

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA –
GERENCIAMENTO DE RISCOS – FERRAMENTAS DE
ANÁLISE**

ANA BEATRIZ SOUZA PIÑA

ORIENTADOR: PROF. DsC. MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

**BRASÍLIA – DF
2017**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA –
GERENCIAMENTO DE RISCOS – FERRAMENTAS DE
QUANTIFICAÇÃO**

ANA BEATRIZ SOUZA PIÑA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**MICHELE TEREZA MARQUES CARVALHO, DSc. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**JOÃO HENRIQUE DA SILVA RÊGO, DSc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**LEANDRO MODESTO PRATES BELTRÃO, Mestrando (PECC, UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 30 de JUNHO de 2017.

FICHA CATALOGRÁFICA

PIÑA, ANA BEATRIZ SOUZA
Mapeamento Sistemático da Literatura – Gerenciamento de Riscos – Ferramentas de Análise [Distrito Federal] 2017.
v, 95 p., mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2017)
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PIÑA, ANA BEATRIZ SOUZA (2017). Mapeamento Sistemático da Literatura – Gerenciamento de Riscos – Ferramentas de Análise. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-001/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 95 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ana Beatriz Souza Piña

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Mapeamento Sistemático da Literatura – Gerenciamento de Riscos – Ferramentas de Análise

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2017

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Ana Beatriz Souza Piña
SQSW 102 Bloco H apartamento 506, Sudoeste
70670-208 – Brasília/DF – Brasil

RESUMO

A construção civil é um setor de grande apelo econômico ao redor do globo, movimentando inúmeros recursos e pessoas todos os anos. Contudo, existe hoje uma preocupação muito grande, tanto da parte dos construtores, quanto dos clientes, quanto à gestão de projetos realizada, especialmente quando se trata de desempenho de cumprimento de custos e prazos. Este estudo volta-se para delimitar o gerenciamento dos riscos vinculados aos custos e prazos por meio da avaliação de metodologias quantitativas. Foram escolhidos quatro métodos principais de quantificação: Monte Carlo, Processo de Hierarquia Analítica (AHP), Redes Neurais e *Fuzzy*. A metodologia escolhida para este projeto consistiu na realização de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), que conduziu à obtenção dos artigos utilizados como base para avaliação, permitindo observar quais dos métodos alcançaram mais respostas de uso e resultados mais coerentes. A metodologia prevê a classificação dos artigos no formato anual, por tipo de contrato, por tipologia construtiva, por contrato público X privado, por país de publicação, por fase de projeto e uma classificação geral de dificuldades encontradas e razões de escolha das metodologias. Como resultado foi possível determinar um panorama geral dos formatos de gerenciamento de riscos, podendo adequar as ferramentas aos melhores casos de aplicação e identificar as lacunas existentes que pairam sob o tema.

Palavras-Chave: Gerenciamento de Riscos; Mapeamento Sistemático; Monte Carlo, *Fuzzy*; AHP; Redes Neurais.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	9
1.1. JUSTIFICATIVA	12
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. OBJETIVO GERAL	13
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. ANÁLISE QUALITATIVA	14
2.2. MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO DE RISCOS	15
2.2.1. FERRAMENTA 01: TÉCNICA <i>FUZZY</i>	15
2.2.2. FERRAMENTA 2: ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS – AHP	18
2.2.3. FERRAMENTA 3: MONTE CARLO	21
2.2.4. FERRAMENTA 4: REDES NEURAIS	22
2.3. COMPARATIVO ENTRE FERRAMENTAS	24
3. MÉTODO DE PESQUISA	25
3.1. O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA – MSL	25
3.1.1. DEFINIÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE	26
3.1.2. ESCOLHA DA BASE DE DADOS	27
3.1.3. FORMULAÇÃO DA <i>STRING</i> DE BUSCA	27
3.1.4. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE ARTIGOS	29
3.2. CLASSIFICAÇÃO PÓS-MAPEAMENTO	30
3.2.1. POR ANO DE PUBLICAÇÃO	31
3.2.2. POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS	31
3.2.3. POR TIPO DE CONTRATO	32
3.2.4. POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO	32
3.2.5. POR TIPOLOGIA CONSTRUTIVA	32
3.2.6. POR FASE DE PROJETO	33
3.2.7. CLASSIFICAÇÃO GERAL	33
3.3. IDENTIFICAÇÃO DAS LACUNAS	33
3.3.1. POR ANO DE PUBLICAÇÃO	35
3.3.2. POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS	35
3.3.3. POR TIPO DE CONTRATO	36
3.3.4. POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO	36
3.3.5. TIPOLOGIA DO EMPREENDIMENTO	36
3.3.6. FASE DE PROJETO	37
3.3.7. CLASSIFICAÇÃO GERAL	37
4. ANÁLISES E RESULTADOS	38
4.1. CLASSIFICAÇÃO PÓS MAPEAMENTO	40
4.1.1. POR ANO DE PUBLICAÇÃO	41
4.1.2. POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS	45
4.1.3. POR TIPO DE CONTRATO	48
4.1.4. POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO	50
4.1.5. POR TIPOLOGIA CONSTRUTIVA	54
4.1.6. POR FASE DE PROJETO	55

4.1.7. CLASSIFICAÇÃO GERAL	59
4.2. LACUNAS DO CONHECIMENTO	63
4.2.1. RESUMO DAS LACUNAS DEFINIDAS	67
<u>5. CONCLUSÃO</u>	<u>69</u>
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>70</u>
<u>ANEXO I</u>	<u>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</u>
<u>ANEXO II</u>	<u>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</u>
<u>APÊNDICE</u>	<u>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1-1. Prática para Gerenciamento de Riscos - (ABNT ISO 31000, 2009)	10
Figura 1-2 - Visão Geral do Gerenciamento de Riscos - (PMBOK, 2013)	11
Figura 2-1- Representação da forma de conjunto Fuzzy Trapezoidal. Adaptada de PAWAN e LORTERAPONG, (2016)	17
Figura 2-2 Representação da forma de conjunto Fuzzy Triangular. Adaptada de PAWAN e LORTERAPONG, (2016)	17
Figura 2-3. Árvore Hierárquica de um problema MCDM. Adaptada de WANG e et al.,, (2008)	20
Figura 2-4. Esquema de unidade McCulloch - Pitts.	23
Figura 3-1. Procedimento de seleção de artigos. Autoria Própria.	29
Figura 3-2. Árvore Classificatória Preliminar	31
Figura 3-3. Representação da Lacuna pela não compatibilidade entre estudos – Autoria Própria.	35
Figura 4-1 . Proporção de respostas obtidas de cada metodologia	39
Figura 4-2. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação.	41
Figura 4-3. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação (reais e teóricos)	42
Figura 4-4. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação (métodos)	43
Figura 4-5. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação, do setor privado.	47
Figura 4-6. Porcentagem de publicação por agrupamento de países.	50
Figura 4-7. Progressão das publicações por países	53
Figura 4-8. Porcentagem de publicação por tipologia de construção	54
Figura 4-9. Porcentagem de publicação por fase de estudo do risco	56

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2-1 – Comparativo entre Ferramentas de Medição de Riscos _____	24
Tabela 3-1. Definições do processo P.I.C.O. Autoria Própria _____	26
Tabela 3-2. Definições do processo P.I.C.O. (inglês). Autoria Própria _____	27
Tabela 3-3. Resultados para as Strings de Busca. Autoria Própria. _____	28
Tabela 3-4. Resultados para as Strings de Busca. Autoria Própria. _____	28
Tabela 3-5. Tabela para preenchimento com os resultados obtidos da classificação geral. __	33
Tabela 4-1. Resultado do Mapemanto Sistemático da Literatura _____	38
Tabela 4-2. Total de respostas obtidos após triagens. _____	38
Tabela 4-3 – Porcentagem de aderência de respostas das plataformas de busca. _____	39
Tabela 4-4 – Resultado dos artigos classificados quanto à Preço e Tempo. _____	40
Tabela 4-5 – Resultado dos artigos classificados quanto aos contratos públicos X privados _	45
Tabela 4-6 - Resultado dos artigos classificados quanto aos aglomerados de países _____	52
Tabela 4-7 - Resultado dos artigos classificados quanto a tipologia de construção _____	54
Tabela 4-8 – Descrição das categorias de dificuldades para análise de fase de projeto _____	56
Tabela 4-9 - Porcentagem de dificuldades encontrada por fase de projeto _____	58
Tabela 4-10 – Descrição das razões de escolha das metodologias. _____	59
Tabela 4-11 – Resultados das razões para escolha de cada metodologia _____	60
Tabela 4-12 – Descrição das dificuldades apresentadas em cada metodologias. _____	62
Tabela 4-13 – Resultados das razões para escolha de cada metodologia _____	62
Tabela 4-14 – Situação de respostas das lacunas de conhecimento _____	64
Tabela 4-15 – Resumo das lacunas encontradas _____	68

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor de grande apelo econômico ao redor do globo, movimentando inúmeros recursos e pessoas todos os anos. Contudo, existe hoje uma preocupação muito grande, tanto da parte dos construtores, quanto dos clientes, quanto à gestão de projetos realizada, especialmente quando se trata de desempenho de cumprimento de custos e prazos.

Baloi e Price (2003) apresentam em estudo que, independente da complexidade e grandiosidade do projeto, a elevação dos custos, além daqueles propostos inicialmente para a concretização dos planos, é uma recorrente no ramo, distinguindo ainda que este problema é ainda pior em países que estão em desenvolvimento. Ainda, Raftery (1994) aponta que o meio da construção se encontra penalizado devido aos inúmeros casos de extrapolação do tempo e custo de obras, sendo as variáveis que levam à essas situações muitas e, de forma generalizada, correlacionadas.

O avanço no tempo previsto ou o aumento dos custos programados durante a fase de planejamento são evidências de que o gerenciamento dos mesmos não está sendo eficaz. Entende-se por gerenciamento de projetos a aplicação do conhecimento, habilidade, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos (PMI, 2013). Isto implica que a previsão de situações desfavoráveis e a percepção dos sinais de desconformidade são funções do planejador.

Pawan e Lorterapong (2016) assinalam que grande parte das imprecisões são derivadas do uso equivocado de informações ou da falta das mesmas. Tais imprecisões, assim como situações desfavoráveis ou desconformidades, são classificadas como riscos.

“O risco do projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto tais como escopo, cronograma, custo e qualidade.” – (PMI, 2013)

Tendo esta definição em mente, é preciso que seja realizada uma análise assertiva para identificação, durante o planejamento, dos riscos que acercam os projetos, possibilitando a tomada de providências preventivas, e corretivas, de forma a buscar minimizar os impactos no custo e no prazo. As causas e condições dos riscos dependem de fatores específicos de cada projeto, sendo necessário que cada estudo seja realizado individualmente. Ainda, existem

formas de balizamento que auxiliam na determinação destes, como estudos prévios de indicativos de riscos, dependendo do tipo e porte da construção.

Tais estudos promovem direcionamentos dos tipos mais comuns de riscos, como o realizado por Beltrão (2016). Este será mais aprofundado no capítulo referente à revisão bibliográfica. Estudos como este, contudo, não retiram a necessidade da realização de um plano individual de Gerenciamento de Riscos e da busca por contingências específicas do projeto.

Existem modelos para tais planos de Gerenciamento de Riscos. Neste trabalho serão focalizados dois: O indicado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas na norma NBR ISO 31000:2009 e o aconselhado pelo PMBOK (2013), que possuem um nível de detalhamento mais elevado. Os processos estão ilustrados nas **Figura 1-1** e **Figura 1-2**, respectivamente.

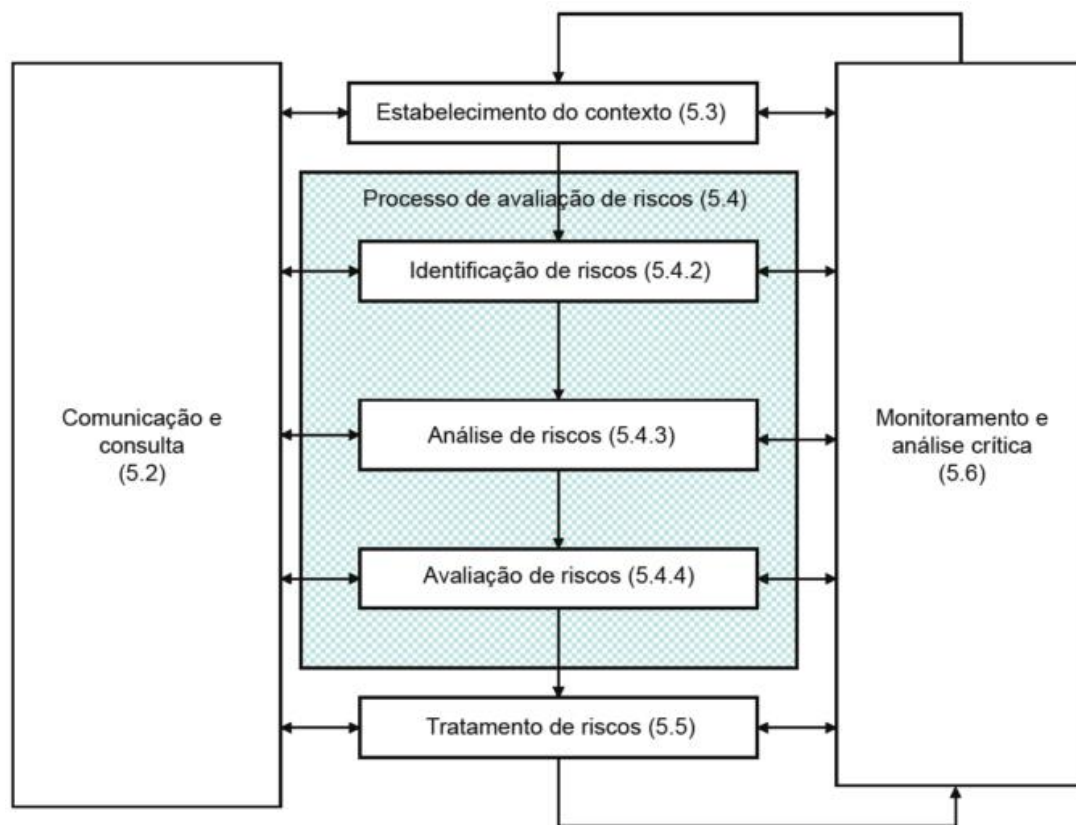


Figura 1-1. Prática para Gerenciamento de Riscos - (ABNT ISO 31000, 2009)

Visão geral do gerenciamento do tempo do projeto

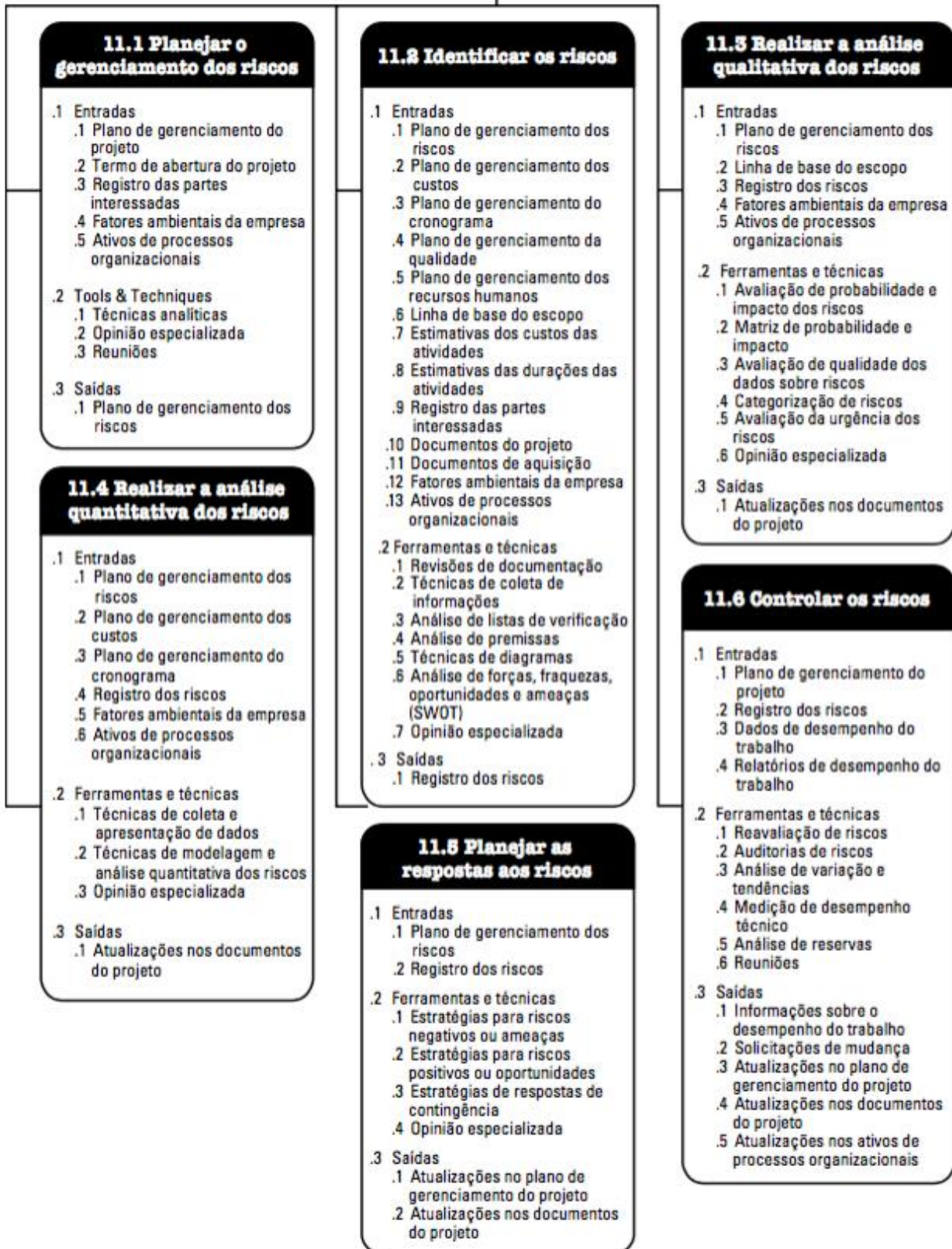


Figura 1-2 - Visão Geral do Gerenciamento de Riscos - (PMI, 2013)

Comparativamente, os processos são muito similares e indicam como fases essenciais, para um bom plano, a identificação dos riscos, seguida da análise qualitativa e quantitativa e por fim, o planejamento das respostas que serão dadas ao que foi encontrado, de forma que os riscos sejam mitigados e controlados. Note que ambos os processos selecionam ainda uma fase de monitoramento dos riscos, indicando a necessidade de uma constatare reavaliação dos mesmos ao longo do projeto.

Neste estudo, o enfoque maior foi para ferramentas de análise dos riscos, possibilitando reduzir o grau de incertezas dos projetos e, diminuir o valor de contingências deixado para solucionar os problemas.

1.1. JUSTIFICATIVA

O estudo dos riscos de um empreendimento é algo que se faz necessário, especialmente quando se trata do aprimoramento das técnicas de previsão e mensuração do quanto cada risco afeta nas atividades.

O PMBOK (2013) sugere que a forma de modelagem e simulação quantitativa dos riscos tipicamente utilizada é a técnica Monte Carlo, pela sua possibilidade de iterações e calculo probabilístico. Contudo, em nenhum ponto evidencia que esta seja a melhor técnica para tal estudo.

A NBR ISO 31000:2009 não faz menção do uso de softwares para mensurar os riscos quando os mesmos estão em análise, apenas menciona que alguma ferramenta deve ser utilizada para realização de tal procedimento.

Ainda, a bibliografia estudada indicou que ferramentas como a *Analytical Hierarchy Process – AHP* tem sido muito utilizadas para delinear e mensurar riscos (AMINBAKHSH et al., 2013).

Por haver uma incerteza quanto ao método mais indicado para analisar os riscos, ou que apresenta melhores respostas para tal estudo, e ainda, com a evolução de novos sistemas de modelagem, não apenas probabilísticos e estatísticos, se faz, então, essencial uma busca pela ferramenta que melhor se adequa ao referido estudo.

1.2. OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos que se busca responder ao longo deste trabalho.

1.2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desta monografia é selecionar o modelo de análise que melhor expressa o risco das imponderações relativas à duração ou aos custos de empreendimentos na construção civil.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Demais objetivos deste trabalho são:

- Comparar as ferramentas selecionadas para análise de riscos quando aplicados às relações da problemática envolvendo custo e prazo;
- Apontar diferentes razões para os usos de diversos métodos de análise de riscos;
- Utilizar o Mapeamento Sistemático da Literatura como ferramenta para verificar as lacunas de conhecimento existentes quanto aos estudos relativos à análise de riscos em projetos, quando se trata de custo e prazo.

1.2.3. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Como limitações da pesquisa, não foi realizada a avaliação do fator de impacto ou QUALIS dos periódicos em que os artigos foram publicados. Também não foi realizada a análise dos autores com maior número de publicações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica deste estudo manteve-se em definir as ferramentas que terão enfoque neste trabalho, explanando-as resumidamente, para compreensão do funcionamento individual das mesmas. Ainda, possui uma breve discussão de quais riscos são os mais encontrados em pesquisas qualitativas ou semi-quantitativas.

2.1. ANÁLISE QUALITATIVA

Os processos de gerenciamento de riscos definem que, antes de se iniciar análises quantitativas, deve-se determinar quais são os riscos aos, quais o projeto estará sujeito durante sua realização, e analisá-los de forma qualitativa. O foco deste estudo não está em ferramentas de avaliação qualitativa de riscos, contudo, outras pesquisas realizadas em paralelo com esta concentram-se na determinação de tais ferramentas.

Realizar a análise qualitativa dos riscos está definida em PMBOK (2013) como o método de priorização de riscos, de forma que os gerentes de projetos possam reduzir o nível de incertezas e focar naquelas que são de alta prioridade, ou seja, as que implicam em maiores impactos, principalmente, em se tratando de custos e prazo.

Beltrão (2016) realizou um estudo minucioso de identificação das variáveis consideradas as principais desencadeadoras de riscos, constatando que a identificação das mesmas, na construção civil, comumente recorre à literatura. O resultado preliminar de seu estudo gerou uma lista, posteriormente catalogada, composta por riscos identificados ao longo de sua busca em variadas bibliografias. Essa lista encontra-se no Anexo I deste projeto.

Por meio dessa lista, Beltrão (2016) realizou uma Estrutura Analítica de Riscos (EAR), focando principalmente em obras de cunho público. As categorias de problemas definidas como as principais fontes geradoras de incertezas são: Sociais; Técnicos; Econômicos; Gerenciamento; Ambientais; Políticos. Estas categorias são sustentadas por outros projetos, como o de Baloi e Price (2003), que identifica como fatores que impactam os custos de empreendimentos o ambiente sociocultural, a economia, o nível tecnológico e a política local de onde o projeto estará sendo aplicado.

Apesar do cunho do projeto estar direcionado para obras públicas, o mesmo pode ser muito bem aplicado para empreendimentos privados, uma vez que a metodologia utilizada determina que os riscos sejam unificados, de forma que as categorias tenham o menor número

possível de itens a serem analisados *a posteriori*. O resultado desta é que a generalidade dos riscos encontrados fixam-se aplicáveis, como base, para qualquer tipo de empreendimento, com sua revisão e necessárias adaptações pontuais. A EAR determinada se encontra no Anexo II.

Os riscos da EAR, quando analisados individualmente, implicam em alterações no custo ou prazo dos projetos, podendo ser considerada uma análise qualitativa geradora de informações a serem utilizadas para “alimentar” as ferramentas que medirão de forma quantitativa os mesmos.

2.2. MÉTODOS PARA ANÁLISE DE RISCOS

Diferentes modelos têm sido aplicados para avaliar os riscos de um projeto. Como indicado na justificativa, não há uniformidade quanto aos métodos de mensuração ou ao sucesso que cada um deles apresenta.

Aminbakhsh *et al.* (2013) utilizam do método *Analytical Hierarchy Process* (AHP) para delinear e mensurar riscos, enquanto Carr e Tah (2001) fazem uso da lógica *fuzzy*.

Sousa *et al.* (2014) avaliam que os métodos estatísticos são os mais encontrados para realização de análises de riscos, entretanto, não deixam de evidenciar o crescimento de ferramentas de inteligência artificial, como Redes Neurais. Ainda, o PMBOK (2013) sugere que a ferramenta mais comumente utilizada é o método Monte Carlo.

Buscando selecionar a ferramenta que se adequa à temática de avaliação do custo e prazo de empreendimentos, escolheu-se como vias de estudos comparativos, quatro métodos/ferramentas indicados pela literatura: *FUZZY*; AHP; MONTE CARLO; e REDES NEURAS.

2.2.1. FERRAMENTA 01: TÉCNICA *FUZZY*

A lógica *fuzzy*, criada por Lofti Asker Zadeh em 1965, tem sido muito utilizada no contexto de gerenciamento de construções. Um de seus muitos usos está na simulação de riscos do superfaturamento, subfaturamento e atrasos de empreendimentos (ELBARKOUKY *et al.*, 2016).

Esta aplicação usual se dá pela característica principal do método de classificação, o qual parte do princípio de que algumas categorizações podem ser ambíguas, além de possuírem variados níveis de atribuições em seus possíveis componentes. Para as situações nas quais isso é uma verdade, é preciso atribuir um grau de desempenho aos itens que compõem a classificação, averiguando quais se encaixam naquela definição e aqueles que menos se encaixam, mas ainda são considerados parte da mesma.

