



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA OS  
ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL

TATIANA RODRIGUES DE FREITAS SIMÕES

BELO HORIZONTE

2019

TATIANA RODRIGUES DE FREITAS SIMÕES

ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA OS  
ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira  
Coorientador: MSc. Alceu Raposo Junior

BELO HORIZONTE

2019

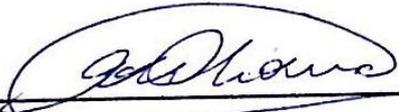
TATIANA RODRIGUES DE FREITAS SIMÕES

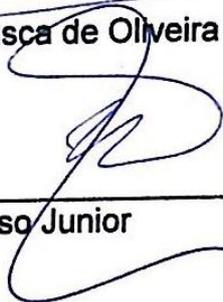
ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA  
OS ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL

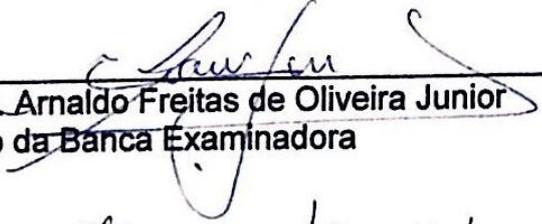
Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Centro Federal de  
Educação Tecnológica de Minas Gerais  
como requisito parcial para obtenção do  
título de Engenheira Ambiental e  
Sanitarista.

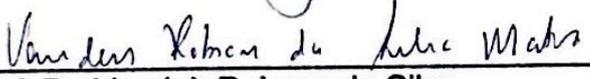
Data de aprovação: 18/06/2019

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. MSc. Alceu Raposo Junior  
Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Junior  
Membro da Banca Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Vandeir Robson da Silva  
Membro da Banca Examinadora

SIMÕES, Tatiana Rodrigues de Freitas.

S--

Análise de risco ambiental: uma proposta metodológica para os estudos de impacto ambiental/ Tatiana Rodrigues de Freitas Simões. - Registro: 2019.

71 f.; --cm.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira  
Coorientador: MSc. Alceu Raposo Junior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2019.

1.Risco Ambiental. 2.Metodologia. 3. Estudo de Impacto Ambiental.  
I. Tatiana Rodrigues de Freitas Simões. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Análise de risco ambiental: uma nova proposta metodológica para os estudos de impacto ambiental.

CD-----

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me dado força e suporte para superar as minhas dificuldades, inseguranças e fraquezas.

Aos meus pais Janine e Hélio, aos meus irmãos Bianca e Hélio, à minha avó Nadege e ao meu marido Guilherme que sempre se fizeram presentes durante minha jornada acadêmica. Agradeço pelo amor incondicional e pelo incentivo de sempre buscar o melhor de mim e sempre me apoiarem nesta trajetória.

Ao professor Evandro Carrusca Oliveira por me orientar neste trabalho desafiador, pelo cuidado e atenção e pela confiança depositada em mim para a execução deste trabalho.

Agradeço também ao mestre Alceu Raposo Junior por me coorientar, colaborando com apontamentos importantes para o sucesso deste trabalho e pelo incentivo.

Agradeço ao CEFET, que me proporcionou oportunidade de crescimento pessoal e profissional, fazendo parte da minha formação.

*“Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas. A ele seja a glória para sempre! Amém.” Romanos 11:36*

## RESUMO

SIMÕES, Tatiana Rodrigues de Freitas, Análise de risco ambiental: uma proposta metodológica para os estudos de impacto ambiental. 2019. 71f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Ciências e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

O risco é uma ameaça ou perigo de ocorrência, é um estado de incerteza que envolve perda, catástrofe ou outro resultado não desejável. Todo evento está sujeito ao risco, mas dependendo de alguns fatores, este pode ser considerado significativo ou não. No Brasil, o debate atual sobre essas questões é muito limitado e as metodologias de avaliação têm sido trazidas de outros países, sem uma análise da sua aplicabilidade à realidade brasileira. Diante disso, propõe-se o desenvolvimento de uma metodologia capaz de contribuir como ferramenta de prognóstico para análise preliminar de risco ambiental, visando melhor entendimento dos respectivos riscos mediante as realidades e particularidades do evento em questão para auxiliar nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA). Foram selecionados oito atributos consagrados para análise de risco ambiental sendo eles: frequência, severidade, espacialização, vulnerabilidade, tolerância, intensidade, complexidade do sistema e pontos de ruptura. Após isso, foram atribuídos diferentes pesos para cada critério que se multiplicam, obtendo assim um resultado final para o risco. Os limites para a classificação dos riscos foi definida de forma estatística e empírica e a metodologia foi aplicada a oito estudos de caso para a validação e calibração do modelo. O modelo apresentou resultados para análises de risco coerentes, visto que os estudos com baixa relevância ambiental apresentaram baixo risco e os estudos com elevada relevância apresentaram risco muito alto. É considerado um modelo prático, robusto e confiável, porém, é necessário que seja aprimorado visto que foram realizados testes em apenas oito estudos de caso, para que a metodologia seja aprimorada.

**Palavras-chave:** Risco. Análise de Risco Ambiental. Metodologia.

## ABSTRACT

SIMÕES, Tatiana Rodrigues de Freitas, Environmental risk analysis: a methodological proposal for environmental impact studies. 2019. 71p. Monography (Undergraduate in Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Risk is a threat or dangerous event, with an element of uncertainty and which could result in an undesired outcome. Every event is subject to a risk, and when assessed with additional facts, can be classified as significant or non-significant. In Brazil, the assessment of environmental risk is, in many cases, restricted to the application of overseas methodologies without a thorough adaptation to the Brazilian scenario. On this regard, we are proposing the development of a new methodology, enabling the preliminary assessment of environmental risks, and envisaging a better understanding of its risks, basing the study on details extracted from each event of Environmental Impact Study. We sampled the eight following attributes to assess the Environmental Risk: frequency, severity, speciality, vulnerability, tolerance, intensity, system complexity and breakpoints. After obtaining the samples, we classified each attribute applying different rates for each criteria, thus resulting in a final risk assessment. The limits to classify the risks were statistically and empirically defined. We applied the methodology over eight samples, and we are satisfied with the accuracy of this model for the purpose of this undergraduate thesis. The model had the expected outcome, which samples with low environmental relevancy resulted in low risk and, samples with high environmental relevancy resulted in higher risk. This model is considered a practical model, robust, trustable, although needs to be tested with a larger population as the accuracy was tested across eight samples.

**Keywords:** Risk. Environmental Risk Analysis. Methodology.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Classificação de riscos ambientais.....	30
FIGURA 2 - Identificação de riscos. ....	32
FIGURA 3 - Construção dos intervalos de classe. ....	48

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Categorias de probabilidade segundo Cardoso et.al (2004). .....	33
QUADRO 2 - Categorias de probabilidade segundo Bissacot e Oliveira (2016). .....	33
QUADRO 3 - Categorias de frequência segundo Morgado (2002). .....	34
QUADRO 4 - Categorias de severidade segundo Morgado (2002).....	34
QUADRO 5 - Categorias de severidade segundo Vaz Junior (2017).....	35
QUADRO 6 - Categorias de severidade segundo Cardoso et. al (2004). .....	35
QUADRO 7 - Categorias de espacialização segundo Raposo Junior, Batista e Weber (2016).....	36
QUADRO 8 - Categorias de vulnerabilidade segundo Raposo Junior, Batista e Weber (2016). .....	36
QUADRO 9 - Categorias de tolerabilidade segundo ANAC (2019). .....	37
QUADRO 10 - Categorias de intensidade segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2015).....	37
QUADRO 11 - Categorias de intensidade segundo Saito (2008).....	38
QUADRO 12 - Categorias de frequência. ....	41
QUADRO 13 - Categorias de severidade.....	42
QUADRO 14 - Categorias de espacialização.....	42
QUADRO 15 - Categorias de vulnerabilidade. ....	43
QUADRO 16 - Categorias de tolerância.....	43
QUADRO 17 - Categorias de intensidade.....	44
QUADRO 18 - Categorias de complexidade do sistema.....	44
QUADRO 19 - Categorias de pontos de ruptura. ....	44
QUADRO 20 - Definição dos limites das classes considerando a estatística. ....	49
QUADRO 21 - Pesos atribuídos para o limite superior da 1ªClasse – Baixo. ....	49
QUADRO 22 - Pesos atribuídos para o limite superior da 2ªClasse – Médio.....	50
QUADRO 23 - Pesos atribuídos para o limite superior da 3ªClasse – Alto. ....	50
QUADRO 24 - Definição dos limites das classes considerando a experiência. ....	51
QUADRO 25 - Análise de risco ambiental do Caso 1 - Acidente com caminhão. ....	54
QUADRO 26 - Análise de risco ambiental do Caso 2 - Vazamento de diesel em posto de combustível .....	54
QUADRO 27 - Análise de risco ambiental do Caso 3 - Vazamento em plataforma de petróleo .....	55

QUADRO 28 - Análise de risco ambiental do Caso 4 - Explosão do gasômetro da Usiminas.....	56
QUADRO 29 - Análise de risco ambiental do Caso 5 - Incêndio no Museu Nacional do Brasil .....	57
QUADRO 30 - Análise de risco ambiental do Caso 6 - Incêndio em Unidade de Conservação .....	57
QUADRO 31 - Análise de risco ambiental do Caso 7 - Chuvas Intensas RJ .....	58
QUADRO 32 - Análise de risco ambiental do Caso 8 - Rompimento da Barragem em Mariana .....	59

## LISTA DE SIGLAS

AE	-	Árvore das Causas
AIA	-	Avaliação de Impacto Ambiental
AMFE	-	Análise de Árvores de Falhas e Efeitos
APP	-	Análise Preliminar de Perigo
APR	-	Análise Preliminar de Risco
AQR	-	Avaliação Quantitativa de Riscos
ARA	-	Análise de Risco Ambiental
ASTM	-	American Society for Testing and Materials
CETESB	-	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	-	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	-	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	-	Environmental Protection Agency
EUA	-	Estados Unidos da América
FHWA	-	Federal Highway Administration
FMEA	-	Failure Mode and Effects Analysis
HAZOP	-	Análise de Perigos e Operacionalidade
NR	-	Norma Regulamentadora
NT		Norma Técnica
PMBOK	-	Project Management Body of Knowledge
PRE	-	Plano de Resposta a Emergência
RBCA	-	Risk Based Corrective Action
RIMA	-	Relatório de Impacto Ambiental
SR	-	Série de Riscos
TIC	-	Técnica de Incidentes Críticos
TR		Termo de Referência
WIC	-	What If I Checklist

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>17</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
3.1 - Objetivo Geral.....	18
3.2 - Objetivos Específicos.....	18
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
4.1 - O Risco Ambiental nos Estados Unidos e no Brasil.....	19
4.2 - Licenciamento Ambiental e Legislações .....	20
4.3 - Estado da Arte nos Estudos de Riscos Ambientais .....	23
4.3.1- Classificação de Riscos.....	27
4.3.2 - As Principais Metodologias e Atributos de Identificação e Análise dos Riscos.....	31
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
5.1 - Elaboração da Planilha .....	41
5.1.1 - Atributos .....	41
5.1.2 - Pesos.....	45
5.1.3 - Definição dos limites das classes .....	47
5.1.4 - Estudos de Caso .....	51
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Para o dicionário Aurélio (25/04/2019) a palavra risco tem a seguinte definição: “é um substantivo masculino que dependendo do contexto pode ter diferentes acepções, embora o significado predominante seja a possibilidade ou probabilidade de que algo pode acontecer. Risco é uma ameaça ou perigo de determinada ocorrência”.

Do ponto de vista conceitual ou teórica vários autores e pesquisadores estudaram os riscos nas suas diversas formas e campos diversificados onde existe o risco, seja ele financeiro, ambiental, social, tecnológico e entre outros. Desta forma, existem diversos conceitos de risco cada um de acordo com o seu campo de atuação e interesse.

O conceito de gerenciamento de riscos pela perspectiva de gerenciamento de projetos está relacionado a uma condição indeterminada de um evento que provoca efeitos nos objetivos do projeto caso ocorra (PMBOK, 2013, *apud* NEVES, RODRIGUES e PORTO, 2013). Sendo assim, “um risco é qualificado pela sua probabilidade de ocorrência e pelo seu impacto sobre os objetivos do projeto” (NEVES; RODRIGUES; PORTO, 2013).

Outra definição para risco é proposta por Hubbard (2007, *apud* NEVES, RODRIGUES E PORTO, 2013), o qual estabelece que risco seja um estado da incerteza, em que algumas probabilidades envolvem uma perda, catástrofe, ou outro resultado não desejável. Para Neves, Rodrigues e Porto (2013) o risco é um conjunto de eventos com probabilidade de ocorrência e perdas quantitativas.

Os riscos ambientais, que são objeto de interesse deste trabalho, são classificados de acordo com a probabilidade de ocorrência de um acidente provocando danos, muitas vezes catastróficos, ao meio social, econômico e ambiental. A incerteza de que o evento aconteça já é configurada como risco. Determinados cenários, circunstâncias e locais que apresentam maior susceptibilidade e vulnerabilidade de ocorrência do risco, uma vez que encontram-se mais expostos a perigos, impactos ou desastres (CASTRO et al., 2011).

