	Feedback das práticas de gerenciamento do risco	0,00	0,17		x
DIV-4	Identificação e produção de opções	0,00	0,17		x
DIV-5	Avaliação das opções	0,00	0,17		x
DIV-6	Análise e seleção das opções	0,00	0,17		x
Grau da Dimensão	0,00				

Dimensão V	Aspectos transversais	Grau Unitário		Presente	Ausente
		Caso ausente	Caso presente		
DV-1	Comunicação	0,00	0,33	x	
DV-2	Engajamento dos interessados	0,00	0,33		x
DV-3	Contexto	0,00	0,33		x
Grau da Dimensão	0,33				