Pawan e Lorterapong (2016) explicam que, em conjuntos *fuzzy*, os itens pertencem a domínios cujas imagens são valores entre 0 e 1, sendo 1 o que melhor se adequa àquele domínio e 0 o que menos se adequa. Comparativamente, a teoria clássica pode ser descrita pela Equação 1, enquanto a teoria *fuzzy* é definida pela Equação 2 (MARRO *et al*, S.D.). As **Figura 2-1** e **2-2**, de Pawan e Lorterapong (2016), ilustram as duas formas mais comuns nas quais os itens *fuzzy* são representados: o formato trapezoidal (a) e o triangular (b).

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, } x \in A \\ 0 & \text{se, } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, } x \in A \\ 0 & \text{se, } x \notin A \\ 0 < \mu(x) < 1, & \text{se } x \text{ pertence parcialmente a } A \end{cases} \quad (2)$$

Para melhor compreender, é preciso aprofundar em conjuntos *fuzzy*, os quais são descritos por Lucas, Rignet e Chenci (2011), *apud* ABAR (2004), como conjuntos nebulosos, pois, a definição destes é possuir graus de pertinência e ambiguidade que dependem de tomadas de decisão. Pode-se concluir que os conjuntos *fuzzy* que classificam os elementos de um dado universo são menos rígidos dos que aqueles utilizados na teoria clássica, visto que eles admitem graus parciais de pertinência (MARRO *et al*, S.D.).

Grande parte da definição dos conjuntos *fuzzy* esta em determinar a função de pertinência, que depende do problema a ser avaliado. O mais comum é o uso de formas lineares, como as **Figura 2-1**, representação trapezoidal, e **Figura 2-2**, representação triangular, ilustram.

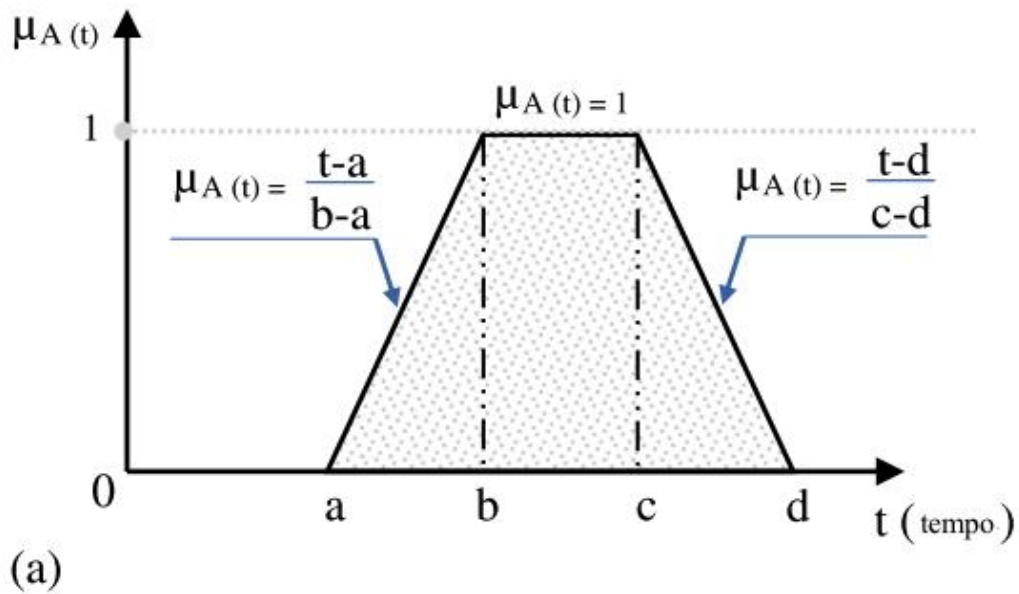


Figura 2-1- Representação da forma de conjunto *Fuzzy Trapezoidal*. Adaptada de PAWAN e LORTERAPONG, (2016)

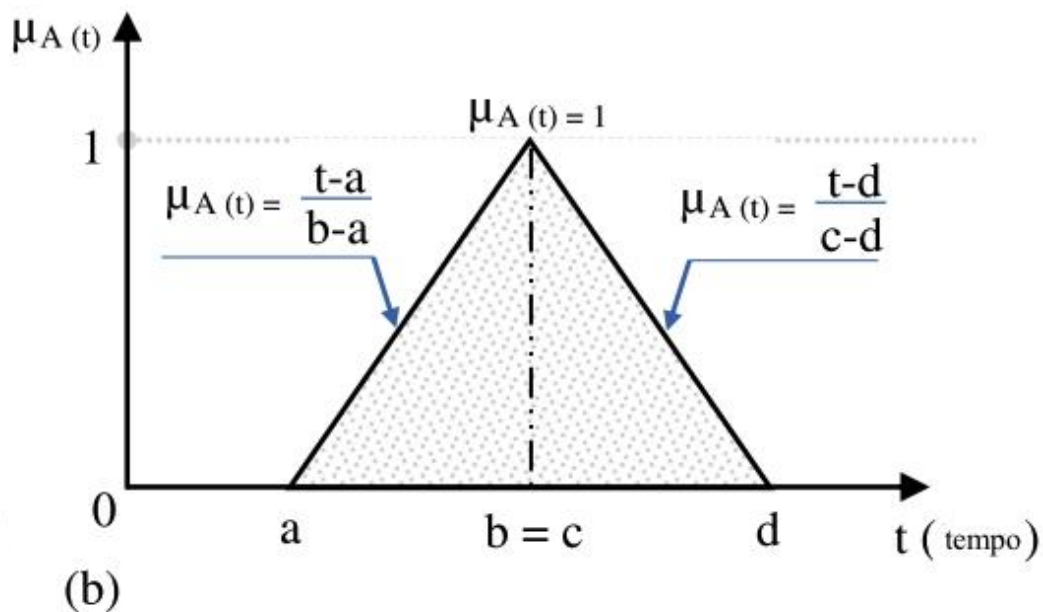


Figura 2-2 Representação da forma de conjunto *Fuzzy Triangular*. Adaptada de PAWAN e LORTERAPONG, (2016)

Marro *et al* (S.D.) ainda indicam variáveis linguísticas que alteram os graus de pertinência, dentre elas: *muito*, *pouco*, *quase*, *extremamente*, *médio*, entre outras. Elas aumentam ou diminuem a importância dos itens de um conjunto *fuzzy*.

Algumas propriedades e operações que podem ser realizadas com os conjuntos foram definidas por Zadeh (1965). Estas são ilustradas utilizando dois conjuntos *fuzzy*, A e B, em um universo U.

- O conjunto *fuzzy* A é um subconjunto do conjunto *fuzzy* B se o grau de pertinência dos itens do conjunto A é menor ou igual que seu grau de pertinência no conjunto B. Indica-se por $A \subseteq B$.
- Os conjuntos A e B são iguais se a pertinência de todos os elementos de A forem iguais as suas respectivas em B. Indica-se por $A = B$.
- A União de conjuntos, interpretada como “OU”, significa ser possível usufruir dos princípios da comutatividade, associatividade, monotonicidade e coerência dos contornos.
- A Intersecção de conjuntos, interpretada por “E”, é baseada nos princípios da comutatividade, associatividade, monotonicidade e coerência dos contornos.

Fazendo uso de tais ferramentas, é possível, com a catalogação e associação de pertinências aos itens, realizar a análise dos mesmos, gerando matrizes de resultados que devem passar por um processo de *desfuzzyficação*. Esta ferramenta abre a possibilidade de atualização das informações, para que o monitoramento possa ser realizado de forma eficaz.

Ao final, é esperado que haja uma identificação de quais são os riscos mais impactantes, de forma que se possa passar para a fase de Definição de Respostas aos Riscos Encontrados.

2.2.2. FERRAMENTA 2: ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS – AHP

O método conhecido por *Analytic Hierarchy Process* (AHP), ou Processo Analítico de Hierarquização, é utilizado para solucionar problemas de tomada de decisão com multicritério (MCDM), especialmente para problemas que tratam modelos qualitativos (WANG *et al*, 2008), o que o faz compatível para uma análise e identificação de riscos.

Desenvolvido por Saaty (1980) para suportar problemas de MCDM, ele se baseia na decomposição dessa MCDM em uma hierarquia, determinando critérios de importância, comparando alternativas que respeitem os limites dos critérios e determinando prioridades para cada alternativa de decisão, formulando um ranking de opções como solução. A árvore

hierárquica formulada segue como a **Figura 2-3** ilustra, sendo o resultado indicado no topo da hierarquia.

Para uma análise, pergunta-se a especialistas quais são os critérios, quando pareados, que possuem maior peso entre si. Atribuem-se valores entre 1 e 9 às combinações de alternativas. Por exemplo: quando duas alternativas possuem igual importância entre si, atribui-se a sua combinação o valor 1; e, quando uma é extremamente mais importante do que outra, atribui-se valor 9 à combinação. Com isso, formula-se uma matriz comparativa, como a indicada na Equação 3.

A comparação par-a-par entre os elementos, em relação a um mesmo critério, é um método extremamente eficiente para concentrar julgamentos (SAATY, 1990), sendo este um dos benefícios de se usar uma hierarquia.

Saaty (1994) determinou uma escala para que houvesse a padronização na atribuição das importâncias associadas ao estudo. Esta escala está ilustrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Escala de Saaty (1994).

Intensidade de Importância	Definição
1	Mesma importância
3	Importância pequena de uma sobre a outra
5	Importância grande ou essencial
7	Importância muito grande ou demonstrada
9	Importância absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i
Racionais	Razões resultantes da escala

As variáveis da Equação 3 e da **Figura 2-3** são:

- $C_1, C_2, \dots, C_m = \textit{Critérios de Decisão}$
- $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} = \textit{Análise par a par.}$

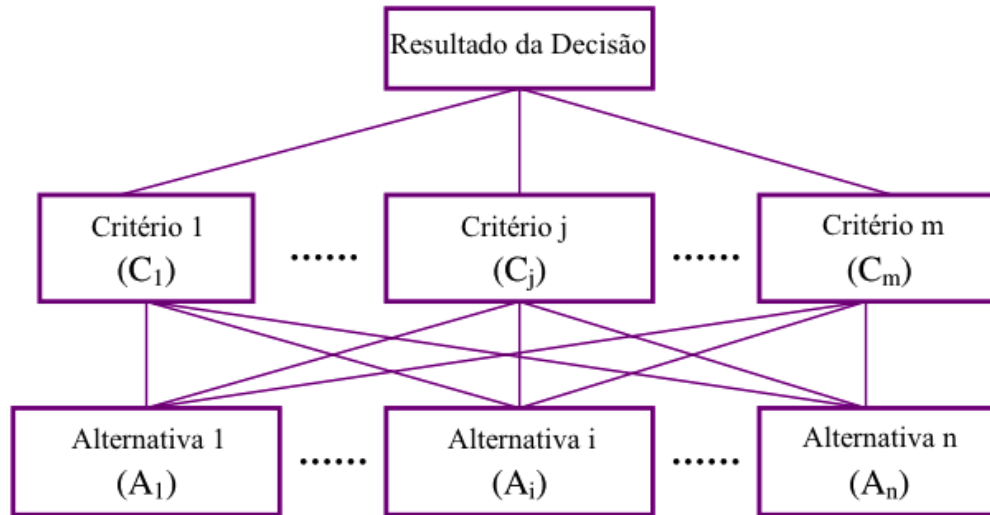


Figura 2-3. Árvore Hierárquica de um problema MCDM. Adaptada de WANG e *et al.*, (2008)

$$A = (a_{ij})_{m \times m} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para verificar se os resultados obtidos foram totalmente coerentes, deve-se observar se a condição da Equação 4 é atendida, para todo $i, j, k = 1, \dots, m$. Entretanto, como é possível que não haja um padrão de respostas perfeitamente compatível, pode-se usufruir da Equação 5, que utiliza um valor de razão de inconsistência (RI), escolhido pelo índice randômico, para determinar uma Razão de Consistência (CR). O índice randômico é obtido pela tabela de Saaty. Sendo $CR \leq 0,1$, Wang *et al* (2008) sugerem que o resultado da matriz é aceitável.

$$a_{ij} = a_{ik} * a_{kj} \quad (4)$$

$$CR = \frac{(\lambda_{max} - n)/(n - 1)}{RI} \quad (5)$$

Para obtenção do valor da importância do autovalor W, deve-se utilizar o maior valor próprio de A, representado pelo símbolo λ_{max} , aplicando-o à Equação 6. Este método de aplicação é conhecido por Método do Maior Valor Próprio (EM), de Saaty (1980).

$$AW = \lambda_{max}W \quad (6)$$

Depois de obtidos os valores dos pesos da matriz para os pares de alternativas, pode-se determinar a importância geral de cada item, podendo variar o método empregado para tanto. Como exemplo de aplicação, existe o método SAW (*Simple Additive Weighting*) utilizado por Wang *et al* (2008), ilustrado pela Equação 7. A melhor alternativa consiste na que possuir maior peso geral.

$$w_{Ai} = \sum_{j=1}^m w_{ij} * w_j \quad i = 1, \dots, n \quad (7)$$

Na qual:

- w_{Ai} = Pesos Gerais para a alternativas
- w_{ij} = Pesos para as alternativas referentes ao critério j ;
- w_j = Pesos do critério j .

Este método, então, apresenta-se como uma boa opção para identificar riscos, colocá-los em rankings de maior importância. Entretanto, Wang *et al* (2008) mencionam que este método, quando realizado sozinho, ou seja, sem estar associado a outros modelos, pode ser muito limitado devido ao número de alternativas que o mesmo suporta para realização dos cálculos.

2.2.3. FERRAMENTA 3: MONTE CARLO

Como o PMBOK (2013) menciona, a ferramenta Monte Carlo é muito utilizada para quantificação de riscos. Esta afirmação advém do fato de que este método é prático e facilmente programável. Ainda, este não requer que seja estipulada uma distribuição de probabilidade para a função analisada (RIOS, 2015).

O método Monte Carlo, por ser probabilístico, foi batizado em homenagem ao cassino de Mônaco, fazendo referência aos jogos de azar, que possuem resultados aleatórios. O método baseia-se em realizar o cálculo várias vezes dos parâmetros do modelo que apresentam imprecisões, assumindo valores diversos para a probabilidade dos mesmos, sendo estas retiradas de distribuições probabilísticas predeterminadas. Deve-se realizar o máximo de simulações possível para atingir um valor razoável de resposta (JIANG *et al*, 2013).

Monte Carlo se faz interessante também por não depender da natureza d modelo em que esta sendo aplicada, podendo ser utilizada para problemas não lineares. Seu formato

probabilístico o capacita para gerar resultados trabalhos em modelos de tomadas de decisão, facilitando na elaboração de projetos.

O Departamento de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1997) realizou um estudo de aplicação do método Monte Carlo em casos de riscos quantitativos. O estudo inicia-se com a avaliação de utilidade do mesmo, indicando que em casos como poucas informações a ferramenta pode superestimar os valores reais, proporcionando interpretações errôneas. Rios (2015) menciona a desvantagem de uma convergência lenta, justamente pela necessidade de muitas amostras para uma representação confiável da realidade.

2.2.4. FERRAMENTA 4: REDES NEURAIIS

A técnica computacional de Redes Neurais Artificiais (*Neural Networks – NN*) exhibe modelos matemáticos baseados na composição neural de seres inteligentes que adquirem conhecimento por meio de experiências.

Uma NN é composta por várias unidades de processamento, podendo constituir-se de centenas ou milhares dessas. Essas unidades estão conectadas por canais de comunicação, sendo estes associados a valores dependentes de sua influência para a resposta que se deseja como resultado.

A unidade de processamento, proposta por McCulloch e Pitts, em 1943, e apresentada na **Figura 2-4**, passa pelas seguintes etapas de operação:

- Os sinais (X_1, X_2, \dots, X_p) são apresentados à entrada e multiplicados pelo seu respectivo peso (W_1, W_2, \dots, W_p);
- Com os resultados dos produtos é feito o somatório que produz um nível de atividade;
- Se o nível exceder um limite (*threshold*), a unidade produz uma resposta de saída.

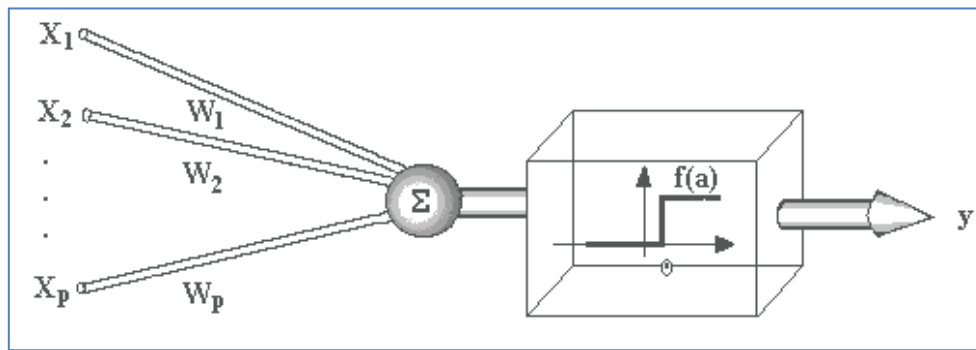


Figura 2-4. Esquema de unidade McCulloch - Pitts.

A inteligência artificial associa-se à capacidade do método de se autocorriger, ou seja, ao longo do processo de iteração entre as unidades de processamento, ocorrem atualizações dos pesos das conexões (W_1, W_2, \dots, W_p) de acordo com os padrões estabelecidos, promovendo adaptação da rede ao ambiente.

A rede é organizada em camadas, sendo três bem definidas:

- A camada de entrada, na qual se definem os padrões estabelecidos, ou seja, as condições de contorno do problema;
- Camadas intermediárias ou escondidas, que são as camadas processuais, nas quais o procedimento ilustrado anteriormente ocorre, definindo as características fundamentais;
- Camada de saída, que é o resultado final obtido na análise realizada nas Camadas Intermediárias.

Para que se faça uso da rede, deve-se definir os seguintes parâmetros: topologia; definição dos nós; regras de treinamento. Por definição da tipologia, determina-se o formato para o qual a rede convergirá quando iniciado o processo de iteração. Os nós são as condições de contorno do problema, que promovem a iteração das unidades processuais. Por fim, as regras de treinamento são as condicionais estabelecidas para como serão processadas as informações dadas e quando as mesmas devem ter sua importância, ou peso, alterado.

As regras de treinamento são a inovação do método, pois, a iteração interna da rede, que proporciona melhoras no desempenho das respostas, é o que mais chama atenção de pesquisadores. Vide o tema em questão: riscos são elementos flutuantes, o que indica que mudanças no ambiente promovem alterações nos riscos e nas probabilidades dos mesmos ocorrerem. O sistema NN permite que as mudanças no ambiente sejam avaliadas e promove

respostas de reação dos riscos para as mesmas. Este treinamento pode ser realizado de duas formas: Modo Padrão ou Modo Batch.

No Modo Padrão, a correção dos pesos ocorre a cada apresentação à rede de um exemplo do conjunto de treinamento. Cada correção de pesos baseia-se somente no erro do exemplo apresentado naquela iteração. Assim, em cada ciclo, ocorrem N correções. No Modo Batch, apenas uma correção é feita por ciclo. Todos os itens do conjunto são expostos à rede, calcula-se o erro médio deles e, a partir deste erro, realizam-se as correções dos pesos.

Este método, apesar da complexidade de realização, proporciona uma iteração mais direcionada e em constante estado de verificação, o que tende a ser uma boa ferramenta para a fiscalização contínua dos riscos. Além disso, por realizar as iterações automaticamente, acaba por ter um limite alto para a quantidade de vezes que o procedimento pode ser realizado, não se tornando uma preocupação se houve análise suficiente.

2.3. COMPARATIVO ENTRE FERRAMENTAS

Todas as ferramentas estudadas possuem características e funções específicas para suas aplicações temática de riscos. De maneira sintética, a **Tabela 2-1** apresenta as quatro ferramentas, comparando suas vantagens e desvantagens, além de destacar em quais situações seu uso é mais indicado. Com isso, finaliza-se o capítulo de revisão bibliográfica.

FERRAMENTA	FUZZY	AHP	MONTE CARLO	REDES NEURAIIS
Modelo	Lógica <i>fuzzy</i>	Tomada de Decisão	Probabilístico	Inteligência Artificial
Vantagem	Abre a possibilidade de várias situações influenciarem em um problema	Comparações entre alternativas de forma mais eficiente (par-a-par)	Muito utilizado e estudado; facilidade de aplicação	Iterações automáticas realizadas pelo próprio modelo e auto correção
Indicado para	Problemas de Decisão Com Multicritério	Problemas de Decisão Com Multicritério	Estudos probabilísticos	Problemas com muitas entradas e saídas
Aplicação em riscos	Análise semi-quantitativa	Análise qualitativa e identificação	Análise quantitativa	Análise quantitativa
Desvantagem/ Dificuldade	Definição da função de análise	Limite de categorizações	Necessita de muitas iterações e de muitos dados.	Complexidade de aplicação

Tabela 2-1 – Comparativo entre Ferramentas de Medição de Riscos

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de análise escolhido para conduzir este estudo foi o Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), com possível posterior Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A sistematicidade destes processos é essencial para um resultado livre de vícios e subjetividade, acelerando o processo de busca e a obtenção de informações.

A escolha dessas metodologias deriva-se da necessidade de uma avaliação criteriosa e uniforme do tema, com interferências minoradas. Kitchenham e Charters (2007) indicam que tais ferramentas devem ser usadas na sequência MSL e, posteriormente, RSL para tópicos abrangentes.

O MSL pode ser definido como um estudo observacional retrospectivo ou de recuperação e análise crítica da literatura. É um processo de busca por bibliografias para a identificação de trabalhos publicados que cercam a temática (ARANTES e LABAKI, 2016) *apud* (RUIZ e GRANJA, 2013). Arantes e Labaki (2016) definem como objetivo principal conhecer o panorama geral acerca do assunto estudado. Agostinho e Argôlo (2016) ampliam os fins do MSL quando acrescentam a verificação de lacunas do conhecimento e o desenvolvimento de trabalhos associados. Ao final do processo de mapeamento, tem-se formulada uma base sólida para a avaliação da temática.

Após o MSL, a revisão passou por um processo de averiguação de sua necessidade, no qual se avaliou se as perguntas geradas durante o processo de análise do MSL puderam ser respondidas ou não, sem necessidade de um aprofundamento maior das buscas. A forma de condução deste projeto foi formular todas as ferramentas para o uso propício do MSL, estipular as formas de classificação utilizadas para analisar as respostas obtidas e identificar possíveis lacunas de conhecimento, identificando oportunidades de pesquisas.

3.1. O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA – MSL

O escopo de aplicação do MSL divide-se em cinco fases: definição de palavras-chave de busca; escolha da base de dados; formulação da *string* de busca; definição dos critérios de seleção de artigos; extração da informação. Para uso do MSL seguiu-se o processo utilizado por Agostinho e Granja (2016).

3.1.1. DEFINIÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE

A definição das palavras-chave a serem utilizadas na *string* de busca foi realizada por meio de um método analítico, para que não fossem esquecidos parâmetros essenciais que este trabalho engloba. Este método é conhecido por P.I.C.O. (AGOSTINHO e GRANJA, 2016).

A sigla P.I.C.O. vem da língua inglesa e significa *Population, Intervention, Comparison, Outcomes*. Trazendo para a aplicação:

- *Population*: definição da população, contexto ou situação sobre os quais o mapeamento irá se guiar;
- *Intervention*: definição da intervenção pretendida. Equivale ao mediador do mapeamento, ou seja, é a situação que define o contorno do problema que será abordado;
- *Comparison*: termo que se refere ao processo de comparação, ou seja, qual termo aborda o assunto a ser equiparado com o problema (AGOSTINHO e GRANJA, 2016);
- *Outcomes*: referencia-se aos resultados que se deseja obter com a pesquisa.

Para este trabalho, foram pensadas como palavras-chave as que se encontram na **Tabela 3-1**, na qual nota-se que foram definidas quatro temáticas de busca. Isto se derivou da amplitude do tema e da necessidade de que as respostas referentes a cada ferramenta buscada sejam obtidas separadamente, no intuito de facilitar a análise numérica em questões de quantidade de textos encontrados.

	<i>Population</i>	<i>Intervention</i>	<i>Comparison</i>	<i>Outcomes</i>
Método <i>Fuzzy</i>	Riscos	Construção	Custo/Prazo	<i>Fuzzy</i>
Método AHP	Riscos	Construção	Custo/Prazo	AHP
Método Monte Carlo	Riscos	Construção	Custo/Prazo	Monte Carlo
Métodos Redes Neurais	Riscos	Construção	Custo/Prazo	Redes Neurais

Tabela 3-1. Definições do processo P.I.C.O. Autoria Própria

Por entender que a grande maioria das publicações são na língua inglesa, traduziu-se as palavras-chave da **Tabela 3-1** para o inglês, obtendo-se a **Tabela 3-2**. Os termos da **Tabela 3-2** serão os utilizados nas bases de dados.