Segundo Dagnino e Carpi Junior (2007), a abordagem dos riscos ambientais está pautada a temas importantes como a interdisciplinaridade com diversos ramos de conhecimento e da tecnologia do mundo atual, que tem sido fortemente discutido no meio acadêmico.

De acordo com a perspectiva histórica, a construção sobre o entendimento de risco começa a ganhar visibilidade e, a partir da segunda metade do século passado, se inicia os estudos sobre essa temática. O cuidado em entender os riscos e saber como eles podem se propagar, deve-se ao fato de que a humanidade começou a ser afetada pelos impactos provocados devido ao uso intenso do meio ambiente no período da Revolução Industrial, por visar a produtividade desenfreada com o foco direcionado ao crescimento econômico e sem se preocupar com o meio socioambiental. Alguns impactos como a elevada poluição do ar, alteração da qualidade das águas, vazamento de produtos químicos e impactos severos à vida humana se tornaram essenciais para que os governantes comesçassem a discutir e procurar formas de mitigação e/ou prevenção para sessar as catástrofes (POTT e ESTRELA, 2017).

O sociólogo alemão Beck fez uma análise sobre a tolerabilidade do risco no âmbito da sociologia. De acordo com ele, houve uma mudança no conflito social, uma vez que no século XX os interesses eram centrados na distribuição do bem-estar da população, e, após a Segunda Guerra Mundial o centro direcionou-se para a distribuição do poder na política e economia. Nos últimos anos, o maior conflito é sobre a distribuição e tolerabilidade dos riscos para os diferentes grupos sociais, regiões e gerações futuras (NARDOCCI, 2002).

No Brasil, o debate atual sobre as questões relacionadas ao risco é muito limitado. As metodologias de análise e avaliação, e ferramentas de gerenciamento têm sido trazidos de outros países, sem uma análise da sua aplicabilidade à realidade brasileira e ou das suas implicações sociais e políticas (NARDOCCI, 2002).

Desta forma, o presente trabalho visa aprimorar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, bem como

desenvolver uma metodologia de análise de risco ambiental que possa ser utilizada por empresas de consultoria ambiental e Universidades, especialmente, a Brandt Meio Ambiente em seus trabalhos técnicos, uma vez que apoiadora e incentivadora desta pesquisa.

## 2. JUSTIFICATIVA

Diante da realidade brasileira de escassez de metodologias relacionadas à questão do risco, surge a possibilidade de estudar suas diversas perspectivas e a sua relação com a Engenharia Ambiental. A motivação principal surgiu com a relação do que foi estudado ao longo dos anos no curso de engenharia e o aproveitamento destas ferramentas e das tecnologias existentes para o desenvolvimento de um modelo de previsão de riscos para a prevenção dos danos ambientais.

Ademais, devido às recentes tragédias ambientais provocadas por empresas no estado de Minas Gerais, como os rompimentos das barragens de rejeito de mineração em Itabirito (Mineração Herculano, 2011), Mariana (Samarco, 2015), e em Brumadinho (Vale, 2019), e demais acidentes ocorridos, percebe-se a importância da análise de risco ambiental de forma sistêmica para que seja possível a previsão do risco e, conseqüentemente, dos danos em potencial, possibilitando o desenvolvimento de técnicas visando minimizar os efeitos catastróficos resultantes.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 - Objetivo Geral**

Propor um método analítico de risco ambiental que seja replicável e capaz de contribuir como ferramenta de prognóstico para análise preliminar de risco ambiental, visando melhor entendimento dos respectivos riscos mediante as realidades e particularidades do evento em questão, para auxiliar nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA).

#### **3.2 - Objetivos Específicos**

- I. Levantar o estado da arte da análise de risco ambiental no país e nos Estados Unidos da América (EUA) e os resultados de sua aplicação.
- II. Contribuir com o desenvolvimento de metodologias para serem utilizadas em análises de riscos ambientais (estudos ambientais).
- III. Elaborar atributos ambientais que servirão de base para a metodologia.
- IV. Definir o intervalo de classes da análise de risco
- V. Estabelecer os pesos que serão atribuídos para cada atributo elaborado.

## **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **4.1 - O Risco Ambiental nos Estados Unidos e no Brasil**

No período de 1940 a 1950 estudo de risco ambiental apareceu como disciplina formal nos Estados Unidos, simultaneamente ao aparecimento da indústria nuclear e também para a segurança de instalações (“safety hazard analyses”) de refinação de petróleo, indústria química e aeroespacial (NEVES; RODRIGUES; PORTO, 2013).

De acordo com a “Environmental Protection Agency” (EPA) (sítio eletrônico do EPA, 3 de maio de 2018), em 1962, a Bióloga Marinha e Cientista Rachel Carson publicou o livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) atacando o uso indiscriminado de pesticidas. Ainda de acordo com o EPA, começou a surgir a preocupação com a poluição do ar e da água após o desastre com a plataforma de petróleo-offshore, na Califórnia, que sujou praias devido ao derramamento de milhões de galões de óleo.

Em 1969, o rio Cuyahoga, em Ohio, tornou-se tão poluído que incendiou-se. O incêndio ajudou a impulsionar uma avalanche de atividades de controle da poluição da água, como a Lei da Água Limpa e o Acordo de Qualidade da Água dos Grandes Lagos. Ao chamar a atenção nacional para as questões de poluição da água, o incêndio no rio Cuyahoga foi um dos eventos que levaram à criação da Agência Federal de Proteção Ambiental e da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (sítio eletrônico do EPA, 3 de maio de 2018).

No início de 1970, como resultado do aumento das preocupações do público com a deterioração do ar da cidade, áreas naturais repletas de escombros e fontes de água urbanas contaminadas com impurezas perigosas, o Presidente Richard Nixon apresentou à Câmara e ao Senado uma mensagem inovadora de 37 pontos sobre o meio ambiente (sítio eletrônico do EPA, 3 de maio de 2018).

Na mesma época, o presidente Nixon também criou um conselho em parte para considerar como organizar programas do governo federal destinados a reduzir

a poluição, para que esses programas pudessem abordar com eficiência as metas estabelecidas em sua mensagem sobre o meio ambiente.

De acordo com o sítio eletrônico da EPA (2018) diante da preocupação com a poluição ambiental, a agência foi criada em no final dos anos 70 com o objetivo de consolidar em uma agência uma variedade de atividades federais de pesquisa, monitoramento, estabelecimento de normas e fiscalização, assegurando a proteção ambiental.

No Brasil, particularmente no estado de São Paulo, em 1984 iniciou a preocupação com os acidentes ambientais de grande porte, após o rompimento de um duto de gasolina seguido de incêndio em Cubatão, causando cerca de 500 vítimas, das quais 93 fatais. Devido a isso, alguns técnicos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) que atuavam no setor de atendimento corretivo relacionado a acidentes com produtos químicos, demonstrou interesse pela questão preventiva, dando início em 1985 à pesquisa em relação ao tema (CETESB, 2019).

#### **4.2 - Licenciamento Ambiental e Legislações**

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. Foi com a aprovação dessa lei que, efetivamente incorporou-se a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) à legislação brasileira. Porém, antes disso aprovou-se a Lei Nº 6.803 de 2 de julho de 1980 que foi instituída no Brasil e estabeleceu a necessidade de Estudos de Impactos Ambientais (EIA's) para empreendimentos pertencentes ao setor industrial.

De acordo com a Constituição Federal de 5 de outubro de 1988, no art. 225, foi estabelecida a incorporação da AIA, que diz que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, sendo função do Poder Público e de toda sociedade preservá-lo.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 237 de 19 de dezembro 1997 define as normas e competências no licenciamento ambiental a partir da Política Nacional de Meio Ambiente. No art. 1º inciso I, o licenciamento é definido como procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, que possam causar a degradação ambiental.

A Lei Nº 6.938/81 e a Resolução CONAMA Nº 01 de 23 de janeiro de 1986, estabeleceram diretrizes gerais para a elaboração do EIA e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que constituem a AIA no processo de licenciamento ambiental. O Estudo de Análise de Riscos passou a ser incorporado nesse processo para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição, também a prevenção de acidentes operacionais fosse contemplada no processo de licenciamento (IBAMA, 2002). De acordo com essa Resolução, o EIA/RIMA deve ser realizado por equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável tecnicamente pelos resultados apresentados.

O processo de licenciamento ambiental envolve um elenco de atividades, contemplando, dentre outras, o diagnóstico e prognóstico da situação específica, para cada projeto, visando à determinação de ações mitigadoras dos prováveis impactos de cada empreendimento, consistindo assim num processo sistemático de avaliação ambiental (DINIZ et al., 2006).

Nesse contexto, a Resolução CONAMA Nº 237/97 em seu artigo 1º, no inciso III inclui a Análise Preliminar de Risco (APR) como um estudo ambiental a ser apresentado para obtenção da licença:

Art. 1º - Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

III- Estudos Ambientais: são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório

ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.

Para a elaboração de estudos de Análise de Risco, a APR é uma das técnicas utilizadas e tem como objetivo a identificação antecipada dos perigos relacionados às etapas de instalação, processos, produtos e serviços, identificando e qualificando os riscos associados para o homem e o meio ambiente, permitindo que seja possível adotar medidas de controle (DINIZ et al., 2006).

No âmbito de Licenciamento ambiental federal de acordo com o IBAMA (2002), o estudo de análise de riscos pode ser solicitado como estudo adicional para determinados tipos de empreendimentos. Esse manual apresenta o conteúdo normalmente apresentado nesse estudo:

- caracterização do empreendimento e da região;
- identificação de perigos e consolidação dos cenários acidentais;
- estimativa dos efeitos físicos e análise de vulnerabilidade;
- estimativa de frequências;
- estimativa e avaliação de riscos;
- gerenciamento de riscos;
- conclusões.

A Norma Brasileira ABNT NBR 31000 de 30 de novembro de 2009 trata da gestão de riscos e especifica os princípios e diretrizes como, por exemplo, da análise e tratamento dos riscos, sendo uma legislação importante para nortear estudos.

No estado de São Paulo, com a publicação da Resolução CONAMA Nº 01/86, os Estudos de Análise de Risco passaram a ser requeridos pela CETESB, para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados aos impactos ambientais e à poluição crônica, também a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada no processo de licenciamento (CETESB, 2011). A Norma Técnica (NT) P 4.261 apresenta termo de referência (TR) no âmbito de Licenciamento ambiental para risco de acidente de origem tecnológica.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa COPAM Nº 108 de 24 de maio de 2007 estabelece os procedimentos para o licenciamento de postos de combustíveis e a necessidade de realização de Avaliação de Risco para alguns empreendimentos.

Essa Avaliação de Risco mencionada na lei deverá ser “efetuada aos moldes da metodologia RBCA (Risk-Based Corrective Action) desenvolvida pela ASTM (American Society for Testing and Materials) de acordo com as normas E 1739/95 e E 2081/00, ou normas brasileiras”, segundo a DN 108/07. Já a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH Nº 02, de 08 de setembro de 2010, estabelece diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas e, para que haja uma investigação detalhada, estabelece a realização da avaliação de risco.

Após pesquisas bibliográficas em acervos das legislações de âmbito estaduais e federais, foi possível concluir que existem poucas leis sobre a elaboração da análise de risco. Ademais, os órgãos ambientais competentes não apresentam um termo de referência, exceto o TR da CETESB para acidentes de origem tecnológica, a ser seguido para a realização desse estudo.

Sendo assim, é reforçada a importância de estudos aprofundados a respeito dessa temática para que as análises de riscos sejam elaboradas de forma sistemática.

#### **4.3 - Estado da Arte nos Estudos de Riscos Ambientais**

A avaliação de risco e a análise de risco são usadas como sinônimos, a confusão ocorre devido às diferenças adotadas entre países. Por exemplo, no Canadá a análise de risco é uma etapa de avaliação de risco, já nos Estados Unidos, a avaliação de risco é uma etapa dentro da análise de risco que é vista de um ponto de vista mais abrangente, incluindo outras etapas (KIRCHHOFF, 2004).

De acordo com Zimmermann (2009) existem inúmeros métodos de análise de risco e cada um deles se relaciona a tipos de análises diferentes. Segundo Morano (2003, *apud* ALMEIDA E FERREIRA, 2008) existem três métodos para executar a análise e avaliação do nível do risco, sendo eles: qualitativo, quantitativo e quali-quantitativo.

Morano (2003, *apud* ALMEIDA E FERREIRA, 2008) classifica as Técnicas Qualitativas como aquelas que se baseiam na experiência e no conhecimento adquirido dos membros da organização, e dos especialistas no assunto, para identificar os eventos de risco e avaliar a probabilidade e consequências destes. Técnicas Quantitativas se baseiam na quantificação e identificação dos riscos associados ao seu impacto, estimando a probabilidade da sua ocorrência. As Técnicas Qualitativas e Quantitativas não somente baseiam-se na experiência, mas também na análise quantitativa dos dados obtidos.

Por meio da análise de riscos é possível identificar as ameaças mais prováveis de ocorrência, analisando as vulnerabilidades e conseqüentemente tomar medidas para mitigar os principais riscos. Ainda de acordo com esse autor, sabendo dos riscos é possível assumir ações como minimizar, compartilhar ou assumir esses riscos (ZIMMERMANN, 2009).