	<i>Population</i>	<i>Intervention</i>	<i>Comparison</i>	<i>Outcomes</i>
Método <i>Fuzzy</i>	Risk	Construction	Cost/ Time	<i>Fuzzy</i>
Método AHP	Risk	Construction	Cost/ Time	AHP
Método Monte Carlo	Risk	Construction	Cost/ Time	Monte Carlo
Métodos Redes Neurais	Risk	Construction	Cost/ Time	Neural Networks

Tabela 3-2. Definições do processo P.I.C.O. (inglês). Autoria Própria

3.1.2. ESCOLHA DA BASE DE DADOS

A base de dados é a plataforma utilizada para busca de artigos e textos científicos. As palavras-chave definidas são colocadas na plataforma que, ao avaliá-las, promovem a localização dos temas que circundam as mesmas. Deve-se utilizar mais de uma plataforma para que os resultados sejam ampliados, observando-se que todas essas devem ser passíveis da aplicação da mesma *string* de busca (AGOSTINHO e GRANJA, 2016).

Observando as referências utilizadas (AGOSTINHO e GRANJA, 2016; ARANTES e LABAKI, 2016; AGOSTINHO e ARGÔLO, 2016; BUENO e BRANDSTETTER, 2016), existe um consenso quanto ao uso das seguintes plataformas quando a temática volta-se para engenharia civil:

- Scopus: <<http://www.scopus.com/>>
- Web of Science: <<http://apps.webofknowledge.com/>>
- Compendex: <<http://www.engineeringvillage.com>>

Verificou-se, em estudos similares, que, ao selecionar a plataforma de dados, define-se, ou não, um período de tempo no qual os resultados ficarão restritos. Fixou-se em 10 anos o período máximo de retorno do material obtido, tornando a pesquisa mais recente.

3.1.3. FORMULAÇÃO DA *STRING* DE BUSCA

A *string* de busca é a configuração como as palavras-chave serão associadas, de forma que a base de dados compreenda e proporcione uma resposta coerente. Utilizando as palavras-chave escolhidas pelo processo P.I.C.O., foram associadas as mesmas com operadores.

Os operadores são as formas de conexão entre as palavras e definem o tipo de relação entre elas. Os dois tipos utilizados nesta pesquisa foram o Operador Booleano OR e o Operador Booleano AND.

O operador OR funciona como a palavra “ou”, indicando a união dos termos. A base de dados interpreta esse operador fornecendo a lista de artigos que contemplam pelo menos uma das palavras vinculadas, ampliando o resultado da pesquisa. Para o caso estudado, esse operador foi utilizado nos termos que envolvem o *Comparison*: Custo OR Prazo.

Com o teste de uso da *string* nas plataformas de busca escolhidas, houve uma limitação excessiva da temática, ocasionando na perda de materiais que seriam aderentes ao tema. Por meio de testes de novas *strings* foi possível obter novas palavras-chaves de busca que davam resultados mais abrangentes e permitiam uma seleção mais criteriosa e com mais resultados, sem desvincular do que o método P.I.C.O estabeleceu. A *string* utilizada por fim, para cada metodologia está indicada nas **Tabela 3-3** e **Tabela 3-4**.

<i>Strings de Busca – Com uso de Operadores OR e AND</i>	
Método <i>Fuzzy</i>	Análise de Riscos AND Construção AND <i>Fuzzy</i>
Método AHP	Análise de Riscos AND Construção AND Processo de Análise Hierárquica
Método Monte Carlo	Análise de Riscos AND Construção AND Monte Carlo
Métodos Redes Neurais	Análise de Riscos AND Construção AND Redes Neurais

Tabela 3-3. Resultados para as *Strings* de Busca. Autoria Própria.

Na língua inglesa, a *string* resultante se encontra na **Tabela 3-4** abaixo.

<i>Strings de Busca – em Inglês – Com uso de Operadores OR e AND</i>	
Método <i>Fuzzy</i>	Risks management AND Construction AND <i>Fuzzy</i>
Método AHP	Risks management AND Construction AND Analytical Hierarchy Process
Método Monte Carlo	Risks management AND Construction AND Monte Carlo
Métodos Redes Neurais	Risks management AND Construction AND Neural Networks

Tabela 3-4. Resultados para as *Strings* de Busca. Autoria Própria.

3.1.4. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE ARTIGOS

Com o *string* e as plataformas de busca bem definidos, as buscas pelos artigos foram iniciadas. No intuito de filtrar artigos que são úteis, definiram-se alguns parâmetros de eliminação. Para ilustrar, a **Figura 3-1**, indica o procedimento adotado.

O primeiro filtro foi o de linguagem e tempo de resposta. Artigos em idiomas que não sejam o português ou o inglês foram desconsiderados, uma vez que esta autora não possui o conhecimento necessário para estudá-los em completo e compreendê-los para análise, e artigos com resposta superior a 10 anos também foram desconsiderados.

O segundo filtro determinado foi o de exclusão de textos duplicados. Esta triagem foi essencial, pois como a busca foi realizada em variadas bases, existia a possibilidade do mesmo documento aparecer vinculado a mais de uma (AGOSTINHO e ARGÔLO, 2016). Sem a utilização desse filtro, um mesmo artigo poderia ser computado mais de uma vez, comprometendo os resultados da pesquisa.

O terceiro filtro baseou-se na leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, sendo que as pesquisas compatíveis com o desejado foram mantidas. As demais, descartadas.

Por fim, a última verificação foi de gratuidade dos textos, seguida da leitura integral.

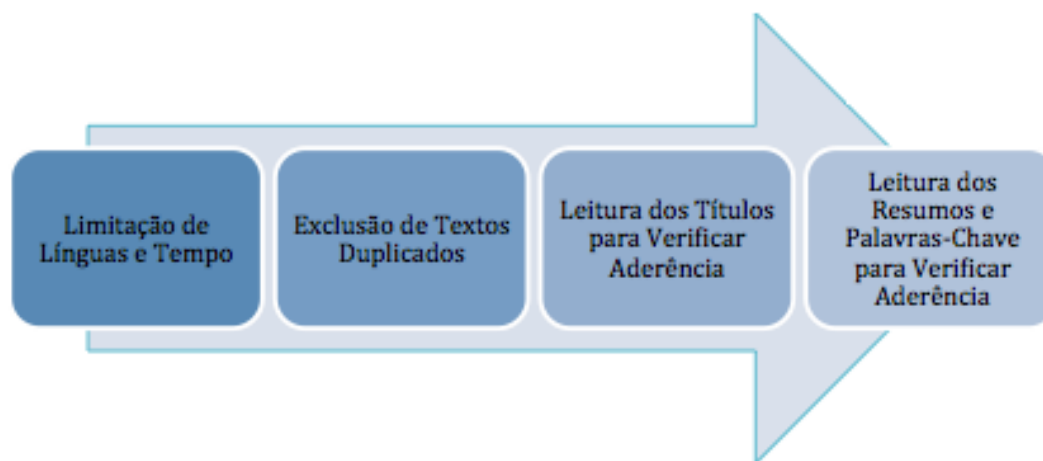


Figura 3-1. Procedimento de seleção de artigos. Autoria Própria.

3.2. CLASSIFICAÇÃO PÓS-MAPEAMENTO

Como resultado das pesquisas desenvolvidas utilizando o MSL nas plataformas supracitadas, e da realização da seleção da bibliografia relevante ao tema, foram obtidos variados artigos, em diferentes níveis de proximidade com o que se deseja obter.

O próximo passo para essa análise consistiu na leitura integral de todos os artigos e a sucessiva classificação dos mesmos. Neste ponto, já existem classificações muito bem determinadas, originadas ainda no período de formulação da *string*:

- Pesquisas que relacionam o PREÇO (COST);
- Pesquisas que relacionam o TEMPO (TIME);
- Pesquisas que relacionam PREÇO (COST) e TEMPO (TIME).

Essa classificação encontra-se dentro da separação realizada quando se optou por restringir os *Outcomes* desejados para um método por vez. Assim, a primeira árvore classificatória formada pode ser identificada na **Figura 3-2**.

Para as classificações subsequentes, foram identificadas duas frentes importantes: o tipo de risco tratado dentro de cada perspectiva e a justificativa dada pelo autor do artigo referente a escolha do método de análise.

A primeira frente auxiliou na solução das lacunas de conhecimento da área, uma vez que, sabendo os temas internos mais estudados, distinguem-se também aqueles que ainda não foram expandidos, sendo estes possíveis focos de estudo. Essa primeira classificação promoveu a quantificação geral de qual metodologia foi a mais utilizada quando o tema é risco.

Após a primeira etapa de classificação, foi realizada a classificação interna em cada resultado obtido, de forma a expandir a análise nos seguintes focos: Por ano de publicação; por contrato público vs. privado; por tipo de contrato; por país de publicação; por tipologia construtiva; por fase de projeto. Tais análises proporcionaram melhores respostas aos objetivos e indicaram lacunas do conhecimento.

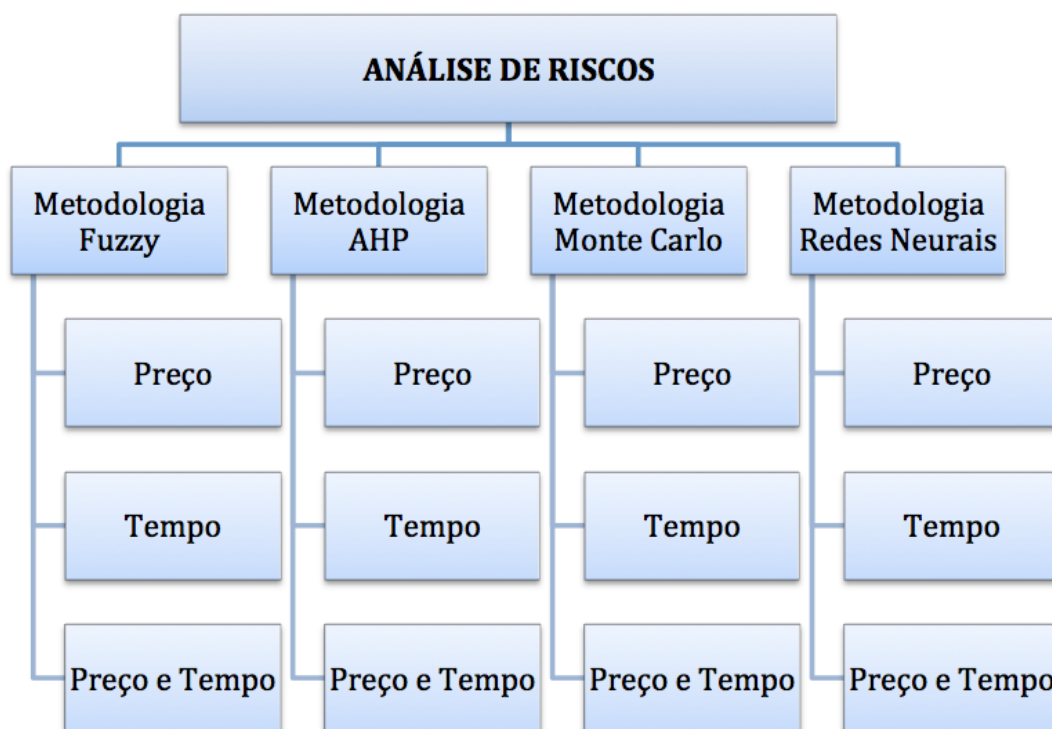


Figura 3-2. Árvore Classificatória Preliminar

3.2.1. POR ANO DE PUBLICAÇÃO

Esta classificação foi realizada para verificar como o tema se desenvolveu ao longo dos últimos 10 anos. Com os resultados obtidos nesta análise, realizou-se gráficos de barras contendo o quantitativo total de artigos publicados, anualmente, no período em estudo; outro dividindo, por ano, artigos relacionados a casos reais e puramente teóricos. Além disso, foi identificada a progressão anual dos estudos de cada metodologia – *Fuzzy*, AHP, Monte Carlo e Redes Neurais.

3.2.2. POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS

Esta classificação utilizou a separação realizada na análise anual referente a artigos vinculados a empreendimentos reais. Isto porque foram utilizados apenas os que contêm estudos de caso e que apresentam as formas de contratação.

Por meio desses dados, foi realizada a separação em empreendimentos públicos, privados e mistos (público-privado). Isto promoveu resultados de forma que tornou possível verificar em qual ambiente de serviço existe maior preocupação quanto aos riscos do planejamento.

3.2.3. POR TIPO DE CONTRATO

Seguindo o mesmo princípio que a classificação por contratos públicos vs. privados, esta separação foi realizada para averiguar quais são os tipos de contrato que proporcionam maior preocupação para os construtores e para os clientes, e os incitam a realizar um gerenciamento de riscos.

3.2.4. POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO

Esta classificação foi realizada com a separação por países onde foram publicados os artigos. Ela indica fatores de influência em um país que promovem na sua preocupação com o tema de riscos. Com esse resultado, foi possível analisar as razões pelas quais existe um foco, ou não, em analisar os riscos. Além disso, foi possível identificar o método mais utilizado em cada continente.

O Brasil foi colocado como um caso à parte de forma que possibilitou entender a fundamentação existente neste. Com este resultado em mãos, foi possível analisar as razões pelas quais existe, ou não, a análise dos riscos e em qual dimensão de preocupação.

3.2.5. POR TIPOLOGIA CONSTRUTIVA

Esta classificação utilizou a separação realizada na análise anual referente a artigos vinculados a empreendimentos reais. A partir desses dados, partiu-se para classificação dos empreendimentos a que estão sendo aplicados os métodos, separando-os de acordo com sua tipologia, como: obras rodoviárias; obras prediais; obras de energia. Em seguida, foram contabilizados quais métodos e análises obtiveram mais respostas, separadamente. Assim, obteve-se os métodos mais usados em cada caso.

Esta classificação serviu para verificar também a proporção de empreendimentos de infraestrutura que se aproveitam das ferramentas para analisar os riscos, quando comparados a empreendimentos prediais.

3.2.6. POR FASE DE PROJETO

Esta classificação foi realizada apenas com os artigos que definiram a fase de projeto em que a análise estava sendo aplicada. Tal verificação objetivou identificar se alguma fase de aplicação de ferramentas de análise é mais favorável do que outras e as razões.

3.2.7. CLASSIFICAÇÃO GERAL

Depois de todas as classificações realizadas, prosseguiu-se para categorização geral. A Tabela 3-5 abaixo foi preenchida para ilustrar o resultado de cada avaliação anterior.

Número de Artigos	Metodologia <i>Fuzzy</i>	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais
Preço				
Tempo				
Preço e Tempo				
Total				

Tabela 3-5. Tabela para preenchimento com os resultados obtidos da classificação geral.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DAS LACUNAS

O MSL promove a identificação das lacunas de conhecimento internas ao tema em estudo. Tais lacunas são formuladas aqui no formato de perguntas que foram respondidas ao longo da continuação do projeto, na fase de análise. Caso as perguntas não sejam passíveis de resposta, elas serão levadas para a realização da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), sendo esta a forma de verificação da necessidade de realização da mesma.

Ao se definir a classificação dos artigos encontrados no item anterior, pode-se perceber qual o foco que se deseja dar para as possíveis lacunas. Estas podem ser previamente definidas por lacunas na tipologia dos riscos e lacunas na aplicação dos métodos. Além dessas, outras podem surgir ao longo da análise do MSL.

Esses *gaps*, como é conhecido no inglês, quando referentes à tipologia dos riscos são uma dúvida existente, uma vez que estudos tendem a selecionar um problema a ser resolvido que promove a alteração do planejamento do tempo e/ou custo de projetos de construção. Espera-se uma lacuna nesse quesito uma vez que, existe um consenso geral de que problemas

que geram impactos maiores devem ser remediados primeiro, enquanto os que promovem menor impacto, em questões econômicas, podem ser remediados depois.

Esse tipo de pensamento condiz com a relação custos e prazo. Exemplifica-se isso com uso de aplicação de curvas ABC: um item presente na curva ABC, localizado na região A, implica que seus custos fazem parte da massa que representa 50% das despesas daquele empreendimento, enquanto todos os itens somados que se encontram na região C da curva representam menos de 20% da despesa total. Logo, quando se busca minimizar um risco de algum componente do processo de construção e planejamento do projeto, focaliza-se naqueles que estão na região A, pois, são estes que, quando afetados pelos riscos existentes, promovem grandes efeitos.

Com isso, é esperado que alguns dos riscos apontados, que envolvem tempo e custo, tenham sido pouco explorados e possam ser ponto de futuros estudos. Mesmo não tratando, neste momento, algum risco como muito impactante, é necessário que o mesmo seja estudado para que se comprove a teoria existente em torno deste e verifique-se seu real risco, podendo desconsiderá-lo realmente, ou não.

Outra lacuna está na aplicação dos métodos. Esta é esperada uma vez que se notou, ao longo da leitura geral sobre o tema, que alguns métodos são relativamente recentes, enquanto outros já se encontram em uso há mais tempo. Isso é válido especialmente para estudos de riscos.

É consenso que o método Monte Carlo é utilizado em muitos estudos de risco (PMBOK, 2013), mas não se sabe até que ponto os demais métodos são empregados em análises de riscos. Ainda, essa lacuna é de averiguação essencial, não apenas para identificar quais métodos poderiam estar sendo mais explorados, mas também para verificar as razões pelas quais os mesmos estão sendo usados ou não.

Para eliminar quaisquer dúvidas, fica definido como uma lacuna as perguntas que não possuem respostas em nenhum dos estudos, bem como as que não apresentarem uma amostra razoável para obterem-se conclusões, por mais que estejam presentes em alguns textos encontrados.

Ainda, é possível que haja uma limitação baseada nas condições de contorno de cada estudo, ou seja, os temas estudados por diferentes artigos não se sobrepõem, deixando um *gap* de como existiria a vinculação. Essas limitações estão ilustradas na **Figura 3-3**.

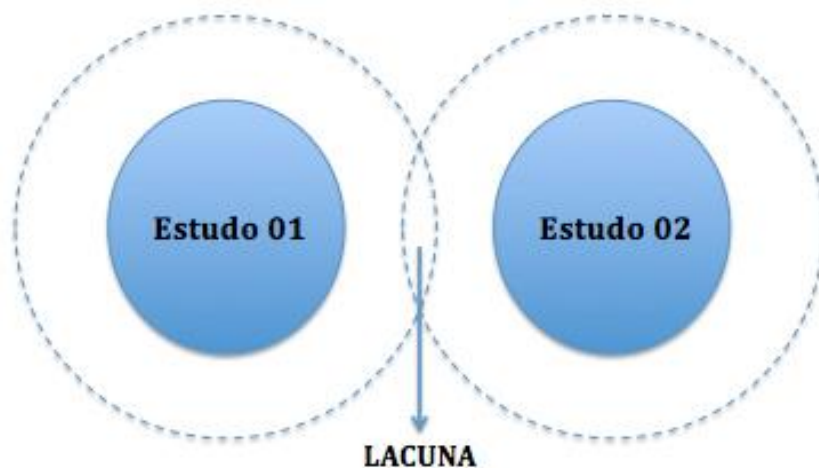


Figura 3-3. Representação da Lacuna pela não compatibilidade entre estudos – Autoria Própria.

Os limites determinados pelas circunferências fechadas representam a extensão dos artigos quanto aos temas, ou seja, as temáticas que foram abordadas em cada estudo. As linhas pontilhadas representam possíveis expansões que os estudos poderiam ter abordado, ou que outras dissertações poderiam ter focado.

Como não existe a real interpolação entre eles, o espaço que representa a conexão entre os temas é a representação da lacuna de ambos os artigos. Esses *gaps* são essencialmente subjetivos, uma vez que, para a sua determinação, será necessária sensibilidade de leitura dos artigos, não sendo previsíveis como as lacunas esperadas para cada classificação determinada.

As perguntas individuais, baseadas nos tópicos de análise que foram escolhidos durante a classificação pós-mapeamento, encontram-se nos próximos itens.

3.3.1. POR ANO DE PUBLICAÇÃO

A classificação anual promoveu as seguintes questões:

- Existe uma preocupação crescente com riscos relacionados a custo e prazo ao longo dos anos?
- Houve uma mudança de padrão dos estudos de teóricos para reais ou vice-versa ao longo do período de 10 anos?
- Há indícios de mudança de escolha de metodologia para a realização da análise de riscos? Se sim, quais são as razões para tais mudanças?

3.3.2. POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS

Esta categorização promoveu como questionamentos:

- Existem mais estudos reais vinculados a empreendimentos públicos ou privados?
- Existe uma preocupação dentro da iniciativa pública com a análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo?
- Existe uma preocupação dentro da iniciativa privada com a análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo?
- Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos públicos e suas razões?
- Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos privados e suas razões?
- Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos mistos (público/ privado) e suas razões?

3.3.3. POR TIPO DE CONTRATO

Os questionamentos levantados aqui são:

- Qual o tipo de contrato que promove maior foco em riscos?
- O estudo dos riscos é promovido por quais partes do contrato?
- Qual foi a metodologia mais utilizada em cada tipo de contrato e suas razões?

3.3.4. POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO

As perguntas que pairam sobre esta categorização são:

- Existem realmente mais estudos referentes a países desenvolvidos?
- Houve aumento dos estudos, ao longo dos anos, em países em desenvolvimento?
- Houve aumento dos estudos, ao longo dos anos, em países desenvolvidos?
- O Brasil tem se mostrado crescente nos estudos de riscos?

3.3.5. TIPOLOGIA DO EMPREENDIMENTO

Esta categorização levantou os seguintes questionamentos:

- Quais são os tipos de empreendimentos que mais utilizam a análise de riscos quando se trata de custo e prazo?
- Existe uma divergência na metodologia utilizada dependendo do tipo de estrutura que está sendo estudada?
- Qual foi a metodologia mais utilizada e suas razões?

3.3.6. FASE DE PROJETO

Esta categorização levantou os seguintes questionamentos:

- Em qual fase de projeto se estuda mais os riscos?
- Quais foram as maiores dificuldades encontradas para aplicação dos métodos nas fases de projeto?

3.3.7. CLASSIFICAÇÃO GERAL

De maneira geral, formulam-se as seguintes perguntas a serem respondidas durante a análise do MSL, as quais podem vir a se tornar lacunas se não obtiverem respostas suficientes para conclusão.

- Quais são as razões para escolha da metodologia?
- Qual metodologia obteve mais resultados de sucesso quando aplicada?
- Houveram mais estudos sobre riscos vinculados ao custo ou ao prazo?
- Quais foram as maiores dificuldades encontradas pelos autores?

4. ANÁLISES E RESULTADOS

Iniciou-se a análise pela execução do MSL. A primeira triagem feita por meio da própria plataforma foi a de tempo de resposta. Como previsto na metodologia, foram buscados apenas textos dos últimos 10 anos de publicação, i.e., de janeiro/2007 a abril/2017. A limitação da linguagem dos artigos também foi realizada pela base, restringindo as respostas para inglês e português. O número total de respostas se encontra na **Tabela 4-1**.

Plataforma	Método			
	AHP	Monte Carlo	Redes Neurais	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	50	50	27	119
COMPENDEX	78	46	21	299
SCOPUS	28	116	42	166
Todos os resultados	156	212	90	584

Tabela 4-1. Resultado do Mapemanto Sistemático da Literatura

Nota-se que o método *fuzzy* obteve um número de respostas muito superior aos demais, tanto por plataforma, quanto total. Em sequência aparecem o método Monte Carlo, método AHP e, por fim, Redes Neurais. Esse resultado, no entanto, é preliminar, uma vez que nenhum desses artigos passou pela segunda triagem, de forma a avaliar textos duplicados, e nem pela terceira triagem de leitura de títulos e resumos para confirmar sua aderência ao tema. A **Tabela 4-2** abaixo ilustra os resultados pós-triagens.

Plataforma	Método				Total
	AHP	Monte Carlo	Redes Neurais	Fuzzy	
WEB OF SCIENCE	20	37	11	50	118
COMPENDEX	38	33	9	144	194
SCOPUS	21	71	30	92	214
Resultados Aderentes	79	141	50	286	556
Artigos Duplicados	14	33	5	60	112
Resultado Final	65	108	45	226	444

Tabela 4-2. Total de respostas obtidos após triagens.

Nota-se que há uma diminuição considerável do número inicial de artigos obtidos comparados aqueles após a delimitação do tema. Observa-se que o método Fuzzy permanece com o maior número de respostas. A **Figura 4-1** ilustra a proporção das respostas de cada metodologia.

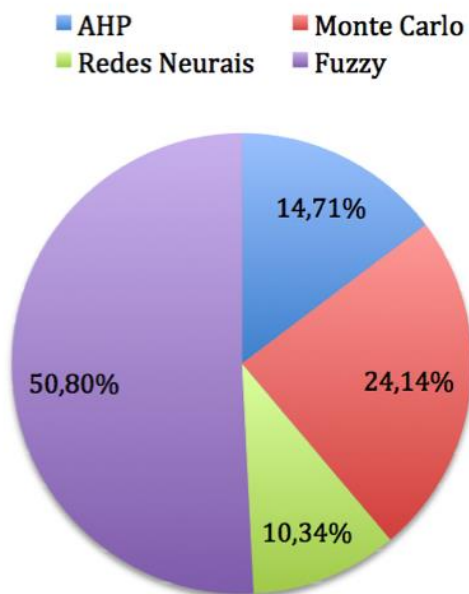


Figura 4-1 . Proporção de respostas obtidas de cada metodologia

Como forma de verificar a eficiência da *string* de busca, calculou-se a porcentagem de artigos que foram efetivamente aderentes ao tema. Tal análise foi realizada para cada plataforma e de forma geral, podendo ilustrar também a representatividade das bases de dados quando se remete à temática de riscos e gestão de projetos.

Plataforma	Método			
	AHP	Monte Carlo	Redes Neurais	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	(20/50) 40,0%	(37/50) 74,0%	(11/27) 40,7%	(50/119) 42,0%
COMPENDEX	(38/78) 48,7%	(33/46) 71,7%	(9/21) 42,9%	(144/299) 48,2%
SCOPUS	(21/28) 75,0%	(71/116) 61,2%	(30/42) 71,4%	(92/166) 55,4%
Resultado Final	(65/156) 41,0%	(108/212) 49,5%	(45/90) 50,0%	(226/584) 37,8%

Tabela 4-3 – Porcentagem de aderência de respostas das plataformas de busca.

Notou-se que apesar do número de respostas para metodologia *Fuzzy* ser maior, o tema que melhor se adequou ao formato de *string* foi o Monte Carlo, com melhores porcentagens de resposta. Ainda, pode-se perceber que a plataforma SCOPUS obteve melhor índice de respostas do que as demais. Tais valores de porcentagens indicados na **Tabela 4-3**, quando comparados à estudos similares, como Arantes e Labaki, (2016); Agostinho e Argôlo, (2016); Bueno e Brandstetter, (2016); Agostinho e Granja, (2016)), apresentaram bons resultados de aderência, tanto para a *string* quanto para as bases de pesquisa, comprovando sua eficiência.

A partir de tais diagnósticos, foi observado que alguns textos obtidos tratavam de mais de uma metodologia para analisar os riscos. Para tanto, foi realizada uma comparação entre todos os resultantes aderentes para verificar as duplicidades possíveis. Como esperado, foram identificados 46 artigos duplicados que se utilizavam de uma ou mais metodologias. Retirando esses, o resultado final total a ser analisado foi de 389 artigos.

Para finalizar a triagem inicial, a quarta e última etapa consistiu em verificar os artigos aderentes que eram gratuitos para leitura integral. O resultado de tal seleção foi a obtenção de 297 artigos. Todos os artigos lidos estão citados no Apêndice.

4.1. CLASSIFICAÇÃO PÓS MAPEAMENTO

Com a leitura integral dos 297 artigos obtidos pelo Mapeamento Sistemático, pode-se separá-los nas vertentes PREÇO, TEMPO ou PREÇO-TEMPO. Tal categorização permite identificar se há maior preocupação individual com um destes fatores ou com ambos. Os resultados obtidos estão ilustrados na Tabela 4-4.

	Metodologia <i>Fuzzy</i>	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais
Preço	26 (18%)	13 (24%)	9 (15%)	11 (33%)
Tempo	14 (10%)	6 (11%)	11 (18%)	4 (12%)
Preço e Tempo	107 (73%)	36 (65%)	42 (68%)	18 (55%)
Total	147	55	62	33

Tabela 4-4 – Resultado dos artigos classificados quanto à Preço e Tempo.

Esta análise permite responder as questões formuladas para identificação das lacunas de conhecimento:

○ **Houveram mais estudos sobre riscos vinculados ao custo ou ao prazo?**

Nota-se que para as quatro metodologias há uma predominância de estudos focados em riscos de alterações nos custos e prazos. Tais resultados eram esperados uma vez que as variáveis custo e prazo são diretamente proporcionais e interdependentes, como a teoria do Triângulo de Ferro ilustra, conectando custo, prazo e qualidade. (ATKINSON, 1999)

Para estudos que focam em apenas uma dessas variáveis, há maior ocorrência dos que estudam mais os riscos quando podem ocorrer alterações nos custos dos empreendimentos. Tal resultado vincula-se há uma posição do mercado empreendedor em priorizar a

manutenção dos custos calculados inicialmente, uma vez que obras são empreendimentos usualmente vinculados à financiamentos restritos. Essa análise, no entanto, não retira a importância de se manter o prazo da obra inalterado.

4.1.1. POR ANO DE PUBLICAÇÃO

O objetivo desta análise, como explanado na metodologia, é verificar como o tema tem se desenvolvido ao longo dos anos. Para um primeiro estudo, considerou-se todos os artigos encontrados aderentes ao tema. Justifica-se tal posição pelo fato de que a gratuidade do artigo não elimina sua aderência, apenas limita a possibilidade de leitura integral para as análises que serão realizadas a seguir. A **Figura 4-2** ilustra os resultados no formato de um gráfico de barras.

O baixo número de publicações no ano de 2017 é explicado em função da data de realização das pesquisas nas Bases de Dados (abril/2017). No entanto, nota-se que até abril/2017 foram encontrados 11 artigos aderentes e que, se mantida essa produtividade de artigos na temática ao longo deste ano, pode-se ultrapassar os artigos de 2016, instaurando um novo ciclo.

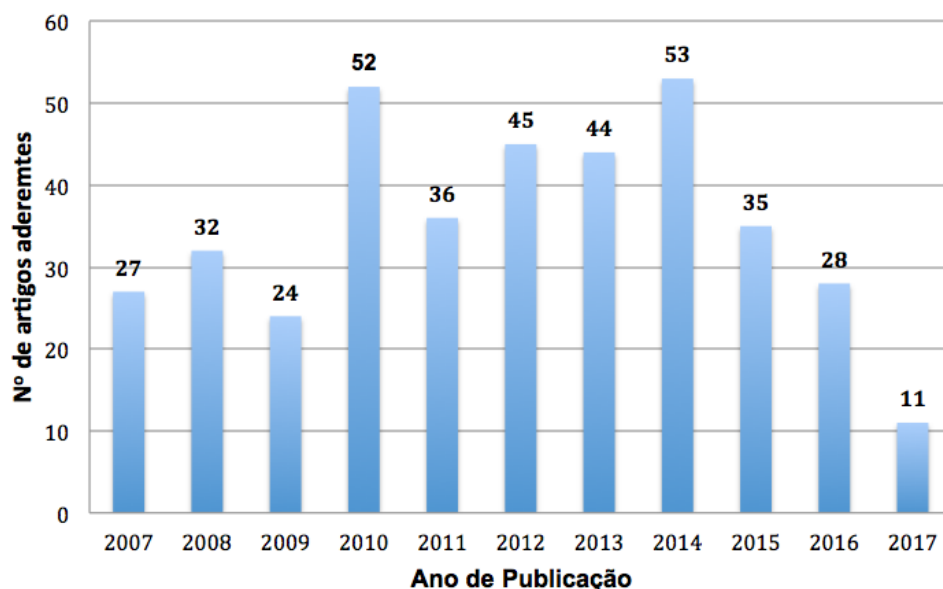


Figura 4-2. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação.

Como segunda análise, separou-se os artigos meramente teóricos daqueles vinculados à casos reais em que houve a análise dos riscos pelos métodos. Para estes foram considerados apenas os artigos gratuitos, uma vez que para verificar a aplicação realizada necessitava a

leitura integral dos textos. Na totalidade, foram identificados 168 artigos de casos reais e 129 de estudos teóricos. O resultado está na **Figura 4-3**.

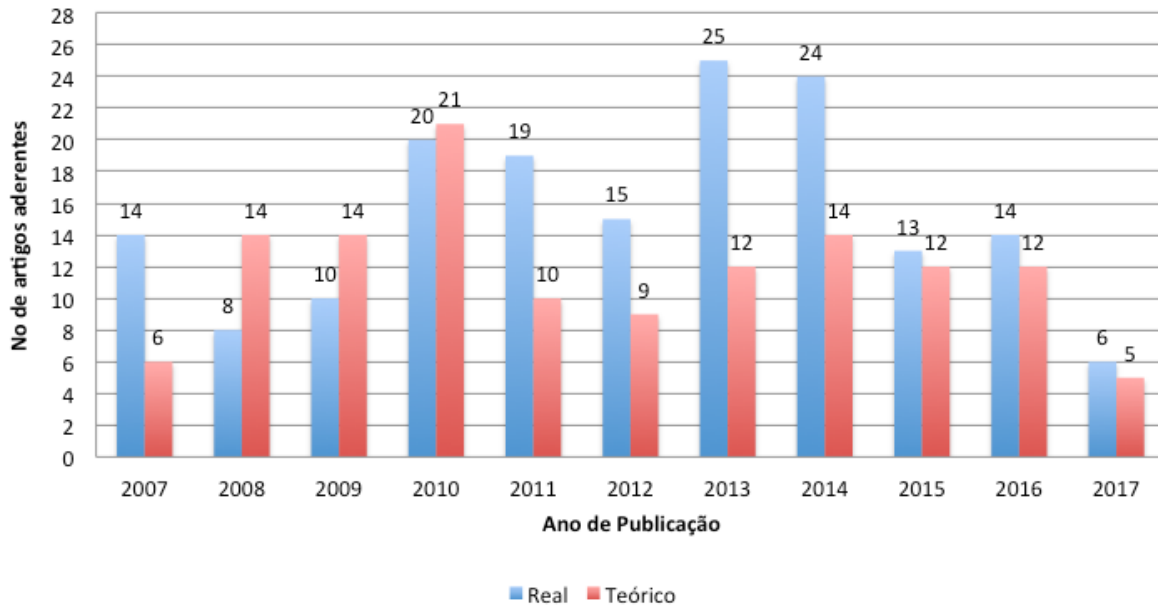


Figura 4-3. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação (reais e teóricos)

O movimento dos gráficos para a avaliação de casos reais e estudos teóricos segue a representação geral, formando ciclos de estudos. No entanto, quando comparam-se as projeções na **Figura 4-3** percebe-se que existe a troca do modo de estudo com os passar dos anos, havendo um aumento no número de estudos vinculados à casos reais e uma diminuição dos meramente teóricos. Essa análise permite inferir que os laços acadêmicos e práticos se estreitaram no ramo da gestão de projetos de obras. O terceiro e último estudo foi baseado na metodologia realizada. O resultado está ilustrado na **Figura 4-4**.

Nota-se que a mudança de padrão ocorreu a partir de 2010. A partir disso, pode-se inferir que tal mudança tem possibilidade de vinculação a crise econômica mundial de 2008, que promoveu uma maior preocupação com valores de contingência, especialmente se tratando do setor da construção civil.

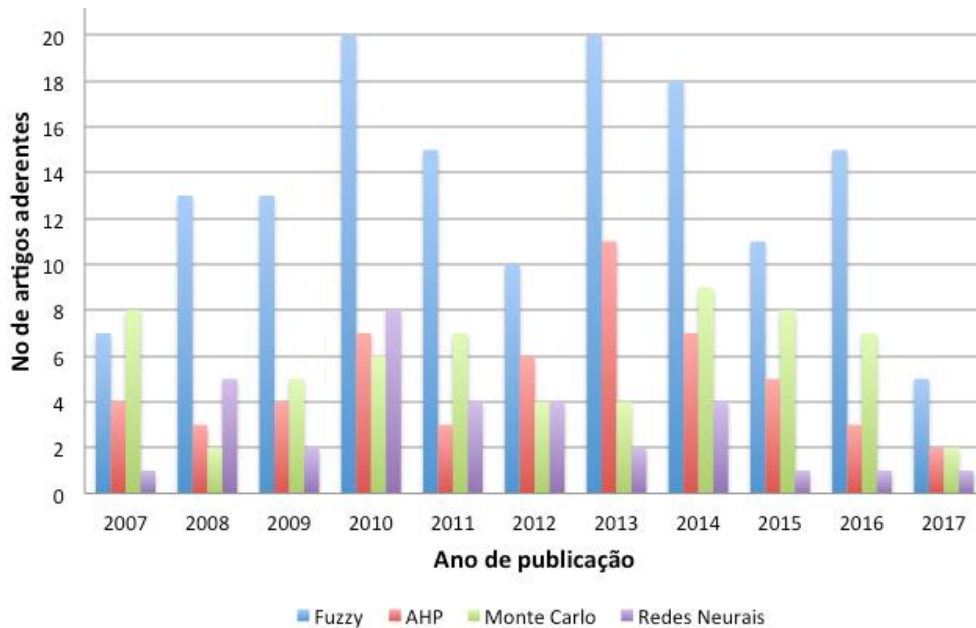


Figura 4-4. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação (métodos)

Percebe-se que o ciclo de publicações anual também se manteve. O método Fuzzy, mais utilizado nos trabalhos de quantificação e verificação de riscos, teve picos em 2010 e 2013, indicando que há uma constante de seu uso no meio acadêmico.

O método Monte Carlo e o Processo Hierárquico Analítico (AHP) aparentam competir entre si ao longo dos anos, havendo alternância no número de publicações entre eles no intervalo de 2007 a 2012. Contudo, a partir de 2013, último pico identificado da metodologia AHP, houve uma queda nas publicações desta análise. Pode-se perceber que tal momento de queda do uso do AHP se equipara ao de maior uso do método Monte Carlo, permitindo deduzir que uma possível troca de análise tenha ocorrido.

Por fim, o método Redes Neurais, o de menor amostra adquirida pelo MSL, indicou ser uma ferramenta de quantificação que teve um processo de difusão periódico entre os anos de 2007 e 2010, havendo alternância de picos e vales no número de publicações. A partir de 2011 iniciou-se uma estabilidade dos artigos aderentes, seguida de uma queda em 2015 que se manteve também estável. Tal variação indica que a ferramenta teve um momento de maior estudo e aplicação, seguida de um esfriamento do seu uso por acadêmicos.

Como previsto em metodologia, procurou-se responder as questões levantadas no MSL para identificar lacunas do conhecimento. Quanto à classificação anual, os questionamentos levantados foram:

- **Existe uma preocupação crescente com riscos relacionados a custo e prazo ao longo dos anos?**

Pela análise realizada pode-se perceber que a temática de riscos relacionados à custo e prazo tem sido cíclica ao longo dos últimos 10 anos. Contudo, os ciclos têm apresentado crescimentos quando comparados entre si, o que permite concluir que a temática tem sido apresentada ascensão em estudos.

- **Houve uma mudança de padrão dos estudos de teóricos para reais ou vice-versa ao longo do período de 10 anos?**

A **Figura 4-3** ilustra que houve a mudança do padrão de estudos ao longo dos anos, partindo de um período no qual trabalhos meramente teóricos eram maioria para um panorama em que trabalhos vinculados à casos reais tomarem a liderança em estudos de riscos. Concluiu-se a partir disso que houve um estreitamento do meio acadêmico com o meio prático, permitindo que ambos engrandeam.

- **Há indícios de mudança de escolha de metodologia para a realização da análise de riscos? Se sim, quais são as razões para tais mudanças?**

Partindo das quatro metodologias especificadas – Fuzzy, AHP, Monte Carlo e Redes Neurais – pode-se perceber que o método Fuzzy permaneceu separado dos demais, não sendo influenciado diretamente por estudos das outras metodologias.

Quanto aos outros três, vislumbrou-se um panorama em que há a possibilidade de ter uma vinculação das metodologias, em especial Monte Carlo e AHP. Tal consideração foi levantada porque, durante um período de tempo houve alternância de picos anuais entre essas ferramentas, seguida do período de maior baixa para estudos do AHP e do de maior alta de estudos do Monte Carlo.

A metodologia Redes Neurais seguiu um pouco inerte quando comparada com as outras, sendo a que teve menos estudos e indicou um decréscimo significativo enquanto as outras estavam em picos. Pode-se vincular essa queda ao aumento do número de outros estudos, se comparados com anos anteriores.

Apesar das possíveis conexões e trocas de metodologia não se pode afirmar que foi optado pelos autores em mudar efetivamente de ferramenta, permanecendo a lacuna do

conhecimento. Indica-se como forma de sanar tal “*gap*” de conhecimento que sejam feitos estudos comparativos, dois a dois, das ferramentas analisadas nesse projeto, permitindo que melhores conclusões sejam tomadas neste quesito.

4.1.2. POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS

Esta classificação se restringe aos artigos com casos reais. Foi realizada a separação em empreendimentos públicos, privados e mistos de forma geral e para cada metodologia na

Tabela 4-5.

	Metodologia <i>Fuzzy</i>	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais	Total
Público	7 (30,4%)	5 (21,7%)	7 (30,4%)	4 (17,4%)	23
Privado	25 (45,5%)	13 (23,6%)	11 (20,0%)	6 (10,9%)	55
Misto	38 (42,2%)	20 (22,2%)	25 (27,8%)	7 (7,8%)	90
Total	70 (41,7%)	38 (22,6%)	43 (25,6%)	17 (10,1%)	168

Tabela 4-5 – Resultado dos artigos classificados quanto aos contratos públicos X privados

De maneira geral, os casos reais apresentados referem-se às parceiras público-privadas, ou seja, os artigos mistos, constituindo 53,6% do total. Tang *et al.*, (2010) explica que empreendimentos mistos possuem riscos compartilhados entre as partes, havendo inclusive dificuldades para separar as responsabilidades, sendo esta uma razão para que obras com esse formato sejam mais minuciosas ao se analisar os riscos seus impactos nos custos e prazos de projetos.

Outra razão deriva-se das formas de contratação de empresas privadas para realizar obras contratadas pelo setor público. Os processos licitatórios podem exigir que sejam apresentados ante projetos ou projetos com determinações de custos para que haja a escolha da empresa que irá realizar efetivamente o projeto executivo. Um exemplo no Brasil dessa forma de contratação está no Regime de Diferenciado de Contratações (RDC), que exige que os riscos do planejamento (custo – prazo) sejam realizados para submissão do projeto nas licitações. (CALDEIRA, 2015)

A próxima análise se dará pelo estudo das lacunas do conhecimento do Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) voltadas para esse tópico.

○ **Existem mais estudos reais vinculados a empreendimentos públicos ou privados?**

De forma separada – público ou privado – o setor privado possui mais estudos, constituindo em 32,7% dos resultados, sendo mais do que o dobro de respostas do que os estudos do setor público. O sistema privado se difere do público em especial às burocracias e os objetivos individuais.

Enquanto o sistema privado possui uma liderança determinada e única que toma decisões e administra as companhias de forma a maximizar lucros, o sistema público visa prover serviços à sociedade e volta seu sistema burocrático para tal fim. Neste contexto, existe uma facilitação para o sistema privado em compartilhar dados de suas empresas para realização de estudos, justificando a resposta obtida.

Analisando por metodologia empregada para analisar os riscos, segue o mesmo padrão de resposta: parcerias público-privadas dominam as respostas, seguido de respostas do sistema privado e por fim, o sistema público.

○ **Existe uma preocupação dentro da iniciativa pública com análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo?**

Nota-se pelas respostas obtidas que o meio público se preocupa em exigir a análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo, mesmo que não seja em casos em que este atue sozinho, mas em parcerias. Contudo, por questões burocráticas internas inerentes ao sistema, existe uma dificuldade geral de aplicação de técnicas de análise de riscos no setor público quando isolado.

No caso do Brasil, mudanças da legislação atual buscam implementar melhorias na gestão de risco, tais quais a revogação da Lei das Licitações e Contratos nº 8666/1993 e a promoção do Projeto de Lei (PL) em trâmite nº 6814/2017, originado do projeto de lei do Senado Federal Brasileiro nº 556/2013. O PL nº 6814/2017, art. 19, estabelece que o instrumento convocatório poderá contemplar a matriz de alocação de riscos entre as partes do contrato, promovendo a alocação eficiente dos riscos de cada contrato, estabelecendo as responsabilidades entre contratantes e promovendo a mitigação das causas de desequilíbrios. Ainda, para obras e serviços de grande vulto, tal instrumento se apresenta como obrigatório. Essas mudanças são indícios da preocupação pública brasileira para com o impacto dos riscos, especialmente se tratando de custo e prazo.

- **Existe uma preocupação dentro da iniciativa privada com análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo?**

Não há tanta clareza de resposta para a iniciativa privada quanto há para a pública, uma vez que a maioria dos trabalhos que estudam riscos são parcerias público-privadas realizados pela obrigatoriedade imposta pelo sistema público, e não por vontade própria da empresa em se empenhar para que tal análise seja realizada. Ainda, as respostas obtidas que se referem apenas para iniciativa privada vêm como segunda amostra, mas são casos específicos.

Na busca para promover melhores esclarecimento, foi elaborado um gráfico da **Figura 4-5** que avalia se há um crescimento no número de artigos da iniciativa privada ao longo dos anos. Pode-se perceber que o aumento foi considerável dos anos de 2007 a 2010 para os de 2011 a 2014, havendo uma queda final depois desse.

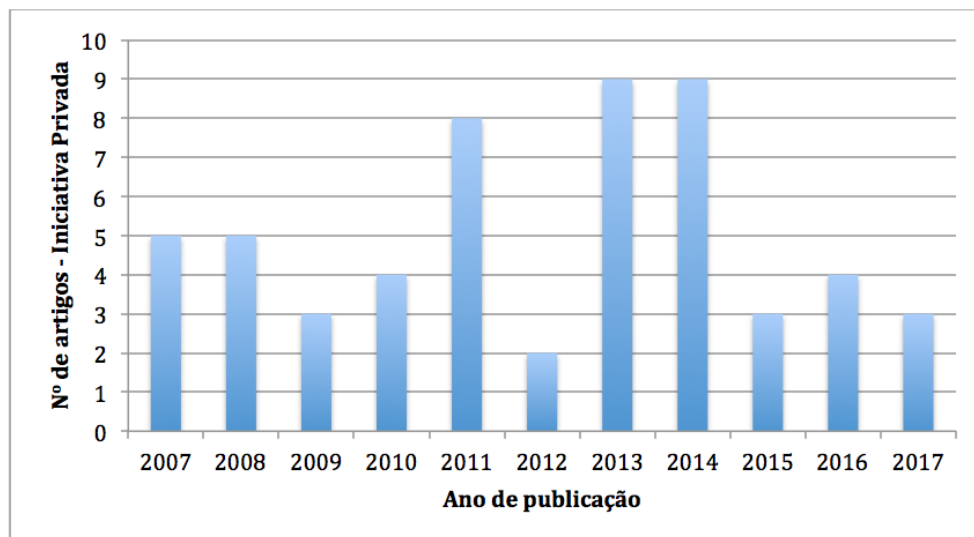


Figura 4-5. Resultado do número de artigos aderentes por ano de publicação, do setor privado.

A queda foi desconsiderada, uma vez que entrou no ciclo de publicações, havendo uma diminuição geral no número de artigos, e não configurando um problema de falta de interesse da iniciativa privada em questão.

- **Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos públicos e suas razões?**

Para contratos exclusivamente públicos, a maioria percentual foi de casos Monte Carlo e Fuzzy, empatados com 7 artigos publicados, cada. Esse resultado surpreende uma vez que o número de artigos Fuzzy em totalidade foi muito superior aos obtidos de Monte Carlo, indicando que Monte Carlo é proporcionalmente mais utilizado no setor público. Explica-se isso pela facilidade do seu método e por ser vinculado a diferentes softwares.

○ **Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos privados e suas razões?**

Para contratos privados a metodologia Fuzzy é a mais influente, com 45,5%. Tal realidade, como constatado nos artigos, deriva-se do fato das empresas privadas optarem por métodos que auxiliam na tomada de decisão, assimilando dados incertos e subjetivos.

○ **Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos mistos (público/ privado) e suas razões?**

A metodologia Fuzzy representa 42,7% dos contratos público-privados. Os autores indicam que essa metodologia foi escolhida para esse tipo de contrato uma vez que permite a tomada de decisão, assimilando incertezas e dados subjetivos, além de proporcionar maior precisão nos resultados. (EBRAHIMNEJAD *et al.*, 2010)

4.1.3. POR TIPO DE CONTRATO

Esta análise volta-se para averiguar quais são os tipos de contrato que proporcionam maior preocupação para os construtores e para os clientes, e os incitam a realizar um gerenciamento de riscos. Notou-se, no entanto, que não há uma preocupação real dos artigos acadêmicos em especificar os tipos de contrato estabelecidos. Os resultados para os artigos de casos reais totalizaram em 168, sendo que destes apenas 41 identificaram o tipo de contrato usado. Não obstante, foram identificados trabalhos especialmente voltados ao impacto causado no custo e prazo dos erros contratuais. Os contratos indicados pelos autores foram PPP (*Public Private Partnership*); *Lump Sum* com EPC (*Engineering, Procurement and Construction*); Concessões.

A relação PPP pode ser descrita como um acordo entre os setores público e privado em serviços particulares de responsabilidade do governo, mas providos pelo setor privado. (WORLD BANK, 2015). Neste quesito entram as disputas contratuais, uma vez que em muitos casos não fica claro quem deve arcar com os riscos caso o planejamento orçamentário ou temporal não sejam cumpridos. Induz-se desses riscos de má delimitação contratual que esta seja uma das razões para que a PPP seja, com 21 artigos, a mais citada de todos os tipos de contratos existentes quando se procura sobre o tema. Além disso, a PPP é comumente utilizada, trazendo ainda mais o foco para si.

A contratação do tipo concessão é definida na legislação brasileira, Lei nº 8.987, item

III, como a construção, total ou parcial, conservação, reforma, ampliação ou melhoramento de quaisquer obras de interesse público, delegada pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para a sua realização, por sua conta e risco, de forma que o investimento da concessionária seja remunerado e amortizado mediante a exploração do serviço ou da obra por prazo determinado (LEI Nº 8.987,i.III, 1995). A concessão, de todos os citados, foi o que apareceu em segundo lugar, totalizando 10 artigos no total. (SUN e ZHANG, 2015) indicam que as incertezas derivadas da proposição muito inicial do projeto promovem mais riscos, sendo indicada para mais estudos.

No Brasil, a Lei das Concessões (Lei n. 8987/1995) e a Lei de PPPs (Lei n. 11.079/2004) trouxe uma inovação importante relacionada ao compartilhamento de riscos em contratos de PPP, permitindo aos contratos alocar as consequências financeiras dos riscos entre as partes, esta alocação sendo um dos mais relevantes fatores que contribuem para o sucesso de uma PPP (COELHO, 2017).