O objetivo inicial para recuperar os desastres já ocorridos é garantir a proteção dos ativos considerados críticos diante das ameaças. Uma ameaça em potencial afeta diretamente os ativos que estão mais expostos, e esta exposição é medida pelo grau de vulnerabilidade daquelas ameaças principais, e assim inicia o processo da análise de risco. O risco potencial e o impacto relacionado ao desastre devem ser analisados em cada área da organização, sendo denominado como processo de análise de riscos (ISAAC, 1995 *apud* ZIMMERMANN, 2009).

Para Morgado (2002) as técnicas de análise de risco mais utilizadas são:

- Análise Preliminar de Riscos ou Perigos (APR ou APP);
- Série de Riscos (SR);
- Árvore das Causas (AE);
- What If I Checklist (WIC);
- Técnica de Incidentes Críticos (TIC);
- Análise de Árvores de Falhas e Efeitos (AMFE); e
- Análise de Perigos e Operacionalidade (HAZOP).

A análise de riscos tem como objetivo identificar previamente os perigos nas instalações, processos, produtos e serviços, e posteriormente quantificar os riscos

associados para o homem, o meio ambiente e a propriedade, para que seja possível propor medidas eficazes para seu controle (MORGADO, 2002).

Segundo Morgado (2002) a avaliação de riscos se resume na quantificação da probabilidade de ocorrência de um risco e de suas consequências e gravidades. Essa autora afirma ainda que os riscos precisam ser identificados, analisados e avaliados para posteriormente serem classificados.

Além disso, a ARA pode também ser utilizada como mecanismo para a gestão de empreendimentos e também para o planejamento ambiental e urbano, baseando em eventos e acidentes já ocorridos, com o objetivo de prevenir ou mitigar os danos e efeitos (ASSUNÇÃO, 2012). De acordo com Morgado (2002) a avaliação de risco percorre 3 etapas: a identificação de perigos, estimativa do risco para cada perigo e decidir se o risco é tolerável.

Assunção (2012) afirma que as diversas formas de intervenção do homem no ambiente podem proporcionar acidentes e danos, além de alterar a qualidade do meio ambiente. Esse autor afirma ainda que, muitos dos atuais planos de análise de risco ambiental fornecem orientação básica do processo de cada empreendimento por etapas, descrevendo sobre a situação atual e propondo alternativas.

A definição do que é risco e como operacionalizar de forma empírica este conceito tem sido dificuldade para estudos de análise e avaliação de risco. A maneira como as pessoas encaram e se comportam diante de situações de risco é uma das questões mais importantes na operacionalização deste tipo de trabalho (ASSUNÇÃO e MIZIARA, 2009).

Os sociólogos ambientais Ulrich Beck e Anthony Giddens apresentaram contribuições importantes sobre os conceitos de risco e incerteza, e a construção social do meio ambiente, nas décadas de oitenta e noventa do século XX. Esses autores apresentaram novos riscos e os perigos associados que ocorrem pelos processos de modernização e industrialização. Assim, eles analisam os efeitos desses riscos para a sociedade, que promovem a insegurança, a incerteza, a individualização e a crise de identidade pessoal (ASSUNÇÃO, 2012).

De acordo com Assunção (2012) os riscos ambientais se tornaram termos popularizados, porém são necessárias intervenções de técnicas analíticas para que possam ser observadas com mais detalhes. Essa autora complementa ainda dizendo que alguns danos irreversíveis muitas vezes permanecem invisíveis.

Diante dessa problemática, evidencia-se a importância da elaboração de um modelo operacional que sustente a avaliação de riscos abrangendo a ciência e tecnologia, segundo Assunção (2012). Sobretudo, essa autora conceitua o risco como “a probabilidade de ocorrência de um evento adverso associado às gravidades das consequências deste evento”. Desta forma, o risco pode ser definido por Cerri e Amaral (1998, *apud* ASSUNÇÃO, 2012) como:

$$R = P \times C$$

Onde:

R = Risco

P = Probabilidade de ocorrência do processo em questão

C = Consequências sociais e econômicas potenciais associadas

Nesse sentido, pode-se afirmar que, matematicamente, o risco pode ser quantificado.

Para Sánchez (2008) o risco pode ser definido como a contextualização de perigo, sendo a possibilidade de materialização do perigo ou da ocorrência de um desastre indesejado. Compreender o conceito de risco só é possível quando o risco é associado à segurança e, portanto, é necessário distinguir os conceitos de perigo e risco (ASSUNÇÃO, 2012).

O perigo é uma circunstância que prevê um mal que possa ocorrer, é o estado ou situação que inspira cuidado, segundo Ferreira (1988, *apud* ASSUNÇÃO, 2012). Para Sánchez (2008, *apud* ASSUNÇÃO, 2012) o perigo é definido como uma situação com potencial para discorrer efeitos que não são desejados ou esperados, portanto é esperado o estado de segurança, até que o risco seja aceitável. Morgado (2002) completa que perigo é a propriedade ou condição inerente a uma substância

ou atividade, que tem capacidade de causar danos às pessoas, às propriedades ou ao meio ambiente.

Ferreira (1988) e Giddens (1991) (*apud* ASSUNÇÃO, 2012) definem segurança, respectivamente como a condição do que se pode confiar ou ter a certeza e convicção e, como a situação em que um conjunto de perigos pode ser minimizado.

#### 4.3.1- Classificação de Riscos

De acordo com Dagnino e Carpi Junior (2007) os riscos aparecem de acordo com quatro classificações em destaque nas literaturas, sendo eles: os riscos naturais, os riscos tecnológicos, os riscos sociais e os riscos ambientais.

##### 4.3.1.1- *Risco Natural*

Para Dagnino e Carpi Junior (2007) o risco natural é a reporta os riscos que não estão diretamente relacionados e atribuídos às atividades do homem. São os riscos provenientes da natureza que podem ser classificados quanto aos tipos: riscos tectônicos e magmáticos; riscos climáticos; riscos geomorfológicos, que são os mais característicos, como por exemplo, as movimentações de terra, erosão, ravinamentos, deslizamentos e os riscos hidrológicos.

Uma expressão utilizada pelo Sevá Filho (1988, *apud* DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007) para risco natural é Risco Telúrico discutido pelo autor da seguinte forma:

O risco de origem industrial não é o único, e pode se somar ou se combinar com outros: há o risco sanitário grave (uma população numerosa dizimada por uma peste, por uma epidemia, como já houve inúmeras vezes na história mundial e aqui entre nós); e há também o risco mais global, mais incontrolável - que nos reduz à nossa pequenez física, às dimensões exatas enquanto moléculas frágeis do mundo material - que é o risco telúrico. Quantas milhares de pessoas desaparecidas em poucos segundos num terremoto, numa erupção vulcânica, num tufão...(SEVA FILHO, 1988).

O risco natural se relaciona com eventos de origem natural que podem ser induzidas por atividades antrópicas. A origem destes processos é muito diversificada pois envolve escalas de espaço e tempo e, devido a isso o risco natural pode apresentar-se com diferentes graus de perdas, em função da intensidade ou magnitude, da abrangência espacial e do tempo de atividade dos processos considerados (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005).

De acordo com Cerri e Amaral (1998) para melhor compressão, os Riscos Naturais se subdividem em Riscos Físicos e Riscos Biológicos, em que:

**Riscos Físicos:** são aqueles que se originam dos movimentos naturais do meio físico, podendo ainda se subdividir em Riscos Atmosféricos, Riscos Geológicos e Riscos Hidrológicos.

- os Riscos Atmosféricos são os furacões, as secas, as tempestades, os granizos, os raios, entre outros;

- os Riscos Geológicos podem ser os Endógenos - terremotos, atividades vulcânicas e “tsunamis”; e os Exógenos são os escorregamentos de terras e processos correlatos, erosões, assoreamentos, subsidências e colapsos de solo, solos expansivos; e

- os Riscos Hidrológicos são os provenientes das enchentes e inundações.

**Riscos Biológicos:** são aqueles que podem ser associados à fauna e à flora.

- os Riscos da Fauna são os que advêm de doenças provocadas por vírus e/ou bactérias, pragas (roedores, gafanhotos), picadas de animais venenosos;

- os Riscos da Flora são as doenças provocadas por fungos, pragas (ervas daninhas), ervas tóxicas e venenosas.

#### 4.3.1.2- Risco Tecnológico

Segundo Sevá Filho (1988, *apud* DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007), os Riscos Tecnológicos levam em conta três fatores considerados inseparáveis:

- o processo de produção (recursos, técnicas, equipamentos, maquinário);
- o processo de trabalho (relações entre direções empresariais e estatais e assalariados); e

- a condição humana (existência individual e coletiva, ambiente). Equivale a dizer, grosso modo, que, onde pelo menos um desses fatores for encontrado, haverá risco tecnológico ou a probabilidade de um problema causado por ele.

Assunção (2012) completa dizendo que os Riscos Tecnológicos são aqueles advindos de produtos tóxicos, inflamáveis, radioativos, provenientes da colisão entre veículos, queda de aviões, entre outros.

#### 4.3.1.3- *Risco Social*

De acordo com CETESB (2011) o Risco Social é denominado como risco para um grupo de pessoas de uma determinada vizinhança em um período de tempo expostas a danos de um ou mais acidentes. Segundo Assunção (2012) são os riscos referentes a assaltos, conflitos, guerras, atentados, entre outros,

O mesmo conceito usado por CETESB (2011) é confirmado por Sánchez (2008) que define risco social como a quantidade anual de perda de vidas associada a determinada atividade, dada pelo produto do número de mortes por acidente, pelo número de acidentes por ano.

Segundo Vieillard-Baron (2007, *apud* DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007), a maior parte dos riscos podem ser classificados como social, devido à abrangência desse termo, relacionadas às consequências humanas. Esse autor apresenta dois tipos de riscos principais que podem afetar ou ser afetados pelos riscos sociais e a sociedade humana: riscos endógenos, diretamente relacionados aos elementos naturais e às ameaças externas, como por exemplo, epidemias, terremotos e inundações; e os riscos exógenos, relacionados diretamente à formação das sociedades e as políticas e administrações adotadas, como por exemplo, o crescimento da indústria e população e a falta de estrutura em alguns povoados.

#### 4.3.1.4- *Risco Ambiental*

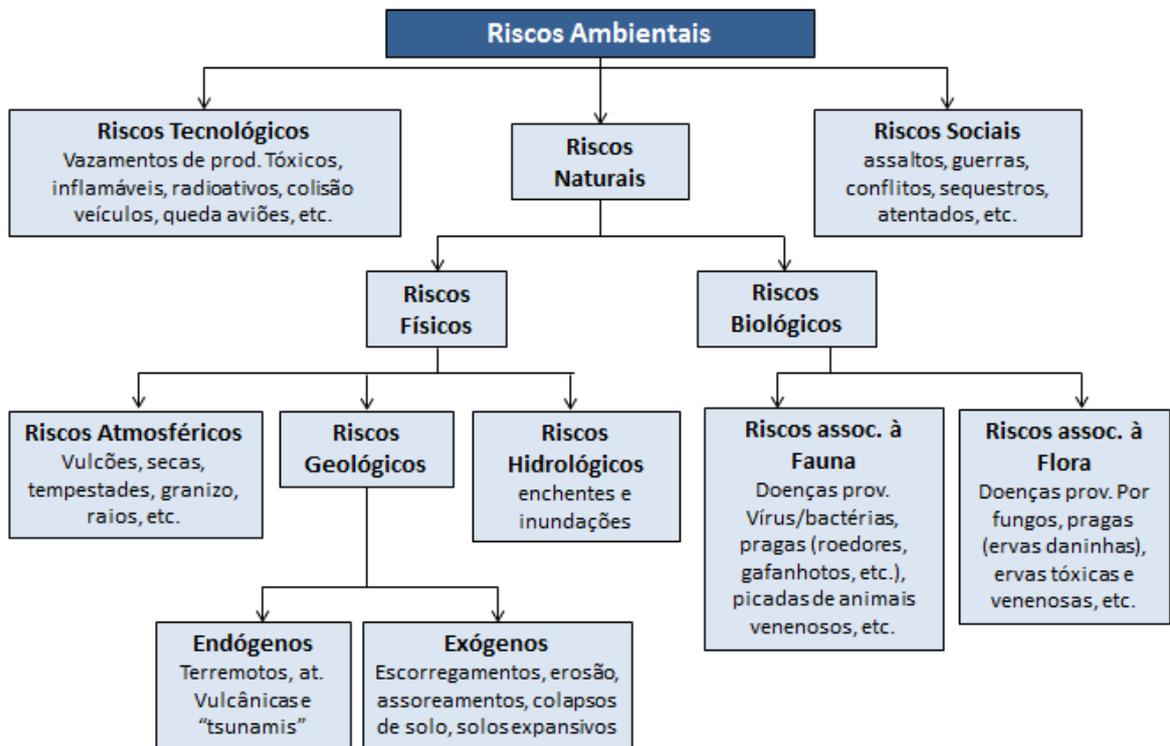
Risco ambiental está relacionado com a possibilidade de ocorrência de eventos indesejáveis ao meio ambiente, com potencial de causar danos, enquanto

que, para a legislação que trata de Licenciamento, a noção de impacto ambiental está ligada à repetição de algo que já aconteceu e que poderá significar um evento positivo ou negativo, podendo comprometer a licença para instalar um empreendimento em determinado local (DAGNINO E CARPI JUNIOR, 2007).