O contrato do tipo *Lump Sum* com EPC, por sua vez com 10 artigos, determina que o empreiteiro é obrigado a elaborar o projeto da obra, segundo as especificações apresentadas pelo dono, contratar o fornecimento de materiais e equipamentos, construir o empreendimento e entregá-lo à sociedade do projeto para operação (PINESE, 2015). Roberts e Schermer (2011) indicam que contratados por *Lump Sum* com EPC tendem a adotar uma dinâmica “laissez-faire”, levando os donos do empreendimento a adicionar cláusulas penalizantes para mitigar os riscos de atrasos e aumento dos custos derivados destes. Chiara e Kokkaew, (2013) mencionam que cláusulas deste tipo promovem aumentos nos custos totais dos empreendimentos com *Lump Sum* EPC, uma vez que como os contratados devem arcar com os riscos finais, eles também aumentam os valores de contingências na tentativa de compensar valores. Nota-se então que esta tipologia contratual promove riscos para ambas as partes, de forma praticamente sistêmica, sendo esse o indicio do motivo, dentre os contratos existentes, este está entre os citados.

○ **Qual o tipo de contrato que promove maior foco em riscos?**

Considerando apenas as respostas obtidas (41 trabalhos), os contratos PPP promovem mais estudos dos riscos associados, totalizando 51,2% dos resultados. Contudo, indica-se que mais estudos sejam realizados, uma vez que poucos tipos de contratação foram citados e os riscos contratuais são altos quando se trata de alterações de preço e prazo de projetos.

- **O estudo dos riscos é promovido por quais partes do contrato?**

Não houve menção a qual parte do contrato estava realizando a análise, mantendo-se esta lacuna do conhecimento.

- **Qual foi a metodologia mais utilizada em cada tipo de contrato e suas razões?**

A metodologia Fuzzy foi a mais utilizada para todos os tipos de contrato PPP e *Lump Sum* EPC. As razões para tal advém da assimilação de incertezas que este método permite aos dados analisados, uma vez que contratos desse tipo são realizados em fases iniciais de projeto de longa duração que, em sua generalidade, contém inúmeras incertezas em seus dados. Para o contrato do tipo concessão, a metodologia AHP foi a mais usada por permitir tomadas de decisão com precisão.

4.1.4. POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO

Esta classificação foi realizada com a separação por países onde foram publicados os artigos, com posterior agrupamento dos países de acordo com o continente de publicação, havendo a discriminação de Américas em: América do Sul (AMS) e América do Norte (AMN). Os outros continentes foram separados em: Europa (EU); Ásia (AS); Oceania (OC); e África (AF).

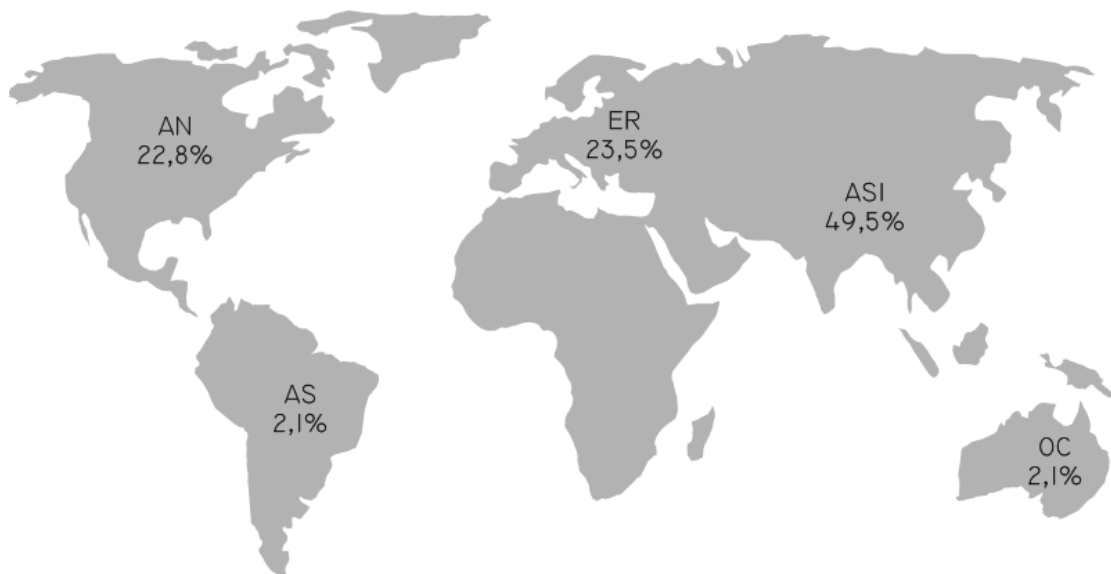


Figura 4-6. Porcentagem de publicação por agrupamento de países.

A **Figura 4-6** ilustra o resultado, em porcentagem, do total de artigos na distribuição continental de origem dos documentos que tratam da gestão de riscos. Observa-se que não há o desenvolvimento da temática em todos os continentes, ficando o continente africano desfalcado de artigos aderentes.

Ressalta-se que praticamente metade das publicações (49,5%) são oriundas da Ásia, sendo que de um total de 145 artigos, 93 foram desenvolvidos na China. A China é a segunda maior economia do mundo, a nação com maior crescimento econômico e detentora de grande parte da população mundial, possuindo um PIB (Produto Interno Bruto) de aproximadamente 6,6% entre 2015/2016 (IFM, 2017). É natural que um país com tantos recursos financeiros e grande representatividade populacional se preocupe com o capital investido em suas obras e procure conhecer os riscos envolvidos nessa atividade.

Percebe-se que o desenvolvimento de um país não é o fator preponderante, uma vez que o continente asiático de forma geral, é classificado como “em desenvolvimento” e apresentou a maior taxa de publicação mundial.

Colocando o Brasil em foco, este possuiu um total de 4 artigos aderentes ao tema, correspondendo 1,4% das publicações mundiais. Contudo, quando comparado à América do Sul apenas, o Brasil se encontra na liderança de estudos de gestão de risco, apresentando uma porcentagem de 66,7% das publicações.

As publicações brasileiras são isoladas, advindas individualmente da Universidade Federal de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Pernambuco (UNIFE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A metodologia utilizada, no entanto, é semelhante: Dois desses trabalhos utilizam metodologia Fuzzy, um artigo utiliza um método híbrido Fuzzy – Redes Neurais e um estudo utiliza o método Redes Neurais. Isso indica que os métodos Fuzzy e Redes Neurais para os estudiosos brasileiros tem sido os mais aplicados por questões de assimilação de incertezas associadas a problemas de tomadas de decisões e precisão.

Uma das questões levantadas aqui é o fato de que nenhum trabalho brasileiro foi aplicado a casos reais, sendo a maior dificuldade apontada por todos a questão de verificação da metodologia e sua aplicabilidade. Indica-se que tais trabalhos sejam efetivamente testados.

Separando os países pelos métodos selecionados, obteve-se a **Tabela 4-6**.

	Metodologia Fuzzy	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais	Total
América do Norte	27 (41,5%)	9 (13,8%)	24 (36,9%)	5 (7,7%)	65
América do Sul	4 (57,1%)	0 (0%)	1 (14,3%)	2 (28,6%)	7
Ásia	74 (50,3%)	30 (20,4%)	22 (15,0%)	21 (14,3%)	147
Europa	38 (53,5%)	16 (22,5%)	14 (19,7%)	3 (4,2%)	71
Oceania	4 (57,1%)	0 (0%)	1 (14,3%)	2 (28,6%)	7

Tabela 4-6 - Resultado dos artigos classificados quanto aos aglomerados de países

Como pode ser observado na **Tabela 4-6** a metodologia fuzzy representa o método mais utilizado nos continentes determinados. Uma avaliação pertinente realizada é a verificação de quantos países contemplaram cada metodologia. A metodologia fuzzy foi encontrada em trabalhos de 29 países diferentes, enquanto Monte Carlo se limitou a 20, seguido do AHP com 17 nacionalidades e, por fim, Redes Neurais com 10. O total de países contemplados pelo MSL foram 35. As perguntas que pairam sobre esta categorização são:

○ **Existem realmente mais estudos referentes a países desenvolvidos?**

Considerando o total de artigos, 149 foram obtidos de países desenvolvidos, enquanto 142 foram obtidos de países em desenvolvimento, indicando não haver discrepância. Contudo, como mencionado ao longo desta análise, a China é a detentora da grande maioria das publicações e, se retirada dos artigos dos países em desenvolvimento, o número de produções decresce para 49, indicando que se não fosse pela alta produtividade deste país, haveria sim uma grande divergência entre eles.

○ **Houve aumento dos estudos, ao longo dos anos, em países em desenvolvimento?**

Para responder esse questionamento e o subsequente, optou-se por ilustrar na forma de gráfico a progressão anual de publicações dos artigos realizados em países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento. O resultado está na **Figura 4-7**.

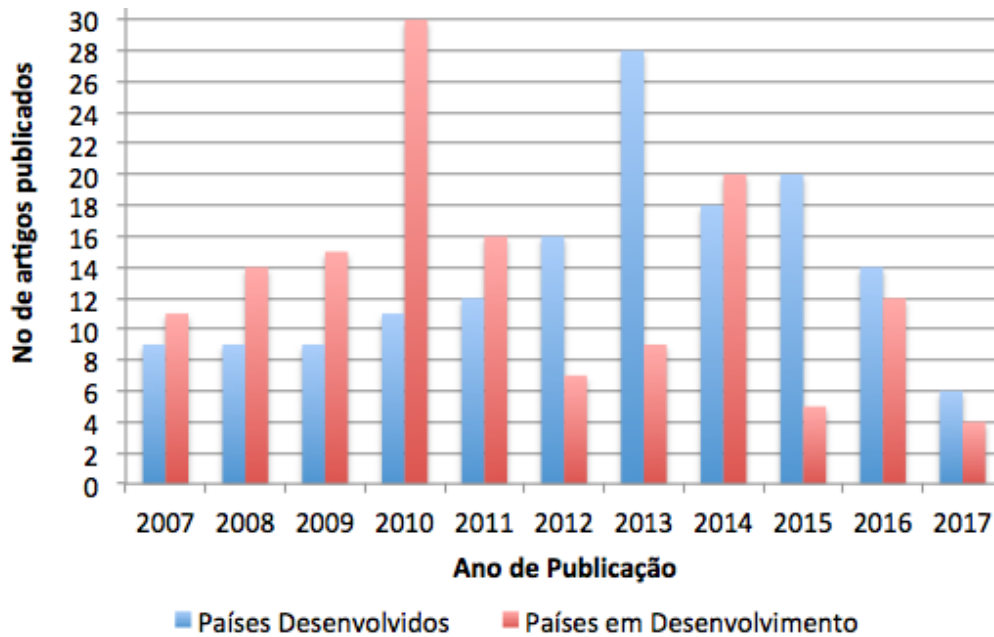


Figura 4-7. Progressão das publicações por países

Nota-se que os países em desenvolvimento produziam uma quantidade superior de artigos, quando comparados aos países desenvolvidos. Contudo, houve um decréscimo considerável desse número, havendo novos picos, mas nenhum significativo como o de 2010. Não foi identificado a motivo da mudança de padrão, uma vez que a avaliação anual do número de publicações indicou um sistema cíclico. Tal fato promove novos questionamentos a serem abordados mais a frente deste estudo.

○ **Houve aumento dos estudos, ao longo dos anos, em países desenvolvidos?**

Nota-se pela **Figura 4-7** que houve um aumento importante do número de publicações nos países desenvolvidos ao longo dos anos, não sendo impactado nem pelo estado cíclico de variação de tema previsto pela análise anual. A queda final de publicações seguiu o padrão das demais respostas realizadas no âmbito de avaliação periódica. Fica-se comprovado que há efetivamente uma preocupação crescente nesses países com a análise dos riscos.

○ **O Brasil tem se mostrado crescente nos estudos de riscos?**

Pela falta de artigos aderentes ao tema realizados no Brasil, não foi possível responder essa pergunta. Uma forma possível de se responder esse quesito seria realizar pesquisas com base em questionários para universidades, empresas privadas e órgãos públicos, buscando entender se estes realizam pesquisas neste âmbito ou não.

4.1.5. POR TIPOLOGIA CONSTRUTIVA

Esta classificação teve como base os artigos gratuitos e vinculados a casos reais. As tipologias construtivas foram divididas em: Rodoviárias; Prediais; Energia; Infraestrutura; Industriais; Portuárias. De forma geral, a separação por tipo de empreendimento promoveu a seguinte **Figura 4-8**.

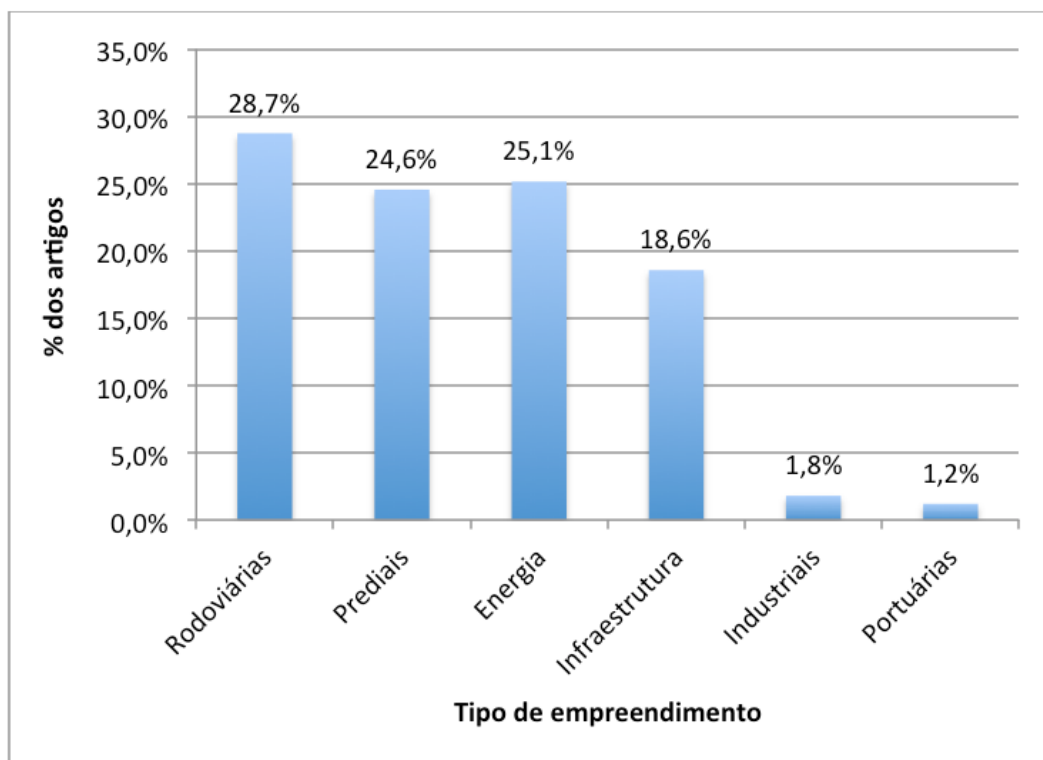


Figura 4-8. Porcentagem de publicação por tipologia de construção

Separando-se por metodologia aplicada, obteve-se a **Tabela 4-7**.

	Metodologia Fuzzy	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais	Total
Rodoviárias	18 (37,5%)	12 (25,0%)	14 (29,2%)	4 (8,3%)	48 (28,7%)
Prediais	21 (51,2%)	9 (22,0%)	5 (12,2%)	6 (14,6%)	41 (24,6%)
Energia	16 (38,1%)	8 (19,0%)	15 (35,7%)	3 (7,1%)	42 (25,1%)
Infraestrutura	15 (48,4%)	6 (19,4%)	7 (22,6%)	3 (9,7%)	31 (18,6%)
Industriais	0 (0%)	1 (33,3%)	1 (33,3%)	1 (33,3%)	3 (1,8%)
Portuárias	0 (0%)	1 (50,0%)	1 (50,0%)	0 (0%)	2 (1,2%)

Tabela 4-7 - Resultado dos artigos classificados quanto a tipologia de construção

Segue a análise de forma a responder os questionamentos levantados como lacunas do conhecimento.

- **Quais são os tipos de empreendimentos que mais utilizam a análise de riscos quando se trata de custo e prazo?**

Pela **Figura 4-8** pode-se notar que não há uma predominância dos estudos de risco do planejamento em custos e prazos quando se trata do tipo de empreendimento que está se construindo, sendo obras Rodoviárias, Prediais e de Energia com porcentagens muito similares de resposta.

Considerando que obras de energia, rodoviárias e portuárias podem ser alocadas como de infraestrutura, estas dominariam o campo do estudo de riscos, sendo uma porcentagem de 73,7% dos estudos.

- **Existe uma divergência na metodologia utilizada dependendo do tipo de estrutura que está sendo estudada?**

A divergência existe para quando se analisa apenas os casos de obras industriais e portuárias, contudo, esses empreendimentos juntos formam 3% da amostra, com apenas 5 artigos, não sendo uma amostra válida. Para as demais construções, com respostas entre 48 e 31 artigos, o método *Fuzzy* é o mais utilizado, variando entre 51,2% a 37,5% dos casos de estudo.

- **Qual foi a metodologia mais utilizada e suas razões?**

A metodologia *Fuzzy* foi a mais utilizada por permitir o uso de dados subjetivos e incertos ao rodar análises. Ainda, este permite que dados linguísticos sejam utilizados e transformados, facilitando os experts e operadores a classificar e ranquear os riscos de cada tipo de empreendimento.

4.1.6. POR FASE DE PROJETO

Considerando as fases de projeto anteprojeto, projeto executivo, execução e pós obra, foi analisado o número de artigos referente a cada fase. Não foram todos os casos reais que identificaram a fase de projeto, totalizando a amostra em 134 artigos, para este caso. O resultado percentual está ilustrado na **Figura 4-9** abaixo.

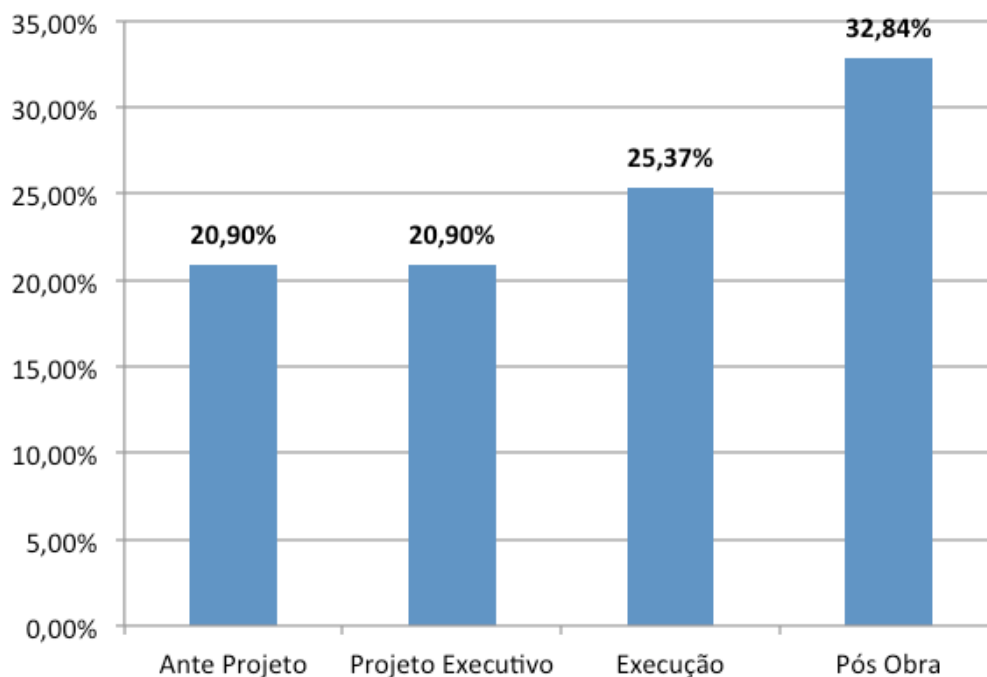


Figura 4-9. Porcentagem de publicação por fase de estudo do risco

A partir da leitura individual, foi possível identificar as dificuldades de implementação de análises de riscos encontradas em cada artigo. Tais dificuldades foram categorizadas em sete principais ramos(1) precisão; (2) duração da análise;(3) complexidade do método; (4) obtenção de dados; (5) aplicabilidade restrita; (6) experiência de executores; e (7) necessidade de testes.

As categorias estipuladas foram obtidas pelo que os autores indicaram como problemas associados a análise de risco. A **Tabela 4-8** abaixo indica como foram determinados os ramos de dificuldades encontrados.

Dificuldade	Descrição
(1) Precisão	Não houve precisão o bastante nas respostas
(2) Duração da análise	A duração da análise é longa e lenta
(3) Complexidade do método	Método complexo de ser usado
(4) Obtenção de dados	Dificuldade para obter dados para análise
(5) Aplicabilidade restrita	Não se pode afirmar que o método é viável para outros casos
(6) Experiência dos executores	Executores conheciam bem a ferramenta utilizada
(7) Necessidade de testes	Necessita de testes para validar hipóteses

Tabela 4-8 – Descrição das categorias de dificuldades para análise de fase de projeto

Ante projeto: Complexidade do método; obtenção de dados; e aplicabilidade restrita. Tais dificuldades podem ser relacionadas ao fato de estarem lidando com uma fase preliminar ao projeto oficial, o que não permite que haja uma identificação completa dos riscos. Além disso, nota-se que o executor não tem um papel muito preponderante nesta fase, uma vez que não foi citada sua necessidade em nenhum dos artigos encontrados sobre esse tema. Assumiu-se que tal fator está relacionado à questão de ser uma fase mais inicial e sem muitos dados do projeto.

Projeto executivo: esta fase foi a que apresentou mais artigos sem indicação de dificuldades. Não houveram problemas relacionados à eficiência quando implantada a análise de risco durante o projeto executivo. O fator que foi mais preponderante neste caso foi a complexidade do método. Tais fatores indicam que aplicações de análise de risco durante o projeto executivo mitigam os problemas futuros associados a riscos do planejamento de empreendimentos.

Execução: Esta análise apresentou apenas uma resposta com nenhuma indicação de problemas, o que promove uma identificação superficial de que análises nesta fase tem tendência a ser mais complexas. A complexidade do método e a obtenção de dados foram os maiores problemas, como nas outras fases. Ainda, problemas com a eficiência foram mais citados.

Pós Obra: Situações pós obra foram principalmente abordadas como estudos de caso. Assim como as outras fases de projeto, problemas na complexidade dos métodos e na obtenção dos dados foram os mais identificados. Esta apresentou mais problemas com relação a duração da análise, o que pode ser associado ao fato do uso de mais fatores de riscos, uma vez que estes estavam determinados pelo ocorrido na obra que não foram mitigados anteriormente.

Para uma análise comparativa foi criada a **Tabela 4-9** abaixo, que indica as porcentagens que cada fase representou daquela dificuldade. É possível identificar qual a fase de projeto que obteve uma porcentagem de complexidade de aplicação de métodos de análise de riscos maiores, propondo assim quais são as mais indicadas e as menos indicadas para tal tipo de avaliação.

Dificuldades	Ante Projeto	Projeto Executivo	Execução	Pós Obra
(1) Precisão	33%	0%	44%	22%
(2) Duração da análise	25%	25%	13%	38%
(3) Complexidade do Método	15%	15%	33%	37%
(4) Obtenção de dados	18%	5%	32%	45%
(5) Aplicabilidade restrita	36%	18%	18%	27%
(6) Experiência do executor	0%	40%	40%	20%
(7) Necessidade de testes	29%	29%	29%	14%
(8) Não indicou dificuldade	15%	46%	8%	31%
Total de dificuldades na fase	21%	15%	30%	34%

Tabela 4-9 - Porcentagem de dificuldades encontrada por fase de projeto

Esta categorização levantou os seguintes questionamentos:

○ **Em qual fase de projeto se estuda mais os riscos?**

A **Figura 4-9** indica que a fase em que há mais estudos de riscos é a de pós-obra, seguida da fase de execução. Isto, contudo, não indica que tais fases sejam as melhores para estudos de riscos, é mais fácil a obtenção de dados .

○ **Quais foram as maiores dificuldades encontradas para aplicação dos métodos nas fases de projeto?**

O resultado obtido mostra que a grande maioria dos erros se acumula quando a análise é realizada na fase de execução ou pós obra. Averiguando tal resultado pelo aspecto do pós obra, isso se deve ao fato de que como a obra já havia sido realizada, a taxa de insucesso/dificuldade de aplicação deveria ser maior, uma vez que não há possibilidade de mitigação dos problemas.

Pelo aspecto da execução, nota-se que este teve uma taxa de insucesso/ dificuldade de aplicação grande. Tal fato é explicado por alguns autores como a propagação de incontingências iniciais, atrapalhando os resultados. Ainda, Zayed *et al.*, (2008) comparam um estudo realizado em cada uma das fases principais, indicando que os resultados obtidos em ante projeto e projeto executivos obtiveram maior sucesso quando aplicados, em detrimento daquele realizado durante a execução.