Os Riscos Ambientais, de acordo com Cerri e Amaral (1998, *apud* ASSUNÇÃO, 2012) são todos os riscos provenientes dos três riscos vistos acima: Riscos Tecnológicos, Riscos Naturais e Riscos Sociais.

A Figura 1 abaixo apresenta um resumo esquemático da classificação de riscos ambientais tratados acima.

**FIGURA 1 - Classificação de riscos ambientais.**



**Fonte:** Cerri e Amaral (1998, *apud* ASSUNÇÃO, 2012).

#### 4.3.2 - As Principais Metodologias e Atributos de Identificação e Análise dos Riscos

De acordo com Neves, Rodrigues e Porto (2013) a etapa de identificação de riscos é responsável pelo reconhecimento e definição dos riscos que podem afetar a implantação de um empreendimento para que seja possível a sua mitigação.

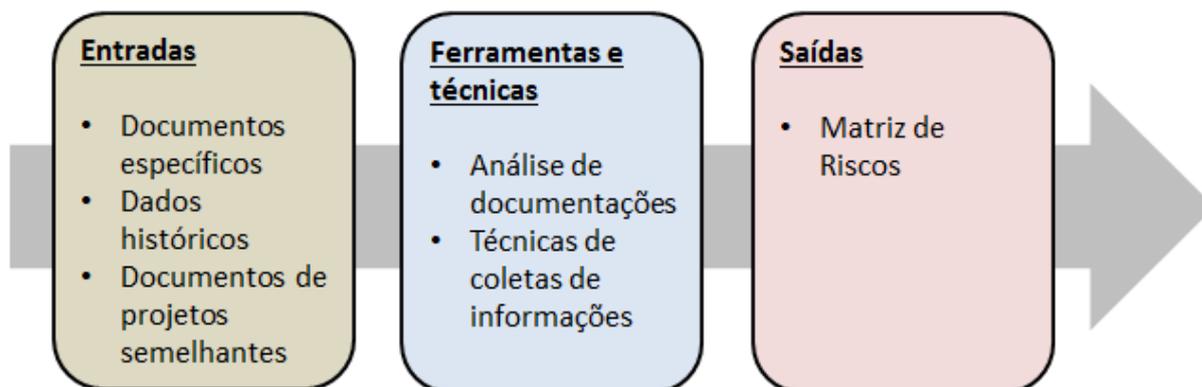
A Matriz de Riscos responsável pelo registro dos riscos identificados, qualifica, apresentando suas características e determina as respostas aos riscos, definindo assim as responsabilidades. A Matriz de Riscos é um instrumento de gestão que, além de documentar as informações dos riscos, auxilia na comunicação e dá subsídio às demais etapas do gerenciamento de riscos (NEVES, RODRIGUES e PORTO, 2013).

Conforme Neves, Rodrigues e Porto (2013) a Federal Highway Administration (FHWA) estabeleceu no Relatório de Condições e Desempenho de 2006 que o processo de identificação de riscos é variável e depende da natureza do empreendimento. Ainda segundo a FHWA a maioria dos processos se inicia com a análise de questões, condições e características do projeto/atividade.

Para a identificação de riscos, o Guia Project Management Body of Knowledge (PMBOK) (2013) indicou alguns dados de entrada como fundamentais, sendo eles: estimativas de custos, estimativas de cronograma, documentos do projeto, estudos do setor, informações publicadas e estudos acadêmicos (NEVES, RODRIGUES e PORTO, 2013).

O Guia PMBOK propõe para a análise das entradas: revisões dessas documentações, técnicas de coletas de informações (brainstorming, técnica delphi, entrevistas, análise da causa-raiz), análises de premissas e técnicas de diagramas (diagramas de causa e efeito, fluxogramas, diagramas de influência). A Figura 2 apresenta com detalhes como pode ser realizada a identificação de riscos.

**FIGURA 2 -** Identificação de riscos.



**Fonte:** Neves, Rodrigo e Porto (2013).

De acordo com Cardoso et. al (2004) é importante que seja listado os aspectos e impactos ambientais observando a importância de cada impacto para a elaboração da matriz de risco.

A partir disso é possível listar os perigos independente da severidade ou controle existente, de acordo com Cardoso et. al (2004). É importante a listagem dos perigos, pois será o evento a ser analisado na metodologia de análise de risco.

Sabendo dos impactos e perigos, são utilizados diversos atributos nas metodologias de análise de risco, para contribuir com o resultado final da quantificação do risco. Abaixo serão apresentamos nove atributos encontrados em diferentes bibliografias e que serão utilizados em nossa metodologia.

#### 4.3.2.1- Probabilidade ou Frequência

Cardoso et. al (2004) define Probabilidade como a chance de um evento específico ocorrer ou de uma condição especial existir. Para análise de risco, esses mesmos autores afirma que deverá ser anotado o índice qualitativo representativo da probabilidade de ocorrer o perigo correspondente, considerando os controles existentes praticados. O Quadro 1 apresenta as categorias de probabilidade adotadas por eles.

**QUADRO 1** - Categorias de probabilidade segundo Cardoso et.al (2004).

Denominação	Descrição
Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação. Incidentes que dependem da ocorrência de falhas múltiplas
Improvável	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil da instalação. A ocorrência depende de uma única falha (humana ou equipamento)
Provável	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação
Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação, dependendo das peculiaridades e situação real da mesma.

**Fonte:** Cardoso et. al (2004).

Já os autores Bissacot e Oliveira (2016) utilizaram definições de probabilidade (Quadro 2) adotadas pelo Instrumento de Gestão para a Identificação e o Gerenciamento de Riscos Ambientais com base no Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

**QUADRO 2** - Categorias de probabilidade segundo Bissacot e Oliveira (2016).

Denominação	Descrição
Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do empreendimento. Sem referências históricas de que isso tenha ocorrido.
Baixa	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil do empreendimento.
Média	Possível de ocorrer até uma vez ao longo do ano operacional.
Alta	Possível de ocorrer mais de uma vez ao longo do ano operacional.

**Fonte:** Bissacot e Oliveira (2016).

Morgado (2002) classifica os cenários de acidentes em categorias de frequência, que fornecem uma indicação qualitativa de frequência esperada de ocorrência para cada cenário identificado. O Quadro 3 apresenta as categorias de frequência utilizadas por essa autora.

**QUADRO 3 -** Categorias de frequência segundo Morgado (2002).

Denominação	Descrição
Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
Remota	Não é esperada sua ocorrência durante a vida útil do processo/instalação.
Improvável	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
Provável	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do processo/instalação.
Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo/instalação

**Fonte:** Morgado (2002).

#### 4.3.2.2- Severidade

Para Morgado (2002) os cenários de acidentes também devem ser classificados em categorias de severidade, que fornecem uma indicação qualitativa de severidade esperada de ocorrência para os cenários identificados. O Quadro 4 apresenta as categorias de severidade utilizadas por essa autora.

**QUADRO 4 -** Categorias de severidade segundo Morgado (2002).

Denominação	Descrição
Desprezível	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Não ocorrem lesões/mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ou pessoas (indústrias e comunidades); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
Marginal	Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ou de baixo custo de reparo); Lesões leves em empregados, prestadores de serviço ou membros da comunidade.
Crítica	Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Lesões de gravidade moderada em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade (probabilidade remota de morte); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
Catastrófica	Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível). Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade);

**Fonte:** Morgado (2002).

O autor Vaz Junior (2017) apresenta outra classificação de severidade para análise de risco ambiental, apresentada no Quadro 5 abaixo.

**QUADRO 5** - Categorias de severidade segundo Vaz Junior (2017).

Denominação	Descrição
Desprezível	Potencial para causar pequenos danos às instalações e ao meio ambiente.
Marginal	Potencial de causar danos leves a seres humanos, poluição localizada remediável com poucos recursos, danos localizados as instalações com baixo comprometimento da produção.
Crítica	Potencial para gerar vítimas fatais, grandes danos ao meio ambiente ou às instalações. Potencial para causar situações que exigem ações imediatas para evitar catástrofes.
Catastrófica	Potencial para causar danos irreparáveis ou de elevado custo de reparação ao meio ambiente ou as instalações industriais. Potencial de gerar vítimas fatais.

**Fonte:** Vaz Junior (2017)

Para Cardoso et.al (2004) a severidade pode ser conceituada como a magnitude do dano ou impacto ambiental. Esses autores classificam as categorias de severidade de acordo com o Quadro 6 abaixo.

**QUADRO 6** - Categorias de severidade segundo Cardoso et. al (2004).

Denominação	Descrição
Insignificante	Nenhum dano ou dano não mensurável
Marginal	Potenciais impactos ambientais pontuais, de pequena relevância, restritos às instalações envolvidas e facilmente recuperáveis.
Moderada	Impacto ao meio ambiente devido a liberações de substâncias químicas, alcançando áreas extremas à instalação. Pode provocar impactos ambientais com reduzido tempo de recuperação e/ou lesões recuperáveis na comunidade (mal-estar, incômodos, etc.)
Catastrófica	Impactos ambientais significativos causados por efeitos decorrentes de grandes liberações de substâncias químicas, atingindo áreas extremas às instalações. Pode provocar lesões severas na comunidade (intoxicações agudas, queimaduras graves, etc), causando também impactos ao meio ambiente com tempo de recuperação elevado.

**Fonte:** Cardoso et. al (2004).

#### 4.3.2.3- Espacialização

A espacialização do risco refere-se à extensão territorial sobre o qual o impacto ambiental pode afetar, segundo Raposo Junior, Batista e Weber (2016). O Quadro 7 apresenta a classificação utilizada por esses autores para a abrangência do impacto.

**QUADRO 7** - Categorias de espacialização segundo Raposo Junior, Batista e Weber (2016).

Denominação	Descrição
Pontual	Impacto que atua diretamente sobre um ponto determinado, não necessariamente se configurando em toda a Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, porém restringindo-se aos seus limites.
Restrita	Impacto que age sobre a Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, extrapolando seus limites para a Área de Influência Direta (AID).
Externa	Impacto que age sobre as Áreas Diretamente Afetadas, de Influência Direta e Indireta (ADA, AID e AII) do empreendimento.
Sem Limite Geográfico Exato	Impacto sobre o ambiente sem limite geográfico exato para seus efeitos.

**Fonte:** Raposo Junior, Batista e Weber (2016).

#### 4.3.2.4- Vulnerabilidade

A vulnerabilidade do ambiente é importante, segundo Raposo Junior, Batista e Weber (2016), pois uma vez que o ambiente exposto ao risco apresenta vulnerabilidade natural, tecnológica ou socioambiental, a severidade do risco torna-se maior. O Quadro 8 apresenta a classificação das categorias de vulnerabilidade para a quantificação do risco, de acordo com esses autores.

**QUADRO 8** - Categorias de vulnerabilidade segundo Raposo Junior, Batista e Weber (2016).

Denominação	Descrição
Não há vulnerabilidades	Quando o ambiente exposto ao risco não possui vulnerabilidades socioambientais nem naturais importantes que mereçam destaque.
Vulnerabilidade natural	Quando o ambiente exposto ao risco possui fatores naturais que os potencializam, tais como áreas sujeitas a grandes alagamentos, tempestades (furacões, tornados), efeitos de maré (ressacas), secas prolongadas, registros de sismos (terremotos), falhas geológicas, declividades acentuadas, deslizamentos, ambientes cárticos ou pseudo-cárticos e entre outros.
Vulnerabilidade socioambiental ou tecnológica	Quando o ambiente exposto ao risco e a incerteza possui uma combinação entre uma reduzida capacidade social ou tecnológica de proteger ou defender-se contra esses riscos, e, eventualmente, em lidar com as suas consequências negativas no âmbito do acidente ou desastre quando ocorrido.
Vulnerabilidade socioambiental e natural	Quando o ambiente analisado possui propensão de vulnerabilidade social e natural ao mesmo tempo, tornando neste caso a severidade do risco maior.

**Fonte:** Raposo Junior, Batista e Weber (2016).

#### 4.3.2.5- Tolerância

A tolerabilidade ao risco é responsável por indicar a possibilidade de aceitar e se é possível conviver com o risco, além de instituir a necessidade de mitigação dos riscos ou mesmo da necessidade de cancelar operação. Um risco só deve ser

tolerado se puder ser demonstrado que há um benefício claro em fazê-lo (ou seja, há uma necessidade operacional convincente na organização) (ANAC, 2019). O Quadro 9 apresenta as categorias de tolerabilidade apresentada pela ANAC para quantificar o risco.

**QUADRO 9** - Categorias de tolerabilidade segundo ANAC (2019).

Denominação	Descrição
Aceitável	O risco é tão baixo que pode ser considerado insignificante. São consideráveis suficientemente baixos e bem controlados.
Tolerável	O risco é aceitável baseado na mitigação. É necessário uma análise de custo/ benefício. Corresponde ao risco que as pessoas estão geralmente dispostas a tolerar devido aos benefícios das atividades ou operações.
Intolerável	O risco é inaceitável a qualquer nível, independente dos benefícios associados à atividade.

**Fonte:** ANAC (2019).

#### 4.3.2.6- Intensidade

É importante avaliar a intensidade dos acidentes ocorridos para facilitar o planejamento da resposta e da recuperação da área atingida. A intensidade dos danos ocorridos estabelecem quais as ações e os recursos serão necessários para amparar as vítimas devido aos prejuízos provocados (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015). O Quadro 10, a seguir, apresenta a classificação dos desastres em relação à intensidade.

**QUADRO 10** - Categorias de intensidade segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

Denominação	Descrição
Nível I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos (Prejuízo menor que 5% PIB Municipal).
Nível II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal).
Nível III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal).
Nível IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal).

**Fonte:** Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

Segundo Saito (2008) a intensidade pode ser classificada de acordo com o Quadro 11 abaixo, para a análise de riscos.

**QUADRO 11** - Categorias de intensidade segundo Saito (2008).

Denominação	Descrição
Nível I	Prejuízos pouco vultosos, os danos são mais facilmente suportáveis e superáveis pelas comunidades afetadas.
Nível II	Os danos causados são de alguma importância e os prejuízos, embora não sejam vultosos, são significativos.
Nível III	Os danos causados são importantes e os prejuízos vultosos; a situação de normalidade pode ser restabelecida, mas com aporte de recursos estaduais e federais.
Nível IV	Desastres não são superáveis e suportáveis pelas comunidades, o estabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada dos três níveis do Sistema Nacional de Defesa Civil — SINDEC e, em alguns casos, de ajuda internacional.

**Fonte:** Saito (2008).

#### 4.3.2.7- Complexidade do Sistema

Segundo Menezes Filho (2003) sistemas complexos são sistemas marcados pela soma das suas partes, considerado sistêmico. Ainda em relação a esse autor, as características só podem ser identificadas durante o seu comportamento coletivo.

Portanto, é possível perceber que o adjetivo complexo não possui o mesmo significado da palavra complicado. Esses sistemas são constituídos por diversas unidades de comportamento muito simples, influenciando-se mutuamente numa intrincada rede de conexões e gerando, deste modo, o comportamento complexo global (MENEZES FILHO, 2003).

Vermuri (1978, *apud* Magacho, 2010) define algumas características dos Sistemas Complexos:

- Nem todos os atributos das partes do sistema podem ser diretamente observáveis;
- São sistemas que evoluem com o tempo, isso ocorre, pois são sistemas em constante interação com o ambiente, são sistemas abertos; e
- Envolvem problemas comportamentais.

#### 4.3.2.8- *Pontos de Ruptura*

De acordo com o dicionário Aurélio (08/04/2019) ruptura é definida como “ação ou efeito de romper ou de se romper; rompimento. Cujas continuidade foi interrompida”.

Segundo Sales (2004) a questão da atualidade, a temática ambiental pareceria estar sendo capaz de fomentar a sutura da ruptura sociedade/natureza em termos teóricos. Esse autor salienta dizendo que o reduzido conhecimento acerca de certos parâmetros físicos envolvidos nos sistemas, impede uma maior compreensão dos pontos de ruptura envolvidos e a previsão mais efetiva de ocorrência de novos fenômenos.

## 5. METODOLOGIA

Para mensurar os riscos ambientais de diferentes eventos cujo impacto ambiental é significativo, será desenvolvida uma metodologia de Análise de Risco Ambiental (ARA), para ser utilizada pelas empresas em análises de riscos ambientais para fins de licenciamento.

Os atributos de avaliação de riscos ambientais foram desenvolvidos e otimizados a partir do estudo sistemático de diversas metodologias de ARA adotadas por outras entidades e autores, e da vivência e experiência de profissionais em elaboração de EIA/RIMA para licenciamento de projetos, sempre considerando o atendimento ao arcabouço legal e normativo vigente no Brasil e, também, à legislação do Estado.

A proposta metodológica visa utilizar atributos consagrados para a análise de risco como a probabilidade ou frequência de ocorrência do risco, a severidade do dano, a espacialização, a vulnerabilidade do ambiente em que está inserido o empreendimento, a tolerância do risco, a intensidade dos prejuízos acarretados, a complexidades do sistema e os pontos de ruptura.

Diante desses atributos selecionados foram atribuídos pesos para cada um e, em uma planilha de Excel, inicialmente foi desenvolvido um modelo estatístico segundo Piana, Machado e Selau (2009), porém para melhores resultados, em segundo momento, o modelo foi calibrado em base empírica. Para a validação da metodologia foram selecionadas oito estudos de caso de acidentes ambientais de diferentes magnitudes para simular os riscos desses acidentes já ocorridos.

## 5.1 - Elaboração da Planilha

Para o desenvolvimento da metodologia foram selecionados 8 atributos consagrados para que seja possível realizar análise de riscos ambientais. Primeiramente foram selecionados os atributos com as suas respectivas descrições. Foram realizadas adaptações nas descrições dos atributos utilizados visto que a metodologia tem o objetivo de ser utilizada para todo tipo de evento. Na sequência, foi atribuído o peso para cada atributo e assim a planilha foi otimizada e calibrada de acordo com os estudos de caso utilizados.

### 5.1.1 - Atributos

#### 5.1.1.1 - *Frequência*

A frequência tem a função de identificar a ocorrência do impacto ao longo do horizonte temporal analisado, podendo ser classificado da seguinte maneira, conforme o Quadro 12:

**QUADRO 12** - Categorias de frequência.

Frequência	
<b>Remota</b>	Não é esperada ocorrência do evento ao longo do horizonte temporal analisado.
<b>Improvável</b>	Pouco provável que ocorra o evento ao longo do horizonte temporal analisado.
<b>Provável</b>	É possível que o evento ocorra até uma vez ao longo do horizonte temporal analisado.
<b>Frequente</b>	É possível que o evento ocorra várias vezes ao longo do horizonte temporal analisado.

**Fonte:** Adaptado de Morgado (2002).

#### 5.1.1.2 - *Severidade*

A severidade tem a função de qualificar os danos referentes ao evento a ser analisado, podendo ser classificada de acordo com o Quadro 13:

**QUADRO 13** - Categorias de severidade.

<b>Severidade</b>	
<b>Desprezível</b>	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Não ocorrem lesões/mortes de pessoas. O máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
<b>Marginal</b>	Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ou de baixo custo de reparo) podendo ocorrer lesões às pessoas.
<b>Crítica</b>	Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Lesões com gravidade às pessoas, podendo ocorrer inclusive mortes. Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
<b>Catastrófica</b>	Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível). Ocorrem lesões graves em várias pessoas e muitas mortes.

**Fonte:** Adaptado de Morgado (2002).

### 5.1.1.3 - Espacialização

A espacialização indica a extensão territorial sobre a qual o impacto gerado está sujeito, podendo ser classificado conforme o Quadro 14:

**QUADRO 14** - Categorias de espacialização.

<b>Espacialização</b>	
<b>Pontual</b>	Impacto que atua diretamente sobre um ponto determinado, não necessariamente se configurando em toda a Área Diretamente Afetada (ADA) do evento em análise, porém restringindo-se aos seus limites legais, administrativos ou geográficos.
<b>Restrita</b>	Impacto que age sobre a Área Diretamente Afetada (ADA) do evento em análise, extrapolando seus limites para a Área de Influência Direta (AID).
<b>Externa</b>	Impacto que age sobre as Áreas Diretamente Afetada, de Influência Direta e Indireta (ADA, AID e AII) do evento em análise.
<b>Grandes Extensões</b>	Impacto com alto potencial de extrapolar bacias hidrográficas em seus diversos níveis hierárquicos sendo, em alguns casos, extensões superiores.

**Fonte:** Raposo Junior, Batista e Weber (2016).

### 5.1.1.4 - Vulnerabilidade

A vulnerabilidade está relacionada ao ambiente exposto ao risco, indicando as fragilidades e condições de risco daquele espaço. Sua classificação se divide de acordo com o Quadro 15:

**QUADRO 15** - Categorias de vulnerabilidade.

<b>Vulnerabilidade</b>	
<b>Não há vulnerabilidades</b>	Quando o ambiente exposto ao risco não possui vulnerabilidades socioambientais nem naturais importantes que mereçam destaque.
<b>Vulnerabilidade natural</b>	Quando o ambiente exposto ao risco possui fatores naturais que os potencializam, tais como áreas sujeitas a grandes alagamentos, tempestades (furacões, tornados), efeitos de maré (ressacas), secas prolongadas, registros de sismos (terremotos), falhas geológicas, declividades acentuadas, deslizamentos, ambientes cárticos ou pseudo-cárticos e entre outros.
<b>Vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica</b>	Quando o ambiente exposto ao risco e a incerteza possui uma combinação entre uma reduzida capacidade social ou tecnológica de proteger ou defender-se contra esses riscos, e, eventualmente, em lidar com as suas consequências negativas no âmbito do acidente ou desastre quando ocorrido.

**Fonte:** Raposo Junior, Batista e Weber (2016).

#### 5.1.1.5 - Tolerância

A tolerância está relacionada ao grau de aceitação do risco, podendo ser classificada de acordo com o Quadro 16:

**QUADRO 16** - Categorias de tolerância.

<b>Tolerância</b>	
<b>Aceitável</b>	O risco é tão baixo que pode ser considerado insignificante. São consideráveis suficientemente baixos e bem controlados.
<b>Tolerável</b>	O risco é aceitável baseado na mitigação. É necessário uma análise de custo/benefício. Corresponde ao risco que as pessoas estão geralmente dispostas a tolerar devido aos benefícios das atividades ou operações.
<b>Intolerável</b>	O risco é inaceitável a qualquer nível, independente dos benefícios associados à atividade.

**Fonte:** Adaptado de ANAC (2019).

#### 5.1.1.6 - Intensidade

A intensidade indica a gradação das consequências que o impacto, negativo ou positivo, gera sobre o meio avaliado e pode ser classificada com o Quadro 17:

**QUADRO 17** - Categorias de intensidade.

<b>Intensidade</b>	
<b>Nível I</b>	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. Prejuízo < 5% PIB Municipal
<b>Nível II</b>	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. $5\% \leq \text{Prejuízo} < 10\%$ PIB Municipal
<b>Nível III</b>	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. $10\% \leq \text{Prejuízo} < 30\%$ PIB Municipal
<b>Nível IV</b>	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. Prejuízo $\geq 30\%$ PIB Municipal

**Fonte:** Adaptado de Tominaga, Santoro e Amaral (2015).

#### 5.1.1.7 - Complexidade do Sistema

A complexidade do sistema indica além da linearidade do espaço e a determinação dos impactos gerados, como mostrado a seguir no Quadro 18:

**QUADRO 18** - Categorias de complexidade do sistema.

<b>Complexidade do Sistema</b>	
<b>Não</b>	Caso o sistema não seja considerado complexo, isto é, é possível determinar os impactos em microescala. Sistemas lineares
<b>Sim</b>	Caso o sistema seja considerado complexo, isto é, os impactos são tão complexos que não são possíveis determinar em uma macroescala. Sistemas não lineares

**Fonte:** Autoria Própria.

#### 5.1.1.8 - Pontos de Ruptura

Os pontos de ruptura indicam se o impacto provocado pelo evento em análise apresenta potencial de ruptura completa do sistema, sendo classificado de acordo com o Quadro 19:

**QUADRO 19** - Categorias de pontos de ruptura.

<b>Ponto de Ruptura</b>	
<b>Não</b>	Caso ocorra o acidente não é esperado que haja ruptura completa do sistema social, ambiental e econômico da área afetada. Caso sejam realizadas as intervenções dentro do esperado é possível que o ambiente retorne às suas condições originais.
<b>Sim</b>	Caso ocorra o acidente há grande possibilidade de uma ruptura completa do sistema social, ambiental e econômico da área afetada. Neste caso mesmo que sejam realizadas as intervenções pós impacto o ambiente anterior não é possível retornar às suas condições originais.

**Fonte:** Autoria Própria.

### 5.1.2 - Pesos

Os pesos adotados para os atributos variam entre quatro valores, sendo eles: 1 ponto, 2 pontos, 3 pontos e 5 pontos. De acordo com a experiência de profissionais qualificados da empresa Brandt Meio Ambiente, que atuam na área ambiental. Os pesos foram definidos sendo 1 ponto o valor mínimo, ou seja, o menor valor atribuído para aquele impacto considerando o evento ocorrido, e 5 pontos o valor máximo atribuído considerando a análise do evento .

Os valores são importantes, pois para cada evento analisado, serão multiplicadas as respostas de cada atributo para que seja possível obter um resultado final em relação ao risco.

Segue abaixo o peso atribuído para cada variável dos atributos adotados:

#### Frequência

Remota: 1 ponto

Improvável: 2 pontos

Provável: 3 pontos

Frequente: 5 pontos

#### Severidade

Desprezível: 1 ponto

Marginal: 2 pontos

Crítica: 3 pontos

Catastrófica: 5 pontos

#### Espacialização

Pontual: 1 ponto

Restrita: 2 pontos

Externa: 3 pontos

Grandes Extensões: 5 pontos

Vulnerabilidade

Não há vulnerabilidades: 1 ponto

Vulnerabilidade natural: 3 pontos

Vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica: 5 pontos

Tolerância

Aceitável: 1 ponto

Tolerável: 2 pontos

Intolerável: 5 pontos

Intensidade

Nível I: 1 ponto

Nível II: 2 pontos

Nível III: 3 pontos

Nível IV: 5 pontos

Complexidade do sistema

Não: 1 ponto

Sim: 5 pontos

Pontos de ruptura

Não: 1 ponto

Sim: 5 pontos

Esses valores são empíricos, mas foram testados. Foram utilizados estudos de caso da própria empresa, juntamente com os profissionais qualificados e os pesos de cada atributo passaram por ajustes até que obtivéssemos os valores mais adequados.