4.1.7. CLASSIFICAÇÃO GERAL

De maneira geral, algumas perguntas foram formuladas para que, após a avaliação de todas as categorias, fossem respondidas. Tais questionamentos foram:

- **Quais são as razões para escolha da metodologia?**

Por meio da leitura integral dos 297 artigos gratuitos, foi possível identificar quais são as razões que levaram autores a selecionar as metodologias. As principais razões foram catalogadas e tabeladas de acordo com a **Tabela 4-10**. Seguindo as definições, a **Tabela 4-11** identifica para cada metodologia quais foram as respostas obtidas. Para facilitar, as três respostas de cada método mais utilizadas foram demarcadas na **Tabela 4-11**.

Razão de escolha	Descrição
Aleatoriedade dos dados	Dados podem ser introduzidos no método de forma aleatória
Análise Probabilística	Método é compatível com uma análise probabilística
Aprimoramento automático	Método melhora as respostas a cada ciclo novo de dados inseridos
Assimila dados linguísticos	Permite entrada de dados linguísticos para calcular os riscos
Assimila subjetividade	Permite que os dados sejam subjetivos
Assimilação de Incertezas	Permite que os dados tenham incertezas
Cruzamento de dados	Método correlaciona os dados inseridos
Eficiência	Método com bons resultados anteriores
Facilidade do método	Método de fácil aplicação e uso
Não linearidade	Permite que os dados não sejam lineares
Objetividade	Método que promove resultados objetivos e diretos
Precisão	Método promove resultados com melhor precisão
Problemas Tomada de Decisão	Método utilizada para problemas de tomada de decisão multicritério
Quantidade de dados	Método permite que sejam utilizados muitos dados
Quantitativo + Qualitativo	Método permite análises qualitativas e quantitativas associadas
Recomendação Experts	Experts recomendam uso
Retro Análise	Método reavalia os dados inseridos de forma a melhorar os resultados
Sistematicidade	Método sistemático para uso
Software	Existe software para aplicação do método que é de conhecimento do autor

Tabela 4-10 – Descrição das razões de escolha das metodologias.

Razão da escolha	Metodologia Fuzzy	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais
Aleatoriedade dos dados	1	0	12	0
Análise Probabilística	0	0	10	0
Aprimoramento automático	0	0	0	11
Assimila dados linguísticos	24	0	0	0
Assimila subjetividade	43	5	0	0
Assimilação de Incertezas	2	3	9	3
Cruzamento de dados	0	3	0	0
Eficiência	0	2	4	1
Facilidade do método	2	6	6	0
Não linearidade	0	0	0	5
Objetividade	21	3	1	2
Precisão	7	2	7	6
Problemas Tomada de Decisão	11	26	6	0
Quantidade de dados	9	4	0	1
Quantitativo + Qualitativo	0	11	0	2
Recomendação Experts	4	3	3	0
Retro Análise	0	0	1	12
Sistematicidade	9	5	2	0
Software	0	2	7	0

Tabela 4-11 – Resultados das razões para escolha de cada metodologia

 Respostas em maior número

Fuzzy: A metodologia *Fuzzy* obteve como respostas principais para as razões de sua aplicação o fato de ser uma ferramenta que permite assimilar as subjetividades dos dados, permite utilizar dados linguísticos e por ter resultados mais objetivos. A subjetividade dos dados é essencial para análises de riscos que permeiam o planejamento de obras, especialmente se tratando de custo e prazo. Tal fato se estabelece por ser um ramo repleto de incertezas quando aplicados, por fatores independentes inclusive de quem os aplica.

O uso de dados linguísticos se faz importante se tratando de riscos quando se deseja realizar listagens e avaliações qualitativas, partindo posteriormente para análises quantitativas. A análise qualitativa muitas vezes é realizada por método de questionário com experts da área e, portanto, carrega a subjetividade individual de cada um. Por o método *Fuzzy* permitir tal avaliação sem perder sua eficiência, ele é indicado para tais tipos de casos.

Por fim, resultados objetivos são essenciais para quando as avaliações dos riscos posteriores à análise quantitativa devam ser feitas juntamente com tomadas de decisão ou para apresentar propostas, diminuindo discussões e facilitando o entendimento dos resultados obtidos.

Processo Hierárquico Analítico (AHP): Para a metodologia AHP, as razões mais citadas foram para casos de problemas de tomada de decisão, avaliações qualitativas e quantitativas e facilidade do método.

Como descrito ao longo da revisão bibliográfica, o método AHP foi introduzido para solucionar problemas de tomada de decisão multicritério, sendo coerente o resultado obtido. Tal razão é essencial para avaliar a quantificação dos riscos de variados casos possíveis e optar pelo melhor.

A avaliação quantitativa e qualitativa unificadas diminui o trabalho de tratamento de dados que existe entre essas análises, diminuindo o tempo de resposta. Além disso, reduz problemas de erros humanos que podem ser cometidos quando realizada a transposição de qualitativo para quantitativo.

Por último, a facilidade do método se faz necessária quando se deseja aplicar a metodologia com mais recorrência, permitindo que não-experts possam realizar as análises e compreender os resultados com maior facilidade.

Monte Carlo: O método Monte Carlo apresentou como grandes diferenciais a aleatoriedade dos dados, a análise probabilística e a assimilação de incertezas.

A aleatoriedade dos dados refere-se, como explicado na **Tabela 4-10** a permitir que o utilizador introduza dados de forma aleatória. Isto facilita para quem realiza a análise, além de garantir que não haverá subjetividades impostas nos dados.

Em seguida, a análise probabilística segue como diferencial, permitindo que os dados sejam alocados em curvas estatísticas e os resultados sejam dados na forma de probabilidade.

Por fim, a assimilação de incertezas fecha as razões mais cotadas de Monte Carlo, sendo essencial, como mencionado para o *Fuzzy*, uma vez que os riscos de planejamento de projetos são extremamente incertos.

Redes Neurais: O método de Redes Neurais obteve mais respostas quanto a retro análise permitida, ao aprimoramento automático e a precisão final. Essas razões foram específicas de casos que aplicaram Redes Neurais, uma vez que nenhuma das outras ferramentas permite que seja realizada a retro análise e o aprimoramento automático. As três razões estão conectadas, uma vez que a retro análise é permitir que novos dados sejam inseridos e

reavaliados, o aprimoramento automático é a melhora automática dos resultados após um processo de retro análise e a precisão advém da repetição desses processos, permitindo que vários casos sejam colocados na mesma análise, permeando sempre mais incertezas dos riscos de um planejamento de obras.

○ **Qual metodologia obteve mais resultados de sucesso quando aplicada?**

Foi detectado nas leituras que o “sucesso” é subjetivo, seguindo o que cada autor julga como realizações eficientes. Por isso, essa lacuna não se faz sanada ou pertinente em questão. Indica-se que sejam realizados estudos em volta de comparações entre metodologias, para que possa efetivamente confirmar a situação delimitada por esse trabalho.

○ **Quais foram as maiores dificuldades encontradas pelos autores?**

Seguindo o mesmo processo de avaliação para as razões de escolha dos métodos, as dificuldades foram listadas e descritas na **Tabela 4-12** abaixo, enquanto a separação para cada metodologia está presente na **Tabela 4-13**. Novamente, as três maiores respostas de cada método foram demarcadas.

Dificuldades	Descrição
Aplicabilidade restrita	Não se pode afirmar que o método é viável para outros casos
Complexidade do método	Método complexo de ser usado
Obtenção de dados	Dificuldade para obter dados para análise
Precisa ser testado	Necessita de testes para validar hipóteses
Precisão	Não houve precisão o bastante nas respostas
Subjetividade	Os resultados podem ter sido muito subjetivos
Duração da análise	A duração da análise é longa e lenta
Tratamento dos dados	Dados podem ter sido associados de forma errônea

Tabela 4-12 – Descrição das dificuldades apresentadas em cada metodologias.

Dificuldades	Metodologia Fuzzy	Metodologia AHP	Metodologia Monte Carlo	Metodologia Redes Neurais
Aplicabilidade restrita	26	7	12	7
Complexidade do método	14	4	2	6
Obtenção de dados	18	8	8	4
Precisa ser testado	31	13	8	9
Precisão	0	4	12	0
Subjetividade	12	0	2	0
Tempo de análise	4	0	9	2
Tratamento dos dados	6	10	0	0

Tabela 4-13 – Resultados das razões para escolha de cada metodologia

A necessidade de testes apareceu como a maior resposta para os métodos *Fuzzy*, AHP e Redes Neurais. Esse fator indica que muitos casos foram teóricos e, apesar de terem tido respostas consideradas eficientes, eles necessitam de ser testados em casos reais para que haja confirmação do que se estabeleceu nessas pesquisas.

A aplicabilidade restrita esteve presente também em muitas metodologias, sendo o caso de *Fuzzy*, Monte Carlo e Redes Neurais. Esta resposta também é uma indicação de que mais estudos devem ser realizados para verificar se os métodos aplicados são válidos em outras situações.

Outra resposta que surgiu em mais de uma metodologia foi a obtenção de dados para teste, que surge em *Fuzzy* e em AHP. Tal fator não depende do método em si, mas de quem provinha os dados para os autores.

Individualmente, AHP apresentou problemas de tratamento de dados, indicando que deve ser tomado cuidado com a forma como os dados são associados ao serem utilizados nessa metodologia. Redes Neurais apresentou problemas de complexidade do método, o que dificulta sua aplicação e uso por pessoas que não sejam experts neste.

Por fim, Monte Carlo teve problemas de tempo de análise, ou seja, o tempo de resposta desse método é longo. Tal número era esperado pelos conhecimentos adquiridos na revisão bibliográfica de que uma grande quantidade de dados utilizados nesse método poderia demorar para convergir em respostas. Além desse, Monte Carlo apresentou problemas de precisão em alguns casos, o que pode ser vinculado a precisão dos dados quando se trata de riscos.

4.2. LACUNAS DO CONHECIMENTO

As perguntas criadas para induzir as lacunas do conhecimento elaboradas durante a metodologia foram respondidas, ou não, ao longo da análise de dados realizada. Cada questionamento foi elaborado de forma que proporcionasse uma solução para os objetivos primordiais desse projeto. A Tabela 4-14 foi criada então de forma a ilustrar quais lacunas foram sanadas por meio do símbolo (✓) e quais não foram (X).

PERGUNTAS	SITUAÇÃO
POR ANO DE PUBLICAÇÃO	
Existe uma preocupação crescente com riscos relacionados a custo e prazo ao longo dos anos?	✓
Houve uma mudança de padrão dos estudos de teóricos para reais ou vice-versa ao longo do período de 10 anos?	✓
Há indícios de mudança de escolha de metodologia para a realização da análise de riscos? Se sim, quais são as razões para tais mudanças?	X
POR CONTRATOS PÚBLICOS X PRIVADOS	
Existem mais estudos reais vinculados a empreendimentos públicos ou privados?	✓
Existe uma preocupação dentro da iniciativa pública com a análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo?	✓
Existe uma preocupação dentro da iniciativa privada com a análise dos riscos e seu impacto de custo ou prazo?	X
Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos públicos e suas razões?	✓
Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos privados e suas razões?	✓
Qual é a metodologia mais utilizada nos contratos mistos (público/ privado) e suas razões?	✓
POR TIPO DE CONTRATO	
Qual o tipo de contrato que promove maior foco em riscos?	X
O estudo dos riscos é promovido por quais partes do contrato?	X
Qual foi a metodologia mais utilizada em cada tipo de contrato e suas razões?	X
POR PAÍS DE PUBLICAÇÃO	
Existem realmente mais estudos referentes a países desenvolvidos?	✓
Houve aumento dos estudos, ao longo dos anos, em países em desenvolvimento?	✓
Houve aumento dos estudos, ao longo dos anos, em países desenvolvidos?	✓
O Brasil tem se mostrado crescente nos estudos de riscos?	✓
POR TIPOLOGIA DO EMPREENDIMENTO	
Quais são os tipos de empreendimentos que mais utilizam a análise de riscos quando se trata de custo e prazo?	✓
Existe uma divergência na metodologia utilizada dependendo do tipo de estrutura que está sendo estudada?	✓
Qual foi a metodologia mais utilizada e suas razões?	✓
POR FASE DE PROJETO	
Em qual fase de projeto se estuda mais os riscos?	✓
Quais foram as maiores dificuldades encontradas para aplicação dos métodos nas fases de projeto?	✓
CLASSIFICAÇÃO GERAL	
Houveram mais estudos sobre riscos vinculados ao custo ou ao prazo?	✓
Quais são as razões para escolha da metodologia?	✓
Qual metodologia obteve mais resultados de sucesso quando aplicada?	X
Quais foram as maiores dificuldades encontradas pelos autores?	✓

Tabela 4-14 – Situação de respostas das lacunas de conhecimento

Os questionamentos não respondidos formam lacunas do conhecimento diretas, pois não houveram informações suficientes apenas com as bibliografias existentes hoje para que estas fossem respondidas satisfatoriamente. Contudo, os questionamentos respondidos pelo mapeamento sistemático não excluíram lacunas, apenas permitiram que houvesse um foco maior no que essas lacunas representam e nos assuntos que devem ser mais abrangidos futuramente, promovendo melhorias para o gerenciamento de riscos. Os “*gaps*” determinados pós análise foram esquematizados, separando-os por tema estudado.

Por ano de publicação: De forma direta houve o “*gap*” referente a mudança de escolha de metodologia para a realização da análise de riscos. Não houveram evidências apresentadas por autores de que foi escolhido um método em detrimento do outro, apenas pode-se notar que havia uma troca no número de artigos vinculados a cada metodologia anualmente, especialmente se tratando de Monte Carlo e AHP. Indica-se que sejam realizados estudos comparativos entre as ferramentas, de modo que seja possível afirmar se o autor tem preferência por uma ou outra metodologia e as razões para tal. Ainda, lacunas chamadas de “indiretas”, formuladas neste ponto, referem-se ao acompanhamento do panorama geral da avaliação de riscos, de forma que possa ser comprovado o sistema cíclico de publicações.

Por contratos públicos X privados: Novamente inicia-se apontando uma lacuna direta formada pelo questionamento da preocupação por parte da iniciativa privada com os riscos de custo e prazo. Esta resposta não foi completamente sanada, uma vez que não houve menção por parte dos autores relacionados a casos dos setores público-privado ou privado somente sobre a solicitação da análise ter sido realizada pelas empresas privadas vinculadas, ou se houve apenas a pressão por parte dos contratos para que houvesse uma análise de riscos. A lacuna poderia ser sanada pela forma de questionários com empresas privadas, explicando como elas fazem seu gerenciamento de riscos e suas razões para tal.

As outras perguntas puderam ser sanadas, completamente ou parcialmente, de forma que os “*gaps*” gerados promoveram questionamentos voltados principalmente para a iniciativa pública. Entende-se que as empresas privadas, quando em contratos público-privados podem ser obrigadas a realizar a análise de riscos. Contudo, deseja-se compreender a real preocupação da máquina pública com riscos de custo e prazo. Ainda, se faz importante destacar a falta de uma ferramenta escolhida pelo setor público como base para seu cálculo de riscos, uma vez que a uniformidade de um método usado dentro do sistema possibilitaria melhores comparações das respostas obtidas para casos similares, facilitando novos processos e trazendo praticidade a esse meio.

Por tipo de contrato: De todas as análises realizadas, essa não permitiu nenhuma resposta satisfatória aos questionamentos. Este ocorrido derivou da não preocupação dentro do meio acadêmico em indicar o contrato utilizado nos casos reais, tendo um número desprezível de respostas. Ainda, houveram apenas três tipos de contratos (PPP, *Lump Sum* EPC; e Concessão) encontrados nos artigos lidos, de forma que a tomada de conclusões aqui seria superficial, pois estaria excluindo outros inúmeros tipos de contratos existentes.

Se faz necessária que haja a conscientização de que o formato de acordo fechado entre partes promove riscos contratuais, especialmente quando se trabalha com custos e prazos, e portanto, os tipos de contrato devem ser especificados e aprofundados em trabalhos que tratam da análise de riscos de projeto. Indica-se ainda que mais estudos sejam formulados em torno de cada contrato, especificando seus pontos promovedores de imponderações. Por fim, estudos comparativos entre as tipologias contratuais também agregam à temática.

Por país de publicação: Esta análise foi passível de ser respondida, mas promoveu questionamentos consideráveis. O primeiro “*gap*” refere-se ao decréscimo das publicações em países em desenvolvimento, uma vez que a temática foi indicada como uma preocupação crescente na avaliação por ano de publicação. Para sanar esse questionamento, indica-se que sejam enviados questionários aos autores principais dos anos de 2007 a 2010 para entender em que parte do processo houve esse distanciamento.

Outra indicação de lacuna que surgiu foi a falta de publicações brasileiras acerca do tema. O baixo valor de resposta indica que não é uma preocupação real no país a realização de uma análise de riscos, especialmente se vinculada a projetos reais, que obteve nenhuma resposta. Não se faz lacunas neste caso, uma vez que não existe base suficiente para tal. É necessário que haja a disseminação do tema de forma que mais projetos sejam realizados, podendo então realizar uma nova revisão sistemática que indique o processo de instauração do tema no mercado brasileiro e possa identificar lacunas reais da aplicação de ferramentas de análise de riscos.

Por tipologia do empreendimento: Todas as perguntas foram respondidas nessa avaliação. As respostas, em especial ao uso de metodologia e razões para escolhas, foram praticamente unânimes para com o uso do método *Fuzzy*, indicando a assimilação de incertezas o principal aspecto para escolha. A lacuna promovida por esta análise está na necessidade de comparar grandes e pequenos empreendimentos, identificando os riscos individuais de cada e os métodos utilizados nesses casos.

Por fase de projeto: Esta avaliação obteve boas respostas, de forma que identificou as fases de ante projeto e projeto executivo como as mais indicadas para a realização da análise de riscos. A análise, porém, mostrou que existe um número maior de estudos nas fases de execução e pós obra. Indica-se que sejam realizados estudos quanto as ferramentas utilizadas para se analisar os riscos em gestão de projetos e se existe vinculação entre a ferramenta utilizada e a fase de projeto. Indica-se também que sejam realizadas mais aplicações de análises nas fases de ante projeto e projeto executivo, uma vez que esses indicaram melhores resultados, mas não foram tão abordados quanto deveriam.

Classificação geral: Por fim, esta classificação teve uma lacuna direta referente aos sucessos de cada ferramenta. Esta avaliação provou ser de cunho pessoal e subjetivo de cada autor, não havendo respostas fixas, ou confiáveis, que corroborassem com as indicações de sucessos. No entanto, foi apontado que existem poucos estudos comparativos entre ferramentas, o que poderia sanar essa lacuna de forma mais objetiva e sistemática.

As demais questões foram respondidas satisfatoriamente. Esta avaliação permitiu atingir uma conclusão interessante referente a tomada de decisão sobre qual é a melhor ferramenta, dentre as quatro apresentadas, para a análise de riscos. A partir dos dados de razões para escolha da metodologia e das dificuldades encontradas pelos autores quando aplicadas as ferramentas foi possível perceber que a melhor metodologia depende do tipo de objetivo e caso de aplicação.

Ainda, foi possível distinguir pelos dados obtidos, que é de extrema necessidade a comunicação entre autores para que os métodos propostos por estes sejam testados, uma vez que a grande maioria citou a necessidade de comprovar suas teorias, podendo fortalecer as metodologias propostas.

4.2.1. RESUMO DAS LACUNAS DEFINIDAS

A partir dos resultados obtidos, finaliza-se esse projeto indicando na **Tabela 4-15** quais foram as lacunas definidas e estudos indicados para saná-las.

Tópico	Lacuna	Estudos indicados
Por ano de publicação	Se a preferência dos autores tem mudado ao longo dos anos	Estudos comparativos de ferramentas
	Comprovar o padrão cíclico dos estudos	Manter atualizado um panorama geral de publicações
Por contratos públicos X privados	Se existe, e como é realizado, o gerenciamento de riscos em empresas privadas	Questionários com empresas de pequeno, médio e grande porte
	Por que não se há uma ferramenta determinada no sistema público para avaliar os riscos?	Estudos em parceria com a iniciativa pública
	Quais as razões para iniciativa pública realizarem gerenciamento de riscos	Estudos em parceria com a iniciativa pública
Por tipo de contrato	Quais os tipos de contratos que promovem mais riscos no custo e prazo?	Indica-se que mais estudos sejam formulados em torno de cada contrato, especificando seus pontos promovedores de imponderações.
	Quais são as principais diferenças entre os tipos de contratos com relação aos riscos?	Estudos comparativos dos tipos de contrato
Por país de publicação	Razões para o decréscimo no número de publicações em países em desenvolvimento	Realizar pesquisas com universidades e autores
	Razão para o baixo número de publicações brasileiras e como sanar essa questão	Realizar pesquisas com universidades e autores
Por tipologia de empreendimento	Verificação das divergências dos riscos e métodos utilizados para grandes e pequenos projetos	Realizar mais pesquisas acerca do tema riscos em obras de grande pequeno porte, comparando-as
Por fase de projeto	Confirmar que a fase de ante projeto e projeto executivo são as melhores para analisar os riscos do planejamento	Aplicando as ferramentas em mais casos reais durante as fases de anteprojeto e projeto executivo
Classificação geral	Comparar os métodos em aplicações à casos reais	Comparar os métodos em aplicações à casos reais

Tabela 4-15 – Resumo das lacunas encontradas

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo Mapeamento Sistemático da Literatura possibilitaram cumprir os objetivos desse projeto. O MSL promoveu a identificação de pontos de foco da temática de análise de riscos, sendo a sua realização eficiente e extremamente ordenada, evitando a perda de informações essenciais. O objetivo principal desta monografia de selecionar o modelo de análise que melhor expressa o risco das imponderações relativas à duração ou aos custos se fez cumprido, permitindo concluir que os métodos *Fuzzy*, Monte Carlo, Processo Hierárquico Analítico (AHP) e Redes Neurais possuem diferentes qualidades, sendo indicando que o objetivo do projeto deve ser considerado para a escolha da metodologia. Pode-se definir os casos em que cada metodologia melhor se encaixa, tornando-se a mais indicada para uso.

Fuzzy: este método deve ser utilizado para casos que apresentam dados linguísticos e subjetivos, como por exemplo, quando há aplicação de questionários para definir os riscos. Ainda, este método apresenta soluções mais objetivas, sendo especialmente recomendado para casos onde haverá discussões posteriores, facilitando a compreensão dos resultados e diminuindo o tempo de disputa.

Monte Carlo: essa metodologia é facilitada por ser muito difundida no meio da engenharia, havendo a facilidade de softwares. Além disso, sua aplicação é indicada para casos de dados aleatórios em que hajam incertezas, permitindo uma análise probabilística.

Processo Hierárquico Analítico (AHP): este método é especialmente recomendado para casos de tomada de decisão. Sua aplicação também é indicada quando se deseja realizar uma avaliação semi-quantitativa, uma vez que essa ferramenta permite a vinculação dos dados qualitativos e quantitativos de forma direta. Além disso, pode ser utilizado por não-experts de forma mais fácil, permitindo alta difusão em diversos ambientes.

Redes Neurais: Este método se distancia dos outros por ter diferenciais como retro análise, aprimoramento automático de dados e precisão alta dos valores das respostas, sendo indicado para aplicações contínuas, em que as condições de contorno se mantenham ou sejam pouco alteradas e seja possível melhorar cada vez mais as respostas.

Os objetivos secundários foram cumpridos promovendo a comparação teórica e dos resultados de cada ferramenta selecionada e apontando as razões para os usos de diversos métodos de análise de riscos. Ao final, o estreitamento do tema promovido pelo Mapeamento Sistemático possibilitou que as lacunas de conhecimento existentes no tema de gerenciamento de riscos, especialmente em custos e prazo, fossem delimitadas de forma prática, surgindo inúmeras indicações de novos trabalhos a serem realizados, como indicado pela **Tabela 4-15**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Henrique Leite e ARGÔLO, Ellen Cristina Dias. **Mapeamento sistemático de literatura sobre parceria público-privada 1**. p. 3463–3475, 2016.

AGOSTINHO, Henrique Leite e GRANJA, Ariovaldo Denis. **Civil : Um Mapeamento Sistemático De Literatura 1**. p. 3476–3488, 2016.

AMINBAKSHSH, Saman e GUNDUZ, Murat e SONMEZ, Rifat. **Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects**. Journal of Safety Research, v. 46, p. 99–105, 2013.

ARANTES, Beatriz e LABAKI, Lucila Chebel. **Fachadas Sazonalmente Adaptáveis : Mapeamento**. p. 469–480, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos - Princípios e diretrizes**. [S.l: s.n.], 2009.

ATKINSON, Roger. **Project-management-cost-time-and-quality-two-best-guesses-and-a-phenomenon-its-time-to-accept-other-success-criteria**. International Journal of Project Management , v. 17, n. 6, p. 337–342, 1999.

BALOI, Daniel e PRICE, Andrew D F. **Modelling global risk factors affecting construction cost performance**. International Journal of Project Management, v. 21, n. 4, p. 261–269, 2003.

BELTRÃO, Leandro M. P. **Priorização de Riscos em Obras Públicas Por Meio do Método Fuzzy Analytic Hierarchy Process**. Projeto de Qualificação. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, UnB, 2016.

BRASIL. Projeto de Lei nº 6814, de 03 de fevereiro de 2017. **Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e revoga a Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei no 10.520, de 17 de julho de 2002, e dispositivos da Lei no 12.462, de 4 de agosto de 2011**. Brasília, DF. 2017.