### 5.1.3 - Definição dos limites das classes

Após a análise dos atributos, a planilha produz o resultado final da análise de risco que foi classificado em quatro classes: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Inicialmente, a classificação do risco foi realizada estatisticamente. Utilizou-se o Livro Estatística Básica de Piana, Machado e Selau (2009) para a construção dos intervalos de cada classe quanto a análise de risco. Para isso foi determinada a amplitude do intervalo com a Equação I:

$$i = \frac{a_t}{k}$$

Equação I

Onde:

$i$  = amplitude do intervalo;

$a_t$  =  $x_{\text{máximo}} - x_{\text{mínimo}}$  = amplitude total do conjunto de valores;

$k$  = número de classes

Considerando que o valor mínimo para cada atributo pode ser 1, considerando que todos os atributos receberam o menor peso e, após a multiplicação dos pesos, o valor de  $x_{\text{mínimo}}$  é definido como 1, e, se cada um dos oito atributos receber o valor máximo de 5 pontos, o  $x_{\text{máximo}}$  é obtido a partir da Equação II:

$$x_{\text{máximo}} = 5 \times 5 = 5^8 = 390.625$$

Equação II

O valor máximo obtido foi de 390.625 visto que foram selecionados 8 atributos e todos eles receberam o peso 5 (máximo), logo, ao multiplicar todos os pesos, o maior foi o encontrado na Equação II.

Definidos os valores de  $x_{\text{máximo}}$  e  $x_{\text{mínimo}}$  é possível obter o valor da amplitude total utilizando a Equação III, a seguir:

$$a_t = x_{\text{máximo}} - x_{\text{mínimo}} = 390.625 - 1 = 390.624$$

Equação III

Com isso, obtém-se o valor da amplitude do intervalo das classes determinadas visto que o número de classes  $k$  foi definido inicialmente como 4, de acordo com a Equação IV:

$$i = \frac{390.624}{4} = 97.656$$

Equação IV

Para construir os intervalos de classe, o limite inferior da primeira classe é sempre o menor valor do conjunto de dados  $x_{(1)}$  e o limite superior será o limite inferior acrescido do valor da amplitude do intervalo de classe ( $i$ ). Na sequência, o limite inferior da segunda classe será o limite superior da primeira e o limite superior da segunda classe será este limite inferior acrescido da amplitude do intervalo. Para todas as classes subsequentes, os intervalos deverão ser construídos da mesma forma que para a segunda, de acordo com a Figura 3 (PIANA; MACHADO; SELAU, 2009):

**FIGURA 3** - Construção dos intervalos de classe.

j	Classe
1	$x_{(1)} \text{  ---} x_{(1)} + i$
2	$x_{(1)} + i \text{  ---} x_{(1)} + 2i$
...	...
k	$x_{(1)} + (k - 1)i \text{  ---} x_{(1)} + ki$

**Fonte:** Piana, Machado e Selau (2009).

A partir disso, foi possível construir os intervalos de classe para a análise de risco, de acordo com o Quadro 20 a seguir:

**QUADRO 20** - Definição dos limites das classes considerando a estatística.

1ª Classe - Baixo	1	┌	97.657
2ª Classe - Médio	97.657	┌	195.313
3ª Classe - Alto	195.313	┌	292.969
4ª Classe - Muito Alto	292.969	┌	360.625

Fonte: Autoria Própria.

Após definido o intervalo das classes, percebeu-se que os mesmos não estavam muito coerentes para a análise do risco, visto que, foram realizados testes e, a maioria dos riscos estava sendo classificado como “1ª Classe - Baixo”. Portanto, objetivando obter um intervalo mais coerente o possível quando da análise de risco, optou-se pela não utilização das classes definidas estatisticamente, mas sim por experiência.

Buscando valores de intervalos mais coerentes a fim de otimizar os limites das classes, observou-se que o valor mínimo obtido será 1 quando todos os atributos receberem peso 1 e, o valor máximo será 390.625 quando todos os atributos receberem peso 5. Sabendo que, o menor valor obtido para o risco baixo será quando todos os atributos obtiverem o valor mínimo tem-se o limite inferior da primeira classe. Para avaliar o valor máximo permitido para a essa classe, foi avaliado que os atributos poderiam assumir no máximo os seguintes pesos demonstrados no Quadro 21 abaixo:

**QUADRO 21** - Pesos atribuídos para o limite superior da 1ª Classe – Baixo.

Atributo	Peso
Frequência	2
Severidade	2
Espacialização	1
Vulnerabilidade	3
Tolerância	2
Intensidade	1
Complexidade do Sistema	1
Pontos de Ruptura	1
<b>Total</b>	<b>24</b>

Fonte: Autoria Própria.

Portanto, o limite superior para essa classe será 24. Para a definição da classe médio foi aplicada a mesma metodologia. Para o limite superior da “2ª Classe- Médio” foram atribuídos os seguintes pesos para cada atributo, seguindo o Quadro 22:

**QUADRO 22** - Pesos atribuídos para o limite superior da 2ª Classe – Médio.

<b>Atributo</b>	<b>Peso</b>
Frequência	3
Severidade	2
Espacialização	2
Vulnerabilidade	3
Tolerância	2
Intensidade	1
Complexidade do Sistema	1
Pontos de Ruptura	1
<b>Total</b>	<b>72</b>

**Fonte:** Autoria Própria.

Assim, ficou definido que o menor valor permitido para a essa classe será de 25 e o maior valor será de 72.

Por fim, foi aplicada a mesma metodologia para a definição do limite superior da “3ª Classe- Alto”, obtendo o valor superior permitido para que fosse classificado como risco alto. Os pesos adotados podem ser observados no Quadro 23:

**QUADRO 23** - Pesos atribuídos para o limite superior da 3ª Classe – Alto.

<b>Atributo</b>	<b>Peso</b>
Frequência	5
Severidade	3
Espacialização	3
Vulnerabilidade	3
Tolerância	2
Intensidade	2
Complexidade do Sistema	1
Pontos de Ruptura	1
<b>Total</b>	<b>324</b>

**Fonte:** Autoria Própria.

O valor máximo permitido para essa classe ficou definido como 324. Visto que para a classe anterior “3ª Classe- Alto” o intervalo varia de 73 até 324, fica determinado que valores acima de 324 correspondem à “4ª Classe- Muito Alto”.

A seguir, o Quadro 24 apresenta os limites considerados para a análise de risco que foram obtidos empiricamente:

**QUADRO 24** - Definição dos limites das classes considerando a experiência.

1ª Classe - Baixo	1	┌	25
2ª Classe - Médio	25	┌	73
3ª Classe - Alto	73	┌	325
4ª Classe - Muito Alto	≥		325

Fonte: Autoria Própria.

#### 5.1.4 - Estudos de Caso

A fim de calibrar os intervalos das classes definidos para a metodologia de análise de risco, foram selecionados oito estudos de casos. É importante salientar que a utilização desses estudos deu-se para a avaliação dos riscos especificamente desses casos ocorridos, ou seja, a classe de risco encontrada estará associada àquele acidente específico. Para o estudo de análise de risco de empreendimentos passíveis ao EIA, é necessário que sejam analisados todos os riscos inerentes à atividade e fazer a análise separadamente. Optou-se por escolher acidentes ambientais de diferentes proporções e tipos, sendo eles:

##### Caso 1 - Acidente com caminhão

No dia 24 de abril de 2019, na cidade de Campinas em São Paulo, ocorreu um acidente envolvendo um caminhão, de acordo com o jornal G1 (2019). A carreta com 20 mil litros de diesel se despreendeu do caminhão e o óleo foi derramado no canteiro central da rodovia SP-332 não havendo explosões e nenhum ferido. O material derramado tem possibilidades de contaminação do solo, segundo o G1(2019), porém, não houve contaminação do curso d'água.

## **Caso 2 - Vazamento de diesel em posto de combustível**

No dia 31 de agosto de 2018, na Zona Norte do estado de São Paulo ocorreu um vazamento de diesel de um posto de combustível, que provocou um rastro de fogo pelo asfalto na região, segundo o G1 (2018). Ainda de acordo com o jornal, alguns carros que estavam estacionados foram atingidos pelas chamas e alguns ficaram carbonizados, mas não houve feridos. As chamas e o vazamento foram controlados por uma equipe de bombeiros.

## **Caso 3 - Vazamento em plataforma de petróleo**

De acordo com o jornal O Globo, no dia 23 de fevereiro de 2019 houve o rompimento de uma mangueira na plataforma P-58 da empresa Petrobrás no litoral sul do Espírito Santo. O acidente provocou o vazamento de óleo em volume estimado em 188 mil litros na Bacia de Campos. De acordo com o jornal foram disponibilizadas duas embarcações para conter e recolher o óleo vazado e impedir que a mancha alcance a costa. Não houve vítimas nem impactos para a operação.

## **Caso 4 - Explosão no gasômetro da Usiminas**

De acordo com o G1, no dia 10 de agosto de 2018 ocorreu uma explosão de um gasômetro da siderúrgica Usiminas no município de Ipatinga-MG, causada por falha técnica de equipamento. A explosão se conteve dentro da área da empresa e 34 pessoas ficaram feridas. O abalo da explosão foi de 1,86 graus na escala Richter, o que é considerado um tremor de baixa intensidade, mas segundo o jornal o impacto foi sentido em vários bairros perto da Usiminas.

## **Caso 5 - Incêndio no Museu Nacional do Brasil**

De acordo como G1, no dia 3 de setembro de 2018 ocorreu um incêndio no Museu Nacional no Rio de Janeiro, que destruiu parte do acervo com mais de 20 milhões de itens, danificando peças muito importantes para a história do Brasil. Segundo o jornal, o fogo se espalhou rapidamente dentro das imediações do museu, mas não houve feridos.

### **Caso 6 - Incêndio em Unidade de Conservação**

Ocorreu incêndio no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, em Belo Horizonte, no dia 12 de setembro de 2017, segundo G1 (2017). Não houve feridos, o maior impacto ocorreu na vegetação, pois o fogo consumiu uma grande área da unidade de conservação, mas houve uma área de manancial que foi queimada causando impactos na infiltração da água no solo.

### **Caso 7 - Chuva intensa no Rio de Janeiro**

De acordo com o G1 no dia 17 de maio de 2019 chuvas intensas provocaram deslizamento de terra e alagamentos em vários pontos de alagamento no interior do Rio de Janeiro no município de Arraial do Cabo. A cidade teve oito deslizamentos de terra, lama e rochas, duas quedas de muro e casas interditadas. Segundo o jornal não houve feridos.

### **Caso 8 - Rompimento barragem de Mariana-MG**

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão no município de Mariana em Minas Gerais, segundo o jornal G1, provocando uma onda de lama que devastou distritos próximos. O distrito de Bento Rodrigues foi destruído e centenas de pessoas ficaram desabrigadas, além de relatos de pessoas desaparecidas e muitos mortos. Além disso, o rejeito atingiu o Rio Doce acarretando diversos impactos na fauna e flora.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram efetuadas as análises de risco ambiental utilizando o “Sistema de Avaliação de Risco” criado. Os Quadros 25 a 32 apresentados a seguir identificam os resultados das análises de riscos para os casos 1 a 8.

**QUADRO 25** - Análise de risco ambiental do Caso 1 - Acidente com caminhão.

<b>Resultado Final – Acidente com caminhão</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Frequente	5
<b>Severidade</b>	Marginal	2
<b>Espacialização</b>	Pontual	1
<b>Vulnerabilidade</b>	Não há vulnerabilidade	1
<b>Tolerância</b>	Aceitável	1
<b>Intensidade</b>	Nível I	1
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Baixo = 10</b>	

O acidente com caminhão apresentado no Quadro 25, apesar de ser um evento com probabilidade frequente de ocorrência peso 5 e com severidade marginal peso 2, uma vez que apresenta danos leves aos equipamentos e não houve feridos, apresenta risco classificado como baixo, pois é um evento pontual peso 1 e ocorre em um local que não apresenta vulnerabilidades. Além disso, é um acidente considerado aceitável peso 1, uma vez que os meios de transporte são considerados de fundamental importância para a infraestrutura e economia do local e de baixa intensidade peso 1, não apresentando um sistema complexo e nem pontos de ruptura.

**QUADRO 26** - Análise de risco ambiental do Caso 2 - Vazamento de diesel em posto de combustível

<b>Resultado Final - Vazamento de diesel em posto de combustível</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Improvável	2
<b>Severidade</b>	Marginal	2
<b>Espacialização</b>	Restrita	2
<b>Vulnerabilidade</b>	Não há vulnerabilidade	1
<b>Tolerância</b>	Aceitável	1
<b>Intensidade</b>	Nível I	1
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Baixo = 8</b>	

O Quadro 26 mostra o resultado da análise de risco do caso 2, que foi considerado um evento de risco baixo. É um acidente pouco provável peso 2 de ocorrer, uma vez que os postos de combustíveis devem apresentar medidas de

controle para impedir acidentes de vazamento conforme legislação específica e severidade marginal peso 2 visto que os danos foram considerados leves, pois houve danos a alguns carros estacionados próximo ao local. Em relação à espacialização, foi considerado como restrita peso 2 devido ao vazamento ter extrapolado os limites do posto de gasolina, porém, não há vulnerabilidades peso 1 e é um risco aceitável peso 1, pois é um posto de serviço fundamental para o desempenho dos veículos. Foi considerado um desastre de nível I peso 1 pois é um desastre de pequeno porte, não apresenta pontos de ruptura peso 1 e não foi considerado um sistema complexo peso 1.

É importante observar que a análise realizada partiu de um acidente já ocorrido com um posto de combustível e, para tanto, em função dos sinistros, o resultado do modelo mostrou-se baixo. Entretanto entende-se que postos de combustíveis dependendo da quantidade armazenada e do local onde está instalado o seu risco pode variar de médio até alto.

**QUADRO 27** - Análise de risco ambiental do Caso 3 - Vazamento em plataforma de petróleo

<b>Resultado Final - Vazamento em plataforma de petróleo</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Improvável	2
<b>Severidade</b>	Crítica	3
<b>Espacialização</b>	Restrita	2
<b>Vulnerabilidade</b>	Não há vulnerabilidade	1
<b>Tolerância</b>	Aceitável	1
<b>Intensidade</b>	Nível III	3
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Médio = 36</b>	

O resultado final da análise de risco do acidente de vazamento de óleo na plataforma de petróleo foi classificado como médio, conforme o Quadro 27. É um acidente considerado improvável peso 2 de ocorrência, porém com severidade classificada como crítica peso 3 uma vez que tem o potencial de causar danos severos ao meio ambiente e exige ações corretivas de efeito imediato para evitar desdobramentos catastróficos. Foi um evento cuja espacialização é considerada restrita peso 2 uma vez que não afetou a área de influência indireta e não há vulnerabilidades peso 1. É também um risco aceitável peso 1 por apresentar risco

muito baixo de ocorrência. A intensidade do risco, estima-se que seja entre nível II peso 2 ou nível III peso 3 pois não se sabe ao certo o valor do prejuízo calculado, porém independente da classificação, a planilha classifica o risco como médio. Não é considerado um sistema complexo peso 1 e não há ruptura do sistema peso 1.

**QUADRO 28** - Análise de risco ambiental do Caso 4 - Explosão do gasômetro da Usiminas

<b>Resultado Final - Explosão do gasômetro da Usiminas</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Improvável	2
<b>Severidade</b>	Crítica	3
<b>Espacialização</b>	Externa	3
<b>Vulnerabilidade</b>	Não há vulnerabilidade	1
<b>Tolerância</b>	Aceitável	1
<b>Intensidade</b>	Nível II	2
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Médio = 36</b>	

O Quadro 28 apresenta a classificação de risco médio para o caso da explosão do gasômetro da Usiminas. É considerado um evento improvável peso 2 de ocorrência visto que é pouco esperada a sua ocorrência, porém, quando ocorre é considerado como crítico peso 3, pois causou danos severos aos equipamentos da empresa, e ocorreram lesões às pessoas. É um acidente com espacialização externa peso 3 visto que pessoas da área de influência indireta foram afetadas com tremores de terra, apesar disso, não apresenta vulnerabilidades peso 1 e é um risco aceitável peso 1. Os prejuízos foram classificados como nível II peso 2 e não apresenta complexidade do sistema peso 1 e nem pontos de ruptura peso 1.

**QUADRO 29** - Análise de risco ambiental do Caso 5 - Incêndio no Museu Nacional do Brasil

<b>Resultado Final - Incêndio no Museu Nacional do Brasil</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Improvável	2
<b>Severidade</b>	Crítica	3
<b>Espacialização</b>	Pontual	1
<b>Vulnerabilidade</b>	Vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica	5
<b>Tolerância</b>	Tolerável	2
<b>Intensidade</b>	Nível III	3
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Alto = 180</b>	

Para o caso 5 do incêndio no Museu Nacional do Brasil o risco foi classificado como alto, conforme o Quadro 29. Isso ocorre principalmente devido às vulnerabilidades sociais de tecnológica peso 5 presentes no ambiente exposto. Foi um evento classificado como improvável peso 2 visto que é pouco esperada a sua ocorrência, mas a severidade é crítica peso 3 uma vez que houve danos severos aos equipamentos e à propriedade. O incêndio ocorreu apenas dentro da área do museu, por isso é classificado como pontual peso 1 e é um risco tolerável peso 2 já que é pouco provável de ocorrência. Foi considerada a intensidade dos impactos como nível III peso 3 e que não há complexidade do sistema peso 1 e nem pontos de ruptura peso 1.

**QUADRO 30** - Análise de risco ambiental do Caso 6 - Incêndio em Unidade de Conservação

<b>Resultado Final - Incêndio em Unidade de Conservação</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Frequente	5
<b>Severidade</b>	Crítica	3
<b>Espacialização</b>	Restrita	2
<b>Vulnerabilidade</b>	Vulnerabilidade natural	3
<b>Tolerância</b>	Tolerável	2
<b>Intensidade</b>	Nível I	1
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Alto = 180</b>	

O Quadro 30 apresenta os resultados do caso 6 referente ao incêndio no Parque do Rola Moça que foi classificado como risco alto. O evento analisado foi

considerado como frequente peso 5 uma vez que há probabilidade de ocorrência de várias vezes ao longo do horizonte temporal. Além disso, é considerado um impacto crítico devido à importância das unidades de conservação para o ecossistema e meio ambiente, portanto a severidade deste evento foi classificada como crítica peso 3 e espacialização restrita peso 2. É um evento cujo ambiente apresenta vulnerabilidade natural peso 3 por fazer parte de uma Unidade de Conservação Federal. O risco é considerado tolerável peso 2 e este caso foi enquadrado como nível I peso 1, além de não ser um sistema complexo peso 1 e não haver pontos de ruptura peso 1.

**QUADRO 31 - Análise de risco ambiental do Caso 7 - Chuvas Intensas RJ**

<b>Resultado Final - Chuvas intensas RJ</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Frequente	5
<b>Severidade</b>	Crítica	3
<b>Espacialização</b>	Restrita	2
<b>Vulnerabilidade</b>	Vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica	5
<b>Tolerância</b>	Tolerável	2
<b>Intensidade</b>	Nível II	2
<b>Complexidade do Sistema</b>	Não	1
<b>Ponto de Ruptura</b>	Não	1
<b>Risco</b>	<b>Muito Alto = 600</b>	

O resultado final da análise de risco do acidente de chuvas intensas no Rio de Janeiro foi classificado como muito alto, conforme o Quadro 31. O resultado final obteve influência, principalmente da frequência peso 5 por ser um risco possível de ocorrer várias vezes ao longo do horizonte temporal, severidade catastrófica peso 3, pois apresenta danos severos aos equipamentos, propriedade e meio ambiente, além de exigir ações imediatas para evitar catástrofes e a vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica peso 5. Foi classificada a espacialização como restrita peso 2 e o risco tolerável peso 2 baseado em mitigação. Considerou-se a intensidade como nível II peso 2 e que não há pontos de ruptura peso 1 e nem complexidade do sistema peso 1.

**QUADRO 32** - Análise de risco ambiental do Caso 8 - Rompimento da Barragem em Mariana

<b>Resultado Final - Rompimento da Barragem de Mariana - MG</b>		
<b>Atributos</b>	<b>Atributo Atribuído</b>	<b>Peso Atribuído</b>
<b>Frequência</b>	Remota	1
<b>Severidade</b>	Catastrófica	5
<b>Espacialização</b>	Grandes Extensões	5
<b>Vulnerabilidade</b>	Vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica	5
<b>Tolerância</b>	Intolerável	5
<b>Intensidade</b>	Nível III	3
<b>Complexidade do Sistema</b>	Sim	5
<b>Ponto de Ruptura</b>	Sim	5
<b>Risco</b>	<b>Muito Alto = 46.875</b>	

Por fim, o caso 8 do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG foi classificado como risco muito alto, como era esperado, de acordo com o Quadro 32. Não é um evento de ocorrência esperada, portanto foi classificado como remota peso 1, porém, os danos quando um evento desse porte ocorre são irreparáveis, ocorrendo lesões graves em várias pessoas e muitas mortes, sendo a severidade classificada como catastrófica peso 5. Além disso, é um evento de grandes proporções peso 5 uma vez que tem o potencial de extrapolar bacias hidrográficas e apresenta vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica peso 5. É um desastre intolerável peso 5 pois o risco é inaceitável de ocorrer e tem o potencial de causar prejuízos de nível III peso 3 ou IV peso 5. Ademais, são considerados sistemas complexos peso 5 uma vez que não são sistemas lineares e não se pode mensurar os impactos em uma macroescala e apresentam pontos de ruptura peso 5 pois houve uma ruptura completa do sistema, devastando a cidade de Mariana.

## 7. CONCLUSÕES

Após as análises dos resultados, foi possível perceber que o modelo apresentou resultados para análise de risco ambiental coerentes para os estudos de caso analisados.

É um modelo considerado prático para avaliações de risco no âmbito técnico, pois gera uma resposta do risco, permitindo que sejam adotadas medidas mais rígidas em relação a cada evento associado. Além disso, o modelo abrange um número considerável de atributos para qualificar o risco, isso permite uma maior robustez e confiabilidade do modelo.

O sistema foi elaborado de forma com que o avaliador não tenha acesso aos pesos atribuídos para cada atributo para que a resposta não seja passível de influência, não prejudicando a confiabilidade do resultado final. No Anexo I é apresentado um *print* de como o sistema é apresentado ao avaliador.

Percebe-se ainda que há limitações do modelo, pois esse modelo pode ser usado apenas por profissionais experientes, visto que a análise dos atributos exige experiência na área de estudo. Além disso, outro fator limitante é que devido à proposta do trabalho de conclusão de curso não foi possível testar o sistema com mais estudos de caso. Sugere-se que para aprimorar o modelo, sejam realizados testes em mais estudos de caso, de diferentes proporções e tipos, para que seja colocado em prática em projetos e estudos no dia-a-dia das empresas.

Esse projeto é considerado um projeto piloto que foi inicialmente desenvolvido, mas deseja-se aprimorar esse estudo para que seja possível implantar e ser utilizado em empresas de consultoria ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA).** Disponível em: <<https://www.epa.gov>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

ALMEIDA, Eliezer Pedrosa de; FERREIRA, Miguel Luis Ribeiro. Técnicas de análise de risco aplicadas à planejamento e programação de projetos da construção civil. **IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Niterói, RJ, ago. 2008. Disponível em: <<http://www.inovarse.org/filebrowser/download/8745%20-%20ALMEIDA%20E%20FERREIRA%202008>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Guia para gerenciamento de riscos da aviação.** 2019. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/Gerenciandoriscos\\_SGSONaprtica.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/Gerenciandoriscos_SGSONaprtica.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos — Princípios e diretrizes.** 1 ed. Rio de Janeiro, 2009. 32 p. Disponível em: <<https://gestravp.files.wordpress.com/2013/06/iso31000-gestc3a3o-de-riscos.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2019.

ASSUNÇÃO, Simone G. S. Metodologia para avaliação de riscos ambientais em áreas urbanas da região metropolitana de Goiânia-GO. 232 f. **Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)** - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3248/5/Tese%20-%20Simone%20Gon%C3%A7alves%20Sales%20Assun%C3%A7%C3%A3o%20-%202012.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

ASSUNÇÃO, Simone G. S. Riscos ambientais da ocupação urbana no entorno de águas superficiais: o caso do córrego Mingau, no bairro Parque Amazônia, em Goiânia - GO. 122 f. **Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental)** - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2002. Disponível em: <<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/1694#preview-link0>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

ASSUNÇÃO, Simone G. S.; MIZIARA, Fausto. Sistemas Peritos e Atores Sociais na Análise de Risco Ambiental. In: **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. N° 14, dez/2009. Págs. 15 a 26. Disponível em: <[http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/14-05\\_RBCIAMB-N14-Dez-2009-Materia03\\_artigos218.pdf](http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/14-05_RBCIAMB-N14-Dez-2009-Materia03_artigos218.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

AURÉLIO BUARQUE DE HOLANDA FERREIRA (Brasil). **Dicionário Aurélio**. 5. ed. Editora Positivo, 2010. 2272 p. Acesso em: 10 fev. 2019.

BISSACOT, Thaiza Clemente Couto; OLIVEIRA, Sílvia Maria Alves Correa. Instrumento para o gerenciamento de riscos ambientais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental - Esa**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p.227-232, abr. 2016. Anual. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413\\_41522016140442.pdf](http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413_41522016140442.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.803, de 02 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 jul. 1980. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6803.htm)>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 set. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BRASIL. Constituição Federal de 05 de outubro de 1988. **República Federativa do Brasil**. 498p. Brasília. 2016. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 dez. 1987. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 dez. 1997. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

CARDOSO, Alexsandro da Silva et al. Metodologia para classificação de aspectos e riscos ambientais conforme NBR ISO 14001. **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ABEPRO**, Florianópolis, nov. 2004. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004\\_Enegep1002\\_0117.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep1002_0117.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CASTRO, Augusto et al. Gestão de Riscos Ambientais. **UNEB - DEDC VII**, Bahia, 2011. Disponível em: <<http://www.uneb.br/espcont/files/2011/12/ART-001200-4.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CASTRO, A. L. C. 1999. Manual de planejamento em defesa civil. Vol.1. Brasília: **Ministério da Integração Nacional/ Departamento de Defesa Civil**. 133 p.