BUENO, Raquel F. e BRANDSTETTER, Maria Carolina G. O. **Mapeamento Sistematizado Da Literatura Com Base No Custeio Meta E Custeio Kaizen No Âmbito Das Habitações**. 2016.

CALDEIRA, Daniel Matos. **Diretrizes Para O Gerenciamento De Riscos Em Contratos De Obras Públicas: Estudo De Caso Da Contratação Integrada**. 2015. Universidade de Brasília, 2015.

CARR, V e TAH, J.H.M. **A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction project risk management system**. Advances in Engineering Software, v. 32, n. 10, p. 847–857, 2001.

CHIARA, Nicola e KOKKAEW, Nakhon. **Alternative to Government Revenue**

Guarantees: Dynamic Revenue Insurance Contracts. Journal of Infrastructure Systems, v. 19, n. 3, p. 287–296, 2013

COELHO, G. O. (2017). **Recomendações e Diretrizes para a Fase de Iniciação de Empreendimentos de Infraestrutura Brasileiros: Enfoque no Setor de Geração de Energia Elétrica.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 132p.

EBRAHIMNEJAD, Sadoullah e MOUSAVI, Seyed Meysam e SEYRAFIANPOUR, Hamed. **Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model.** Expert Systems with Applications, v. 37, n. 1, p. 575–586, 2010.

ELBARKOUKY, Mohamed M G e colab. **Fuzzy Arithmetic Risk Analysis Approach to Determine Construction Project Contingency.** 2016.

EPA, US Environmental Protection Agency. **Guiding Principles for Monte Carlo Analysis.** . Washington, DC: [s.n.], 1997.

JIANG, Yunchao e NAN, Zhongren e YANG, Sucai. **Risk assessment of water quality using Monte Carlo simulation and artificial neural network method.** Journal of Environmental Management, v. 122, p. 130–136, 2013.

KITCHENHAM, Barbara e CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering Version 2.3.** Engineering, v. 45, n. 4ve, p. 1051, 2007.

LUCAS, CARLOS ALBERTO; RIGNET, DIEGO GABRIL DE SOUZA; CHENCI, Gabriel Pupin. **Uma introdução a lógica.** Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica, v. 1, p. 17–28, 2011.

MARRO, Alessandro Assi e colab. **Lógica Fuzzy : Conceitos e aplicações.** [S.d.].
PAWAN, P e LORTERAPONG, P. **A Fuzzy-Based Integrated Framework for Assessing Time Contingency in Construction Projects.** Journal of Construction Engineering and Management, v. 142, n. 3, p. 1–9, 2016.

PINESE, Paulo Henrique Signori. **O Regime Jurídico do Contrato de EPC (Engineering, Procurement and Construction) no Financiamento de Projetos (Project Finance).** 2015. Universidade de São Paulo (USP), 2015.

PMBOK, Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos - Guia PMBOK.** 5. ed. [S.l: s.n.], 2013.

RIOS, Ana Carolina Loyola Caetano. **Análise Probabilística Apicada em Barragem de Enrocamento com Núcleo de Argila.** 2015. 2015.

SOUSA, Vitor e ALMEIDA, Nuno Marques e DIAS, Luís Alves. **Role of Statistics and Engineering Judgment in Developing Optimized Time-Cost Relationship Models.**

Journal of Construction Engineering and Management, v. 140, n. 8, p. 4014034, 2014.

SUN, Yanfang e ZHANG, Lianying. **Balancing Public and Private Stakeholder Interests in BOT Concessions: Minimum Revenue Guarantee and Royalty Scheme Applied to a Water Treatment Project in China.** Journal of Construction Engineering & Management, v. 141, n. 2, p. 1, 2015.

TANG, LiYaning e SHEN, Qiping e CHENG, Eddie W L. **A review of studies on Public–Private Partnership projects in the construction industry.** International Journal of Project Management, v. 28, n. 7, p. 683–694, Out 2010.

WANG, Ying Ming e LIU, Jun e ELHAG, Taha M S. **An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment.** Computers and Industrial Engineering, v. 54, n. 3, p. 513–525, 2008.

ZADEH, Lofti Asker. **Fuzzy Sets.** . [S.l: s.n.]. , 1965

ZAYED, Tarek e AMER, Mohamed e PAN, Jiayin. **Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP.** International Journal of Project Management, v. 26, n. 4, p. 408–419, 2008.

World Bank. PPP World Bank.2017. Disponível em: <<http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/overview/ppp-objectives>>

Sb Student Learning Outcomes And Chapter Outlines: Bureaucracy. 2017. Disponível em: <<http://www.lahc.edu/socsci/backup/loiterman/sbotw11.htm>>

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF). **Peoples Republic of China.** 2017. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/country/CHN/index.htm>>

ANEXO I

Categoria de risco	Risco	Fonte
Sociais	Custo de indenização maior do que previsto	Li e Zou (2011); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Dificuldade na desapropriação do terreno	Li e Zou (2011); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Oposição pública	Kuo e Lu (2013); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Protestos e ações legais	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Vandalismo	Liu <i>et al</i> (2016)
Técnicos	Ambiguidade/mudança do escopo do projeto	Zayed <i>et al</i> (2008); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Boateng <i>et al</i> (2015); Elbarkouky <i>et al</i> (2016); Liu <i>et al</i> (2016)
	Complexidade do projeto subestimada	Zayed <i>et al</i> (2008); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Kuo e Lu (2013); Boateng <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Condições de terreno diferentes das previstas	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Dificuldade de acesso à infraestrutura (eletricidade, água, etc.)	Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Taylan (2014); Boateng <i>et al</i> (2015); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Erros de execução	Khazaeni <i>et al</i> (2012); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Estimativa de custos/quantidades inadequada	Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Falta de tecnologia adequada	Boateng <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Inconsistência com os padrões de qualidade	Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Mudanças de projeto	Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Não familiaridade com a tecnologia	Zayed <i>et al</i> (2008); Li e Zou (2011); Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Kuo e Lu (2013); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Taylan (2014); Silva <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Problemas na implementação e transferência de tecnologia	Zayed <i>et al</i> (2008); Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Khazaeni

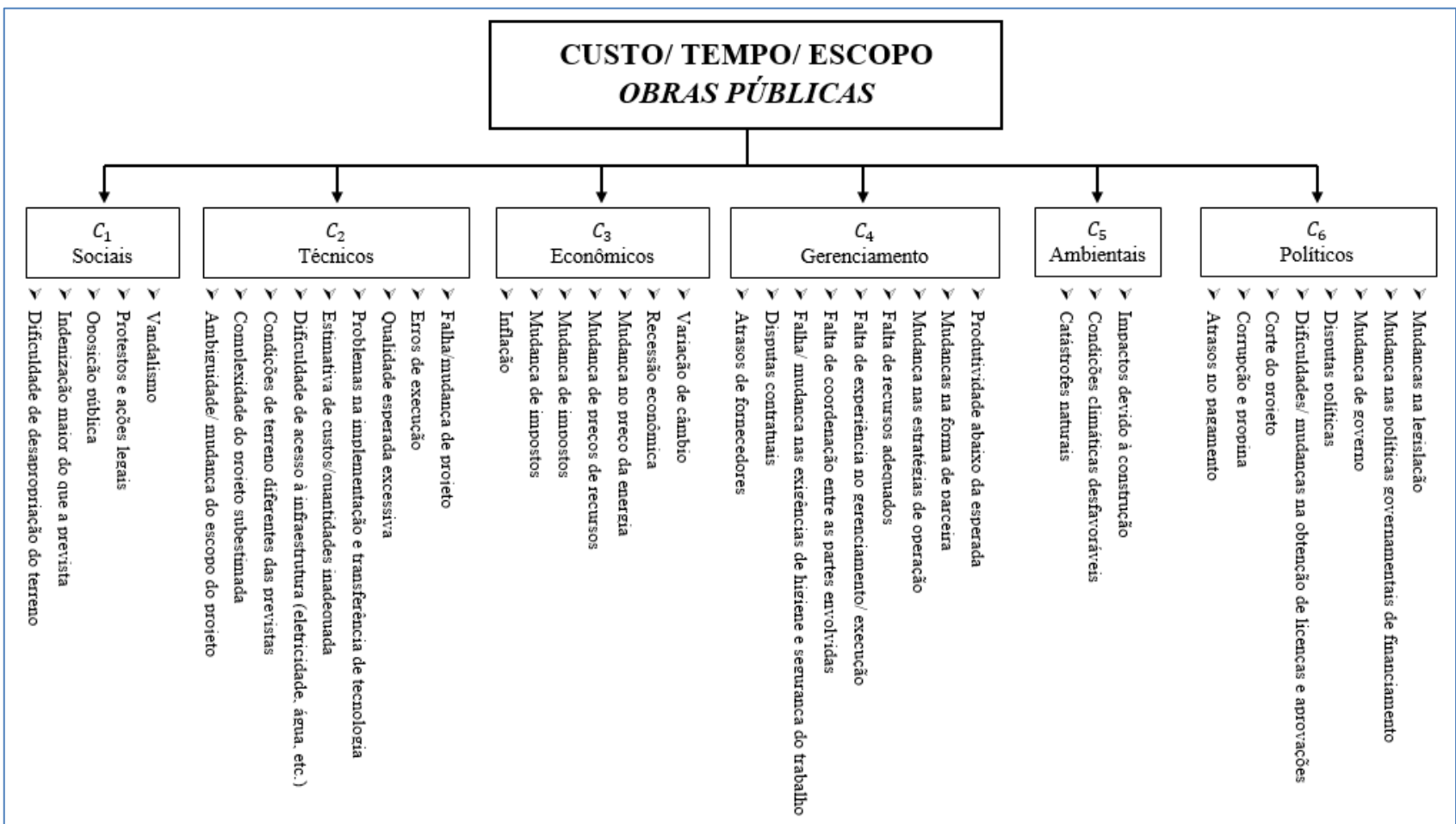
Categoria de risco	Risco	Fonte
		<i>et al</i> (2012)
	Projeto falho	Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Liu <i>et al</i> (2016)
	Qualidade exigida excessiva	Taylan (2014)
	Uso de tecnologia complexa	Zayed <i>et al</i> (2008); Liu <i>et al</i> (2016)
	Uso de tecnologia não testada	Liu <i>et al</i> (2016)
Econômicos	Inflação	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Mudança de impostos	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Mudança de preços de materiais	Kuo e Lu (2013); Boateng <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Mudança de salários	Boateng <i>et al</i> (2015); Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Mudança no preço da energia	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Recessão econômica	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Variação de câmbio	Bu-Qammaz <i>et al</i> (2009); Liu <i>et al</i> (2016)
Gerenciamento	Atrasos dos fornecedores	Yang e Wei (2011); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Elbarkouky <i>et al</i> (2016); Liu <i>et al</i> (2016)
	Atrasos no fornecimento de recursos	Zayed <i>et al</i> (2008); Yang e Wei (2011); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Elbarkouky <i>et al</i> (2016); Liu <i>et al</i> (2016)
	Deficiência no monitoramento e controle	Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Yang e Wei (2011)
	Disputas contratuais	Li e Zou (2011); Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Liu <i>et al</i> (2016)
	Falhas em higiene e segurança do trabalho	Zayed <i>et al</i> (2008); Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Yang e Wei (2011); Silva <i>et al</i> (2015); Elbarkouky <i>et al</i> (2016); Liu <i>et al</i> (2016)
	Falta de coordenação entre as partes envolvidas	Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Kuo e Lu (2013); Elbarkouky <i>et al</i> (2016); Liu <i>et al</i> (2016)

Categoria de risco	Risco	Fonte
	Falta de experiência na execução	Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Falta de experiência no gerenciamento	Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Falta de mão de obra	Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Falta de materiais e equipamentos	Zayed <i>et al</i> (2008); Li e Zou (2011); Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011); Kuo e Lu (2013); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Liu <i>et al</i> (2016)
	Falta de recursos	Li e Zou (2011); Taylan (2014)
	Indisponibilidade de equipamento adequado	Nieto-Morote e Ruz-Vila (2011)
	Indisponibilidade de mão de obra adequada	Taylan (2014); Silva <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Indisponibilidade de material adequado	Taylan (2014)
	Mudança nas estratégias de operação	Zayed <i>et al</i> (2008)
	Mudança nos níveis de higiene e segurança do trabalho	Zayed <i>et al</i> (2008)
	Mudanças na forma de parceira	Zayed <i>et al</i> (2008)
	Partes envolvidas desqualificadas	Zayed <i>et al</i> (2008)
	Planejamento falho	Silva <i>et al</i> (2015)
	Produtividade abaixo da esperada	Liu <i>et al</i> (2016)
Ambientais	Catástrofes naturais	Li e Zou (2011); Boateng <i>et al</i> (2015)
	Condições climáticas desfavoráveis	Zayed <i>et al</i> (2008); Boateng <i>et al</i> (2015); Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Impactos devido à construção	Liu <i>et al</i> (2016)
Políticos	Atrasos na aprovação	Boateng <i>et al</i> (2015); Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Atrasos no pagamento	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Burocracia	Dikmen <i>et al</i> (2007); Bu-Qammaz <i>et al</i> (2009); Li e Zou (2011); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Liu <i>et al</i> (2016)
	Corrupção e propina	Bu-Qammaz <i>et al</i> (2009); Liu <i>et al</i> (2016)

Categoria de risco	Risco	Fonte
	Corte do projeto	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Dificuldades/mudanças na obtenção de licenças e aprovações	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Excesso de procedimentos para aprovação	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Falta de apoio político	Boateng <i>et al</i> (2015)
	Indecisão política	Li e Zou (2011); Boateng <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Interferência política	Li e Zou (2011); Yang e Wei (2011); Boateng <i>et al</i> (2015); Elbarkouky <i>et al</i> (2016); Liu <i>et al</i> (2016)
	Mudança de governo	Zayed et al (2008); Khazaeni <i>et al</i> (2012); Elbarkouky <i>et al</i> (2016)
	Mudança nas políticas governamentais de financiamento	Khazaeni <i>et al</i> (2012); Taylan (2014); Boateng <i>et al</i> (2015); Liu <i>et al</i> (2016)
	Mudanças na legislação	Kuo e Lu (2013)
	Oposição política	Taylan (2014)

Fonte: BELTRÃO (2016).

ANEXO II



Fonte: BELTRÃO (2016).

APÊNDICE

BASE	AUTOR	TITULO	ANO	MÉTODO
SCOPUS	Lee S., Choi W.S.,	A multi-industry bankruptcy prediction model using back-propagation neural network and multivariate discriminant analysis,	2013	Redes Neurais
COMPENDEX	Ahiaga-Dagbui, Dominic D.(1); Tokede, Olubukola(2); Smith, Simon D.(1); Wamuziri, Sam(3)	A neuro-fuzzy hybrid model for predicting final cost of water infrastructure projects	2013	Redes Neurais
SCOPUS	Kong F., Wu X.-J., Cai L.-Y.,	A novel approach based on support vector machine to forecasting the construction project cost	2008	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Chen, JH; Yang, LR; Su, MC; Lin, JZ	A rule extraction based approach in predicting derivative use for financial risk hedging by construction companies	2010	Redes Neurais
SCOPUS	Wang Y.-R., Gibson Jr. G.E.	A study of preproject planning and project success using ANN and regression models	2008	Redes Neurais
SCOPUS	Cui H., Liang L.	AN entropy-weight-based topsis method to bidding appraisal for EPC projects	2010	Redes Neurais
SCOPUS	Wu Y., Si Z.	Application of RBF neural network based on ant colony algorithm in credit risk evaluation of construction enterprises	2008	Redes Neurais
SCOPUS	Shuang Q., Yuan Y., Zhang M., Yu D.,	Bankruptcy prediction in construction companies via Fisher's Linear Discriminant Analysis	2011	Redes Neurais
SCOPUS	Huang C.-S., Lin Z.-W., Chen C.-W.,	Bootstrapping multilayer neural networks for portfolio construction,	2012	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Ebrat, M; Ghodsi, R	Construction project risk assessment by using adaptive-network-based fuzzy inference system: An empirical study	2014	Redes Neurais
SCOPUS	Nie C., Zhang G.,	Construction the early-warning systems with debt risk indexes for the local government and demonstration analysis - Take xxstate of Yunnan Province for example	2010	Redes Neurais
SCOPUS	BendaÃ±a R., Del CaÃ±o A., De La Cruz M.P.	Contractor selection: Fuzzy-control approach	2008	Redes Neurais

WEB OF SCIENCE	van Niekerk, M; Bekker, J	Developing A Tool For Project Contingency Estimation In A Large Portfolio Of Construction Projects	2014	Redes Neurais
SCOPUS	Petroutsatou K., Georgopoulos E., Lambropoulos S., Pantouvakis J.P.,	Early cost estimating of road tunnel construction using neural networks	2012	Redes Neurais
SCOPUS	Wu Y., Yang Y., Dong H.,	EPC contractor risk early-warning model based on principal component analysis and neural network	2010	Redes Neurais
SCOPUS	Maciel L., Ballini R., Gomide F.	Evolving Possibilistic Fuzzy Modeling for Realized Volatility Forecasting with Jumps	2017	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Chou, JS	Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects	2009	Redes Neurais
COMPENDEX	Qinghua Wang ; Xiaozhong Xiong ; Liang He	Government acquisition risk evaluation based on BP neural networks and fuzzy synthetic evaluation	2007	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Chen, JH; Hsu, SC; Luo, YH; Skibniewski, MJ	Knowledge Management for Risk Hedging by Construction Material Suppliers	2012	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Jin, XH	Model for Efficient Risk Allocation in Privately Financed Public Infrastructure Projects Using Neuro-Fuzzy Techniques	2011	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Jin, XH; Zhang, GM	Modelling optimal risk allocation in PPP projects using artificial neural networks	2011	Redes Neurais
SCOPUS	Amusan L., Fagbenle O., Mosaku T., Ayo C., Owolabi D., Omuh I., Tunji-Olayeni P., Ogunde A., Peter J.,	Neural network and econometric-based utility parameter model for cost management of building projects	2014	Redes Neurais
COMPENDEX	Lhee, Sang C.(1); Issa, Raja R. A.(1); Flood, Ian(1)	Prediction of financial contingency for asphalt resurfacing projects using artificial neural networks	2012	Redes Neurais
SCOPUS	Chou J.-S., Le T.-S.	Probabilistic multiobjective optimization of sustainable engineering design	2014	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Francesco Costantino, Giulio Di Gravio, Fabio Nonino,	Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors	2015	Redes Neurais
SCOPUS	Wang T., Hua Z	Research on construction projects decision based on Life cycle engineering model	2008	Redes Neurais

SCOPUS	Yan F., Dai M., Wei Y.-J.,	Research on risk evaluation of power network planning project based on BP neural network	2010	Redes Neurais
COMPENDEX	Xing, Li-Ying(1); Wang, Xin-Zheng(1)	Risk evaluate the construction project based on BP neural network	2010	Redes Neurais
SCOPUS	Geng Y., Zhou L.,	Risk evaluation model construction for commercial bank logistics finance	2010	Redes Neurais
SCOPUS	Hai H.,	Risks assessment for land consolidation projects based on compensative fuzzy neural network	2010	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Mirahadi, F; Zayed, T	Simulation-based construction productivity forecast using Neural-Network-Driven Fuzzy Reasoning	2016	Redes Neurais
SCOPUS	Li M.-J., Tian G.-S.,	Stability analysis of supply chain collaboration for project	2011	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Kim, DY; Han, SH; Kim, H; Park, H	Structuring the prediction model of project performance for international construction projects: A comparative analysis	2009	Redes Neurais
WEB OF SCIENCE	Bayraktar, ME; Hastak, M	A decision support system for selecting the optimal contracting strategy in highway work zone projects	2009	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Tran, DQ; Molenaar, KR; Alarcon, LF	A Hybrid Cross-Impact Approach to Predicting Cost Variance of Project Delivery Decisions for Highways	2016	Monte Carlo
COMPENDEX	Albogamy, Abdullah(1); Dawood, Nashwan(1); Scott, Darren(1)	A risk management approach to address construction delays from the client aspect	2014	Monte Carlo
SCOPUS	Chiara N., Kokkaew N.	Alternative to government revenue guarantees: Dynamic revenue insurance contracts	2013	Monte Carlo
SCOPUS	Kang H.-W., Kim Y.-S.	Analysis of the probabilistic cost variation ranges according to the effect of core quantitative risk factors for an overseas plant project: Focused on a Middle East gas plant project	2016	Monte Carlo
SCOPUS	Liu Q., Hu Z., Wang J., Fan X.-E	Analysis on comprehensive assurance of construction schedule for hydropower project	2007	Monte Carlo
SCOPUS	Wang Y., Zhang J.	Application of MC method in risk decision of engineering project	2010	Monte Carlo
SCOPUS	Zawistowski J.	Application of modified earned value method for assessing the risk	2010	Monte Carlo

COMPENDEX	Sun, Yanfang(1,2); Zhang, Lianying(2)	and progress of construction projects Balancing public and private stakeholder interests in BOT concessions: Minimum revenue guarantee and royalty scheme applied to a water treatment project in china	2015	Monte Carlo
SCOPUS	Du J., Liu R., Hatipkarasulu Y.	Cloud-based interactive probabilistic simulation for AEC industry	2014	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Kokkaew, N; Wipulanusat, W	Completion delay risk management: A dynamic risk insurance approach	2014	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Bozorg-Haddad, O; Orouji, H; Mohammad-Azari, S; Loaiciga, HA; Marino, MA	Construction Risk Management of Irrigation Dams	2016	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	El-Adaway, IH; Kandil, AA	Construction Risks: Single versus Portfolio Insurance	2010	Monte Carlo
SCOPUS	Zhong D.H., Yang S.R., Chang H.T., Yu J., Yan F.G.	Construction schedule risk analysis of high roller-compacted concrete dams based on improved CSRAM	2015	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Salah, A; Moselhi, O	Contingency modelling for construction projects using fuzzy-set theory	2015	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	El-adaway, IH; Kandil, AA	Contractors' Claims Insurance: A Risk Retention Approach	2009	Monte Carlo
COMPENDEX	Purnus, Augustin(1); Bodea, Constanta-Nicoleta(2)	Correlation between time and cost in a quantitative risk analysis of construction projects	2014	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Choudhry, RM; Aslam, MA; Hinze, JW; Arain, FM	Cost and Schedule Risk Analysis of Bridge Construction in Pakistan: Establishing Risk Guidelines	2014	Monte Carlo
COMPENDEX	Liu, Xun(1); Wang, Zhuofu(1); Yin, Honglian(2)	Cost evaluation for hydropower construction using multiple Monte Carlo simulation method	2011	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Mayer, Z; Kazakidis, V	Decision making in flexible mine production system design using real options	2007	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Demir, H; Bostanci, B	Decision-support analysis for risk management	2010	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Kim, J; Noh, Y; Ryu, J; Seo, Y;	Determination of hydrate inhibitor injection rate based on the life	2016	Monte Carlo

SCIENCE	Chang, D	cycle cost of the injection facility and mitigating measures		
SCOPUS	Albogamy A., Dawood N.	Development of a client-based risk management methodology for the early design stage of construction processes	2015	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Batselier, J; Vanhoucke, M	Empirical Evaluation of Earned Value Management Forecasting Accuracy for Time and Cost	2015	Monte Carlo
SCOPUS	Janekova J., Fabianova J., Rosova A.	Environmental and economic aspects in decision making of the investment project of a wind park	2016	Monte Carlo
SCOPUS	Jun D.H., El-Rayes K	Fast and accurate risk evaluation for scheduling large-scale construction projects	2011	Monte Carlo
SCOPUS	Sakka Z.I., El-Sayegh S.M.	Float consumption impact on cost and schedule in the construction industry	2007	Monte Carlo
SCOPUS	Sadeghi N., Fayek A.R., Pedrycz W.	Fuzzy Monte Carlo simulation and risk assessment in construction	2010	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Bazgiri, AB; Shirvani, F; Harischian, M	Identification and management of different risks in the design-build contractor-contracts and providing a method to cover them	2016	Monte Carlo
SCOPUS	Du J., Hatipkarasulu Y., Liu R.	Interactive probabilistic risk analysis for construction engineering and management	2014	Monte Carlo
SCOPUS	OrdÃ±ez J., Park B.	Intuitive and usable risk-based cost contingency estimation model for general contracting firms	2011	Monte Carlo
SCOPUS	Riley L.A.	Managing and controlling risk in complex infrastructure projects: Using discrete event simulation for stochastic scheduling in construction engineering courses	2012	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Zafra-Cabeza, A; Ridaoa, MA; Camacho, EF; Kempf, KG; Rivera, DE	Managing risk in semiconductor manufacturing: A stochastic predictive control approach	2007	Monte Carlo
SCOPUS	Piranfar H., Masood O.	Measuring risk and financial support for NPPs using Monte Carlo simulation	2012	Monte Carlo
COMPENDEX	Vanhoucke, Mario(1,2,3)	Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data	2012	Monte Carlo
WEB OF	Chang, CY; Ko, JW	New Approach to Estimating the Standard Deviations of Lognormal	2017	Monte Carlo