CASTRO, Cleber Marques de; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira; RIO, Gisela Aquino Pires do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p.11-30, dez. 2005. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/4830/4342>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Análise de Risco Tecnológico**. São Paulo. 2019. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica P 4.261 - Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência**. 2ª Ed. 140p. São Paulo 2011. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/P4261-revisada.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

COPAM. Deliberação Normativa nº 108, de 24 de maio de 2007. Altera a Deliberação Normativa Copam 50/01, que estabelece os procedimentos para o licenciamento ambiental de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis e dá outras providências. Minas Gerais: **Diário do Executivo**, 26 maio 2007. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=6850>>. Acesso em: 14 maio 2019.

COPAM/CERH. Deliberação Normativa nº 2, de 08 de setembro de 2010. Institui o programa estadual de gestão de áreas contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas. Minas Gerais: **Diário do Executivo**, 29 dez. 2010. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14670>>. Acesso em: 14 maio 2019.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco Ambiental: Conceitos e Aplicações. **Climep - Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p.50-87, jul. 2007. Disponível em: <[http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Risco\\_Ambiental\\_\\_Conceitos\\_e\\_Aplicacoes.pdf](http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Risco_Ambiental__Conceitos_e_Aplicacoes.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2019.

DINIZ, Flávio Luiz Barros et al. Apostila do Curso sobre Estudo de Análise de Riscos e Programa de Gerenciamento de Riscos: Módulo 0 - Introdução. Rio de Janeiro: **Det Norske Veritas e Ministério do Meio Ambiente**, 2006. 24 p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/\\_2.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/_2.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2019.

**G1.** Campinas e Região, 24 abr. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2019/04/24/carreta-com-diesel-se-desprende-de-caminhao-tanque-e-tomba-na-rodovia-sp-332-em-campinas.ghtml>>.

Acesso em: 26 maio 2019.

**G1.** Ciência e Saúde, 17 nov. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/11/rompimento-de-barragens-em-mariana-perguntas-e-respostas.html>>. Acesso em: 26 maio 2019.

**G1.** Minas Gerais, 12 set. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/incendio-atinge-novamente-parque-do-rola-moca-e-bombeiros-suspeitam-de-crime.ghtml>>. Acesso em: 26 maio 2019.

**G1.** Região dos Lagos, 17 mai. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2019/05/17/temporal-alaga-ruas-pela-segunda-vez-na-semana-na-regiao-dos-lagos-do-rj.ghtml>>. Acesso em: 26 maio 2019.

**G1.** Rio de Janeiro, 04 set. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2018/09/04/o-que-se-sabe-sobre-o-incendio-no-museu-nacional-no-rio.ghtml>>. Acesso em: 26 maio 2019.

**G1.** São Paulo, 31 ago. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/08/31/gasolina-vaza-de-posto-e-deixa-rastro-de-fogo-na-zona-norte-de-sp.ghtml>>. Acesso em: 26 maio 2019.

**G1.** Vales de Minas Gerais, 17 ago. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2018/08/17/explosao-de-gasometro-na-usiminas-foi-causada-por-falha-tecnica-de-equipamento.ghtml>>. Acesso em: 26 maio 2019.

Governo Federal. **Plano Plurianual 2012-2015**. Disponível em: <[http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=e008bc1e-64bb-4eab-ac09-50451032c336&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=e008bc1e-64bb-4eab-ac09-50451032c336&groupId=10157)>. Acesso em: 21 fev. 2019

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Guia de Procedimentos do Licenciamento Ambiental Federal: Documento de Referência. Brasília: **Ed. Celaf**, 2002. 128 p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/Procedimentos.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/Procedimentos.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2019.

ISAAC, I. Training in risk management, 1995.

KIRCHHOFF, Denis. Avaliação de risco ambiental e o processo de licenciamento: o caso do gasoduto de distribuição gás brasileiro trecho São Carlos - Porto Ferreira. 2004. **Dissertação (Mestrado)**: Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-09112004-172134/pt-br.php>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

MAGACHO, Lygia Alessandra Magalhães. Parque de Inovação de Serviços para as Pessoas Metodologias para o planejamento. **Dissertação (Mestrado)**. Administração de Empresas. PUC-RJ. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16890/16890\\_5.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16890/16890_5.PDF)>. Acesso em: 04 abr. 2019.

MENEZES FILHO, Armando Prestes de. Não-Extensividade Termodinâmica, Invariância Discreta de Escala e Elasto -Plasticidade: Estudo Numérico de um Modelo Geomecânico Auto-Organizado Criticamente. 2003. 189 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=4249@1](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=4249@1)>. Acesso em: 08 abr. 2019.

MORGADO, Cláudia do Rosário Vaz. Elementos de segurança ambiental. Rio de Janeiro: **Aquarius**, 2002. 77 p.

NARDOCCI, Adelaide Cássia. Gerenciamento Social de Riscos. **Revista de Direito Sanitário**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.64-78, mar. 2002. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdisan/article/view/81297/84936>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

NEVES, Carlos Eduardo Veras; RODRIGUES, Iana Araújo; PORTO, Mariana Campos. **Guia de Gerenciamento de Riscos de Obras Rodoviárias - Fundamentos**. Brasília: DNIT, 2013. 39 p. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/servicos/guia-de-gerenciamento-de-riscos-de-obras-rodoviaras/guia-fundamentos-simplificado2.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

**O GLOBO**. Economia, 23 fev. 2019. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/plataforma-da-petrobras-tem-vazamento-de-oleo-na-bacia-de-campos-23476470>>. Acesso em: 26 maio 2019.

PIANA, Clause Fátima de Brum; MACHADO, Amauri de Almeida; SELAU, Lisiane Priscila Roldão. **Estatística Básica: Versão Preliminar**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. 221 p. Disponível em: <[http://www.energiapura.net.br/alunos/planejamento\\_experimentos/Aulas\\_PAE/aula\\_1\\_PAE/Apostila\\_EB.pdf](http://www.energiapura.net.br/alunos/planejamento_experimentos/Aulas_PAE/aula_1_PAE/Apostila_EB.pdf)>. Acesso em: 18 maio 2019.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **SciELO**, São Paulo, v. 31, n. 89, p.271-283, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0271.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

RAPOSO JUNIOR, Alceu; BATISTA, Bruna Andrade; WEBER, Markus. MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS. **Anais do 3º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impactos**, Ribeirão Preto SP, v. 2. p.132-138, ago. 2016. Disponível em:

<<http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2017/02/AnaisCBAI16.pdf>>.

Acesso em: 07 abr. 2019.

SAITO, Sílvia M.. Desastres Naturais: conceitos básicos: Santa Maria, RS: Instituto **Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, 2008. 44 slides, color. Disponível em: <[http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia\\_saito.pdf](http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2019.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2008. Acesso em: 07 mar. 2019.

SEVÁ FILHO, A. O. No limite dos riscos e da dominação: a politização dos investimentos industriais de grande porte. 1988. **Tese (Livre-Docência)** - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1988.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela. Desastres Naturais: Conhecer Para Prevenir. São Paulo: **Instituto Geológico**, 2015. 3ªEd.197 p. Disponível em: <[https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer\\_para\\_Prevenir\\_3ed\\_2016.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer_para_Prevenir_3ed_2016.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2019.

VAZ JUNIOR, Carlos André. Análise e Gerenciamento de Risco. Rio de Janeiro: **Escola de Química da UFRJ**, 2017. 106 slides, Disponível em: <<http://www.eq.ufrj.br/docentes/cavazjunior/AGR.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

VIEILLARD-BARON, H. Os riscos sociais. In: VEYRET, Y. (Org.) Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: **Contexto**, 2007. p. 275-316.

ZIMMERMANN, Adriana Thom. Análise de Riscos de um Vazamento de Gás Natural em um Gasoduto. 2009. 120 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92259/262421.pdf?seque>

nce=1&isAllowed=y%20%E2%80%93%20SIMMERMANN%202009>. Acesso em: 04 abr. 2019.

## ANEXO I

### Planilha de Avaliação de Risco

### SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE RISCO

<b>Nome do evento a ser analisado</b>	
---------------------------------------	--

Frequência	
<b>A. Remota</b>	Não é esperada ocorrência do evento ao longo do horizonte temporal analisado.
<b>B. Improvável</b>	Pouco provável que ocorra o evento ao longo do horizonte temporal analisado.
<b>C. Provável</b>	É possível que o evento ocorra até uma vez ao longo do horizonte temporal analisado.
<b>D. Frequente</b>	É possível que o evento ocorra várias vezes ao longo do horizonte temporal analisado.

Severidade	
<b>A. Desprezível</b>	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Não ocorrem lesões/mortes de pessoas. O máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
<b>B. Marginal</b>	Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ou de baixo custo de reparo) podendo ocorrer lesões às pessoas.
<b>C. Crítica</b>	Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Lesões com gravidade às pessoas, podendo ocorrer inclusive mortes. Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
<b>D. Catastrófica</b>	Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível). Ocorrem lesões graves em várias pessoas e muitas mortes.

Espacialização	
<b>A. Pontual</b>	Impacto que atua diretamente sobre um ponto determinado, não necessariamente se configurando em toda a Área Diretamente Afetada (ADA) do evento em análise, porém restringindo-se aos seus limites legais, administrativos ou geográficos.
<b>B. Restrita</b>	Impacto que age sobre a Área Diretamente Afetada (ADA) do evento em análise, extrapolando seus limites para a Área de Influência Direta (AID).
<b>C. Externa</b>	Impacto que age sobre as Áreas Diretamente Afetada, de Influência Direta e Indireta (ADA, AID e AI) do evento em análise.
<b>D. Grandes Extensões</b>	Impacto com alto potencial de extrapolar bacias hidrográficas em seus diversos níveis hierárquicos sendo, em alguns casos, extensões superiores.

Vulnerabilidade	
<b>A. Não há vulnerabilidades</b>	Quando o ambiente exposto ao risco não possui vulnerabilidades socioambientais nem naturais importantes que mereçam destaque.
<b>B. Vulnerabilidade natural</b>	Quando o ambiente exposto ao risco possui fatores naturais que os potencializam, tais como áreas sujeitas a grandes alagamentos, tempestades (furacões, tornados), efeitos de maré (ressacas), secas prolongadas, registros de sismos (terremotos), falhas geológicas, declividades acentuadas, deslizamentos, ambientes cárnicos ou pseudo-cárnicos e entre outros.
<b>C. Vulnerabilidade natural, socioambiental e/ou tecnológica</b>	Quando o ambiente exposto ao risco e a incerteza possui uma combinação entre uma reduzida capacidade social ou tecnológica de proteger ou defender-se contra esses riscos, e, eventualmente, em lidar com as suas consequências negativas no âmbito do acidente ou desastre quando ocorrido.

Tolerância	
<b>A. Aceitável</b>	O risco é tão baixo que pode ser considerado insignificante. São consideráveis suficientemente baixos e bem controlados.
<b>B. Tolerável</b>	O risco é aceitável baseado na mitigação. É necessário uma análise de custo/ benefício. Corresponde ao risco que as pessoas estão geralmente dispostas a tolerar devido aos benefícios das atividades ou operações.
<b>C. Intolerável</b>	O risco é inaceitável a qualquer nível, independente dos benefícios associados à atividade.

Intensidade	
<b>A. Nível I</b>	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. Prejuízo < 5% PIB Municipal
<b>B. Nível II</b>	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. 5% ≤ Prejuízo ≤ 10% PIB Municipal
<b>C. Nível III</b>	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. 10 % < Prejuízo ≤ 30% PIB Municipal
<b>D. Nível IV</b>	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. Prejuízo > 30% PIB Municipal

Complexidade do Sistema	
<b>A. Não</b>	Caso o sistema não seja considerado complexo, isto é, é possível determinar os impactos em microescala. Sistemas lineares
<b>B. Sim</b>	Caso o sistema seja considerado complexo, isto é, os impactos são tão complexos que não são possíveis determinar em uma macroescala. Sistemas não lineares

Ponto de Ruptura	
<b>A. Não</b>	Caso ocorra o acidente não é esperado que haja ruptura completa do sistema social, ambiental e econômico da área afetada. Caso sejam realizadas as intervenções dentro do esperado é possível que o ambiente retorne às suas condições originais.
<b>B. Sim</b>	Caso ocorra o acidente há grande possibilidade de uma ruptura completa do sistema social, ambiental e econômico da área afetada. Neste caso mesmo que sejam realizadas as intervenções pós impacto o ambiente anterior não é possível retornar às suas condições originais.

Resultado Final	
Evento analisado	
Frequência	
Espacialização	
Vulnerabilidade	
Severidade	
Tolerância	
Intensidade	
Complexidade do Sistema	
Ponto de Ruptura	
Risco	