SCIENCE		Cost Variables in the Monte Carlo Analysis of Construction Risks		
COMPENDEX	Kummer, Markus(1)	Non-linearities in the calculation of construction costs	2015	Monte Carlo
SCOPUS	Chou J.-S., Le T.-S.	Probabilistic multiobjective optimization of sustainable engineering design	2014	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	El-adaway, IH	Promoting the Sustainability of Relational Contracting through Addressing Third Party Insurance Obstacles	2013	Monte Carlo
SCOPUS	Riesz J., Sotiriadis C., Vithayasrichareon P., Gilmore J.	Quantifying key uncertainties in the costs of nuclear power	2017	Monte Carlo
SCOPUS	Zhong Z.-W., Xi B., Huang Q.-G., Li F.-Z.	Research on risk analysis for construction project schedule based on flexible network simulation	2007	Monte Carlo
SCOPUS	Liang S., Wey W.-M.	Resource allocation and uncertainty in transportation infrastructure planning: A study of highway improvement program in Taiwan	2013	Monte Carlo
COMPENDEX	Chen, Jian(1); You, Wei(1); Chen, Wei-Geng(1)	Risk analyses on beijing-tianjin high-speed railway project	2007	Monte Carlo
SCOPUS	Yang Z.-Y., Wang Z.-F., Liu B.-S., Chen Z.-R.,	Risk analysis and response for flow construction	2010	Monte Carlo
SCOPUS	Huang J.-W., Wang X.-X	Risk analysis of construction schedule based on PERT and MC simulation	2009	Monte Carlo
COMPENDEX	Kumas, Giray(1); Ergonul, S.(2)	Risk assessment in construction cost estimation of a motorway project	2007	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Liu, X; Wang, ZF; Jin, DZ	Risk Evaluation of Cost for Hydropower Construction under Risk Fixed Schedule Probability Using Monte Carlo Simulation Method	2011	Monte Carlo
SCOPUS	Attarzadeh M., Chua D.K.H., Beer M	Risk management of Long Term Infrastructure Projects ""PPP-BOT projects"" by using Uncertainty, Probabilistic and Stochastic Methods and Models	2011	Monte Carlo
COMPENDEX	Alarcn, Luis F.(1); Ashley, David B.(2); De Hanily, Angelique Sucre(3); Molenaar, Keith R.(4); Ungo, Ricardo(5)	Risk planning and management for the panama canal expansion program	2011	Monte Carlo

SCOPUS	Ciccarelli J., Murch M.	Risk review of recovery schedules	2008	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Tran, DQ; Molenaar, KR	Risk-Based Project Delivery Selection Model for Highway Design and Construction	2015	Monte Carlo
COMPENDEX	Zhong, DengHua(1); Bi, Lei(1); Yu, Jia(1); Zhao, MengQi(1)	Robustness analysis of underground powerhouse construction simulation based on Markov Chain Monte Carlo method	2016	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Okmen, O; Oztas, A	Scenario based evaluation of a cost risk model through sensitivity analysis	2015	Monte Carlo
SCOPUS	Vack E., Fotr J., Å paek M., Souek I.	Scenarios and their application in strategic planning	2014	Monte Carlo
SCOPUS	Zhao W., Liu R.	Study on engineering project investment risk measure based on Monte Carlo method	2008	Monte Carlo
SCOPUS	Xu Z.-S., He Z.-J., Song P.,	The application of risk management to investment of the railway tunnel project	2009	Monte Carlo
SCOPUS	Li C.-B., Lu G.-S., Wu S.	The investment risk analysis of wind power project in China	2013	Monte Carlo
SCOPUS	Xu W., Wang Z.	The uncertainty and sensitivity analysis of the interdependent infrastructure sectors based on the supply-driven inoperability input-output model	2015	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Abdallah, A	The Use Of Exploratory Tunnels As A Tool For Scheduling And Cost Estimation	2007	Monte Carlo
COMPENDEX	Zhang, Xueqing(1)	Web-based concession period analysis system	2011	Monte Carlo
COMPENDEX	Dikmen, Irem(1); Birgonul, M. Talat(1); Tah, Joseph H. M.(2); Ozer, Ahmet Hamdi(3)	Web-based risk assessment tool using integrated duration-cost influence network model	2012	Monte Carlo
COMPENDEX	Zhang, Xueqing(1)	Win-win concession period determination methodology	2009	Monte Carlo
WEB OF SCIENCE	Shaokai Lu, Hong Yan,	A comparative study of the measurements of perceived risk among contractors in China	2013	Fuzzy
SCOPUS	Polat G., Bingol B.N.	A comparison of fuzzy logic and multiple regression analysis models in determining contingency in international construction	2013	Fuzzy

		projects		
COMPENDEX	Dronder Okmen; Ahmetoztas	A CPM-based scheduling method for construction projects with fuzzy sets and fuzzy operations	2014	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	A. Nieto-Morote, F. Ruz-Vila,	A fuzzy approach to construction project risk assessment	2011	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Dincer, H; Hacıoglu, U; Tatoglu, E; Delen, D	A fuzzy-hybrid analytic model to assess investors' perceptions for industry selection	2016	Fuzzy
COMPENDEX	Yi-Kai Juan	A hybrid approach using data envelopment analysis and case-based reasoning for housing refurbishment contractors selection and performance improvement	2009	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Acelya Ecem Yildiz, Irem Dikmen, M. Talat Birgonul, Kerem Ercoskun, Selcuk Alten, Franck Taillandier, Patrick	A knowledge-based risk mapping tool for cost estimation of international construction projects	2014	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Taillandier, Esra Tepeli, Denys Breysse, Rasool Mehdizadeh, Fadi Khartabil,	A multi-agent model to manage risks in construction project (SMACC)	2015	Fuzzy
SCOPUS	Jamshidi A., Rahimi S.A., Bartolome A.R., Ait-Kadi D.	A new framework for risk assessment in ERP maintenance	2014	Fuzzy
SCOPUS	Zhang H.-Q., Fan X.-Y.	A new method for evaluating the risk of engineering project - DHGF algorithm	2008	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Frederik Ahlemann, Fedi El Arbi, Michael G. Kaiser, Axel Heck,	A process framework for theoretically grounded prescriptive research in the project management field	2013	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Lina María Sastoque, Carlos Alejandro Arboleda, Jose Luis Ponz,	A Proposal for Risk Allocation in Social Infrastructure Projects Applying PPP in Colombia	2016	Fuzzy
COMPENDEX	Yingkui Gu, Yaogang Xiong and Xinchong Luo	A reliability risk assessment method based on fuzzy FMEA	2012	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Öncü Hazır,	A review of analytical models, approaches and decision support tools in project monitoring and control	2015	Fuzzy

WEB OF SCIENCE	Daniel Jato-Espino, Elena Castillo-Lopez, Jorge Rodriguez-Hernandez, Juan Carlos Canteras-Jordana,	A review of application of multi-criteria decision making methods in construction	2014	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	LiYaning Tang, Qiping Shen, Eddie W.L. Cheng,	A review of studies on Public–Private Partnership projects in the construction industry, International Journal of Project Management	2010	Fuzzy
SCOPUS	Liu L., Georgakis P., Nwagboso C.	A theoretical framework of an integrated logistics system for UK construction industry	2007	Fuzzy
COMPENDEX	Wangshu Su, Wang Zhang	An evaluation model of financing risk for large-scale water conservancy construction project	2016	Fuzzy
SCOPUS	Hayati E., Majnounian B., Abdi E., Sessions J., Makhdoum M.	An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation	2013	Fuzzy
SCOPUS	Gao G.	Analysis of risk assessment and prevention for foreign project based on fuzzy comprehensive evaluation method	2014	Fuzzy
COMPENDEX	Xu, Wei(1); Wang, Guo Ying(1)	Application of fuzzy analytic hierarchy process method based on SWOT theory in project risk evaluation	2013	Fuzzy
SCOPUS	Wu Y., Huang Z.	Application of fuzzy comprehensive evaluation model based on variable fuzzy set method in construction enterprises' ERP project risk evaluation	2008	Fuzzy
SCOPUS	Zawistowski J.	Application of modified earned value method for assessing the risk and progress of construction projects	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Qiang Fu ; Zilong Wang ; Qiuxiang Jiang	Application of entropy fuzzy comprehensive evaluation for risks of project management	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Mei-Sung Kang ; He-Yau Kang ; Chao-Shun Chen ; Te-Tien Ku ; Yu-Lung Ke	Applications of FANP and BOCR in renewable energy-Study on the choice of the sites for wind farms	2012	Fuzzy
SCOPUS	Ismail A., Abd A.M., Chik Z.B.	Approach to analyze risk factors for construction projects utilizing fuzzy logic	2008	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Amin Abbaszadegan, David Grau,	Assessing the Influence of Automated Data Analytics on Cost and Schedule Performance	2015	Fuzzy

COMPENDEX	Bauke de Vries. Author links open the author workspace.Opens the author workspaceOpens the author workspaceRuben J. Steins	Assessing working conditions using Fuzzy Logic	2008	Fuzzy
COMPENDEX	Wei Li ; Yanjiao Ji ; Yumin Shang	Assessment of grid construction project risk of process based on fuzzy-event tree-fault tree	2009	Fuzzy
SCOPUS	Chou J.-S., Pham A.-D., Wang H.	Bidding strategy to support decision-making by integrating fuzzy AHP and regression-based simulation	2013	Fuzzy
COMPENDEX	Hyoun Seok Moon 1, Hyeon Seung Kim 1, Leen Seok Kang 1*, and Chang Hak Kim	BIM functions for optimized construction management in civil engineering	2012	Fuzzy
COMPENDEX	Hyouonseok Moon1; Hyeonseung Kim2; Vineet R. Kamat, M.ASCE3; and Leenseok Kang4	BIM-based construction scheduling method using optimization theory for reducing activity overlaps	2015	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Miao Fan, Neng-Pai Lin, Chwen Sheu,	Choosing a project risk-handling strategy: An analytical model	2008	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Abdelgawad, M; Fayek, AR	Comprehensive Hybrid Framework for Risk Analysis in the Construction Industry Using Combined Failure Mode and Effect Analysis, Fault Trees, Event Trees, and Fuzzy Logic	2012	Fuzzy
SCOPUS	Zhao J., Wang X.	Construction of local government debt risk early warning system	2010	Fuzzy
SCOPUS	Sun X., Chen D.	Construction of risk management Construction-Agent model based on factor analysis-BP neural network	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Mohammadi, Amir(1); Tavakolan, Mehdi(1)	Construction project risk assessment using combined fuzzy and FMEA	2013	Fuzzy
SCOPUS	Choi H.-H., Mahadevan S.	Construction project risk assessment using existing database and project-specific information	2008	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Osman Taylan, Abdallah O. Bafail, Reda M.S. Abdulaal, Mohammed R. Kabli	Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies	2014	Fuzzy

SCOPUS	Han X.-S., Liu R.-H.	Contractor project risk evaluation based on expansion principle for triangular fuzzy matrix	2008	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Lee, TC; Lee, TH; Wang, CH	Decision Analysis For Construction Contract Risk-Sharing	2009	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Seyit Ali Erdogan, Jonas Šaparauskas, Zenonas Turskis,	Decision Making in Construction Management: AHP and Expert Choice Approach	2017	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Kambiz Mokhtari, Jun Ren, Charles Roberts, Jin Wang,	Decision support framework for risk management on sea ports and terminals using fuzzy set theory and evidential reasoning approach	2012	Fuzzy
SCOPUS	Shi Q., Zhou Y., Xiao C., Chen R., Zuo J.	Delivery risk analysis within the context of program management using fuzzy logic and DEA: A China case study	2014	Fuzzy
COMPENDEX	Aliahmadi, Alireza(1); Sadjadi, Seyed Jafar(1); Jafari-Eskandari, Meisam(1)	Design a new intelligence expert decision making using game theory and fuzzy AHP to risk management in design, construction, and operation of tunnel projects (case studies: Resalat tunnel)	2011	Fuzzy
COMPENDEX	Markus Fischer ; Stefan Tenbohlen ; Michael Schäfer ; Reinhold Haug	Determining power transformers' sequence of maintenance and repair in power grids	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Yelin Xu; Albert P. C. Chan; and John F. Y. Yeung	Developing a fuzzy risk allocation model for PPP projects in China	2010	Fuzzy
SCOPUS	Cheng M., Lu Y.	Developing a risk assessment method for complex pipe jacking construction projects	2015	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Yelin Xu, John F.Y. Yeung, Albert P.C. Chan, Daniel W.M. Chan, Shou Qing Wang, Yongjian Ke,	Developing a risk assessment model for PPP projects in China — A fuzzy synthetic evaluation approach	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Leen-Seok Kang ; Hyeon-Seok Moon, Ph.D. ; Hyeon-Seung Kim ; Gwang-Yeol Choi	Development of 5D CAD system for visualizing risk degree and progress schedule for construction project	2011	Fuzzy
COMPENDEX	Leen Seok Kang.	Development of a 4D object-based system for visualizing the risk information of construction projects	2013	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Peter Chemweno, Liliane Pintelon, Adriaan Van Horenbeek, Peter	Development of a risk assessment selection methodology for asset maintenance decision making: An analytic network process (ANP)	2015	Fuzzy

	Muchiri, Arazi Idrus. Author links open the author workspace.Muhd Fadhil Nuruddin. Author links open the author workspace.M. Arif Rohman	approach Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system	2011	Fuzzy
COMPENDEX				
SCOPUS	Zhang R., Li D.	Development of risk assessment model in construction project using fuzzy expert system	2011	Fuzzy
COMPENDEX	Hemanta Doloi, Koshy Varghese, Raphael Benny	Drivers and impediments of building information modelling from a social network perspective	2015	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Farnad Nasirzadeh, Mostafa Khanzadi, Mahdi Rezaie,	Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects	2014	Fuzzy
COMPENDEX	Farnad Nasirzadeh,† Abbas Afshar,† Mostafa Khanzadi†	Dynamic risk analysis in construction projects	2008	Fuzzy
COMPENDEX	Yi Liu ; Xu Zhang ; Min Ma	EMC based risk assessment system and empirical analysis of BIPV projects	2009	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Franco Caron, Mauro Fumagalli, Alvaro Rigamonti,	Engineering and contracting projects: A value at risk based approach to portfolio balancing	2007	Fuzzy
COMPENDEX	A. Salah & O. Moselhi	Estimating post- and pre-mitigation contingency in construction	2014	Fuzzy
COMPENDEX	<i>Sh. Mirseidova, A. Inoue, L. Atymtayeva</i>	Evaluation of fair market price of resources in oil and gas industry using fuzzy sets and logics	2012	Fuzzy
SCOPUS	Maciel L., Ballini R., Gomide F.	Evolving Possibilistic Fuzzy Modeling for Realized Volatility Forecasting with Jumps	2017	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Garshasb Khazaeni, Mostafa Khanzadi, Abas Afshar,	Fuzzy adaptive decision making model for selection balanced risk allocation, International Journal of Project Management	2012	Fuzzy
COMPENDEX	Zhang, Guomin(1,2); Zou, Patrick X. W.(3)	Fuzzy analytical hierarchy process risk assessment approach for joint venture construction projects in China	2007	Fuzzy
SCOPUS	Stetco A., Zeng X.-J., Keane J.	Fuzzy cluster analysis of financial time series and their volatility assessment	2013	Fuzzy
SCOPUS	Case D.M., Stylios C.D.	Fuzzy cognitive map to model project management problems	2017	Fuzzy

COMPENDEX	Yu-jiong Gu, Kun-liang Chen, Kun Yang	Fuzzy comprehensive evaluation method based on analytic hierarchy process for falt risk analysis of power plant equipment	2008	Fuzzy
SCOPUS	Aboushady A.M., Marzouk M.M., Elbarkouky M.M.G.	Fuzzy consensus qualitative risk analysis framework for building construction projects	2013	Fuzzy
SCOPUS	Elbarkouky M.M.G., Siraj N.B., Fayek A.R.	Fuzzy Contingency DeterminatorÂ© a fuzzy arithmetic-based risk analysis tool for construction projects	2015	Fuzzy
SCOPUS	Jassbi J., Jafari H., Khanmohammadi S.	Fuzzy expert system for determining the criticality of activities in mega projects	2008	Fuzzy
SCOPUS	Sadeghi N., Fayek A.R., Pedrycz W.	Fuzzy Monte Carlo simulation and risk assessment in construction	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Mohamed Abdelgawad, Ph.D., P.Eng.; and Aminah Robinson Fayek,	Fuzzy reliability analyzer: Quantitative assessment of risk events in the construction industry using fuzzy fault-tree analysis	2011	Fuzzy
SCOPUS	Siraj N.B., Fayek A.R.	Fuzzy System Dynamics for Modeling Construction Risk Management	2016	Fuzzy
COMPENDEX	Qinghua Wang ; Xiaozhong Xiong ; Liang He	Government acquisition risk evaluation based on BP neural networks and fuzzy synthetic evaluation	2007	Fuzzy
COMPENDEX	Gholamreza Heravi, M.ASCE; and Shiva Faeghi	Group decision making for stochastic optimization of time, cost, and quality in construction projects	2014	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Kuo-Feng Chien, Zong-Han Wu, Shyh-Chang Huang,	Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study	2014	Fuzzy
COMPENDEX	Yuan Xiu-e ; Yuan Zhen-Zhen	Innovation project investment risk evaluation model	2009	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Eunchang Lee, Yongtae Park, Jong Gye Shin,	Large engineering project risk management using a Bayesian belief network	2009	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Jin, XH	Model for Efficient Risk Allocation in Privately Financed Public Infrastructure Projects Using Neuro-Fuzzy Techniques	2011	Fuzzy
SCOPUS	Lam K.C., Wang D., Lee P.T.K., Tsang Y.T.	Modelling risk allocation decision in construction contracts	2007	Fuzzy
SCOPUS	Tamosaitience J., Zavadskas E.K., Turskis Z.	Multi-criteria risk assessment of a construction project	2013	Fuzzy

COMPENDEX	Niu Dongxiao ; Ji Ling ; Ma Dong	Multi-layer fuzzy comprehensive investment risk assessment and management in power construction project	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Petr EkelEmail authorIllya KokshenevReinaldo PalharesRoberta ParreirasFernando Schuffner Neto	Multicriteria analysis based on constructing payoff matrices and applying methods of decision making in fuzzy environment	2011	Fuzzy
SCOPUS	Takács M.	Multilevel fuzzy model for risk management	2009	Fuzzy
SCOPUS	Suliman M.O., Kumar V.S.S., Abdulal W.	Optimization of uncertain construction time-cost trade off problem using simulated annealing algorithm	2011	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Aurelija Peckiene, Andzelika Komarovska, Leonas Ustinovicus,	Overview of Risk Allocation between Construction Parties	2013	Fuzzy
COMPENDEX	Meraj Rafie. Farhad Samimi Namin	Prediction of subsidence risk by FMEA using artificial neural network and fuzzy inference system	2015	Fuzzy
COMPENDEX	Alexander Maravas, Paris Pantouvakis	Project cash flow analysis in the presence of uncertainty in activity duration and cost	2012	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Abroon Qazi, John Quigley, Alex Dickson, Konstantinos Kirytopoulos,	Project Complexity and Risk Management (ProCRiM): Towards modelling project complexity driven risk paths in construction projects	2016	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Maria Creuza Borges de Araújo, Luciana Hazin Alencar, Caroline Maria de Miranda Mota,	Project procurement management: A structured literature review	2017	Fuzzy
COMPENDEX	Pejman RezakhaniWon-Suk JangSangwook LeeDong-Eun Lee	Project risk assessment model combining the fuzzy weighted average principle with a similarity measure	2014	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Bon-Gang Hwang, Xianbo Zhao, Mindy Jiang Shu Gay	Public private partnership projects in Singapore: Factors, critical risks and preferred risk allocation from the perspective of contractors.	2013	Fuzzy
SCOPUS	Sachs T., Tiong R.L.K.	Quantifying qualitative information on risks: Development of the QQIR method	2009	Fuzzy
COMPENDEX	Guan Jun ; Wang Haiyan	Quantitative risk analysis approach on construction project feasibility research	2010	Fuzzy

WEB OF SCIENCE	Eltjo R. Poort, Hans van Vliet,	RCDA: Architecting as a risk- and cost management discipline	2012	Fuzzy
COMPENDEX	Rami Afif As'ad, Mahmoud Awad,	Reliability centered maintenance actions prioritization using fuzzy inference systems	2016	Fuzzy
SCOPUS	Zhou Z., Cui X.-Y., Wang J.-T.	Research on highway alignment decision-making based on complex system risk analysis	2012	Fuzzy
SCOPUS	Liu G., Zhang J., Lei Y., Zhang X.	Research on the risk evaluation of construction project based on fuzzy and grey correlation analysis model	2014	Fuzzy
COMPENDEX	Chen, Jian(1); You, Wei(1); Chen, Wei-Geng(1)	Risk analyses on beijing-tianjin high-speed railway project	2007	Fuzzy
SCOPUS	Xiang Y., Liu C., Zhang K., Wu Q.	risk analysis and management of submerged floating tunnel and its application	2010	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Yiqiang Xiang, Chengxi Liu, Keqian Zhang, Qiangqiang Wu,	Risk analysis and management of submerged floating tunnel and its application	2010	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Agnieszka Dziadosz, Mariusz Rejment	Risk Analysis in Construction Project - Chosen Methods	2015	Fuzzy
SCOPUS	Ye X.,	Risk analysis in the process of real estate enterprise project investment	2011	Fuzzy
COMPENDEX	Boscoianu Mircea, Prelipcean Gabriela	Risk assessment in public private partnerships (PPP) for Infrastructure in the recovery after the global crisis	2010	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	AmirReza KarimiAzari, Neda Mousavi, S. Farid Mousavi, SeyedBagher Hosseini,	Risk assessment model selection in construction industry	2011	Fuzzy
SCOPUS	Ardeshir A., Amiri M., Ghasemi Y., Errington M.	Risk assessment of construction projects for water conveyance tunnels using fuzzy fault tree analysis	2014	Fuzzy
SCOPUS	Prakash A.A., Manikanta D.K.N., Prabhu S.M.	Risk assessment of residential buildings in indian construction industry by application of fuzzy	2017	Fuzzy
COMPENDEX	Seyed Hossein Iranmanesh ; Seyed Behrouz Khodadadi ; Shakib Taheri	Risk assessment of software projects using fuzzy inference system	2009	Fuzzy

SCOPUS	Liu Y., Zhang M., Yuan Y.	Risk correlation analysis based on information management	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Hui-yun Yang ; Wen-bin Lv ; Hong-ling Xu	Risk evaluation of EPC project based on ANP Fuzzy Comprehensive Evaluation	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Han Tong-yin, Han Wei, Shan Ying- hua	Risk evaluation of Public-Private Partnership projects of urban rail transit based on fuzzy comprehensive evaluation method	2011	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Sadoullah Ebrahimnejad, Seyed Meysam Mousavi, Hamed Seyrafianpour,	Risk identification and assessment for build–operate–transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model	2010	Fuzzy
SCOPUS	Li H.X., Al-Hussein M., Lei Z., Ajweh Z.	Risk identification and assessment of modular construction utilizing fuzzy analytic hierarchy process (AHP) and simulation	2013	Fuzzy
SCOPUS	Liang X.F., Liu Y.X., Xu Y.	Risk identification in bridge construction stage based on fuzzy hierarchy analysis	2013	Fuzzy
COMPENDEX	Mohamed Abdelgawad1 and Aminah Robinson Fayek	Risk management in the construction industry using combined fuzzy FMEA and fuzzy AHP	2010	Fuzzy
SCOPUS	Mostafavi A., Abraham D., Noureldin S., Pankow G., Novak J., Walker R., Hall K., George B.	Risk-based protocol for inspection of transportation construction projects undertaken by state departments of transportation	2013	Fuzzy
SCOPUS	Hai H.,	Risks assessment for land consolidation projects based on compensative fuzzy neural network	2010	Fuzzy
SCOPUS	Moselhi O., Alshibani A.	Schedule compression using Fuzzy Set Theory and contractors judgment	2013	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Yao Zhang,	Selecting risk response strategies considering project risk interdependence	2016	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Mirahadi, F; Zayed, T	Simulation-based construction productivity forecast using Neural- Network-Driven Fuzzy Reasoning	2016	Fuzzy
COMPENDEX	Zhang-lin Guo ; Song-yan Wu ; Xiu-ling Wang	Study of fuzzy theory in EPC general contractor risk assessment	2009	Fuzzy
COMPENDEX	La Shu ; Jianping Li ; Min Qiu	Study on applying fault tree analysis based on fuzzy reasoning in risk analysis of construction quality	2008	Fuzzy

SCOPUS	Liu Y., Zhong S., Zhang H., Yang R., Zheng L.	Study on integrated risk analysis method and system development with GIS platform	2013	Fuzzy
SCOPUS	Tian J., Sun D., Lin Y.	Study on the risk management of Pumped Storage Power Station Construction	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Liu Bochao	Supply chain risk assessment based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Min-Yuan Cheng.	Supporting international entry decisions for construction firms using fuzzy preference relations and cumulative prospect theory	2011	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Xin Hu, Bo Xia, Martin Skitmore, Qing Chen,	The application of case-based reasoning in construction management research: An overview	2016	Fuzzy
SCOPUS	Xia L., Zhao C.	The application of PCA - Fuzzy probability analysis on risk evaluation of construction schedule of highway	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Ji Hyun JungDae Young KimHak Ki Lee	The computer-based contingency estimation through analysis cost overrun risk of public construction project	2016	Fuzzy
SCOPUS	Zehong L., Weibo L.	The contract risk recognition of construction project based on rough set theory and fuzzy support vector machine	2008	Fuzzy
SCOPUS	Wang A.,	The research of fuzzy cluster analysis of agent construction project based on rough set	2011	Fuzzy
SCOPUS	Gao Y.-L., Jiang L.	The risk allocation method based on fuzzy integrated evaluation of construction projects	2008	Fuzzy
SCOPUS	Jin L., Hao S., Xie H., Xue X.	The risk evaluation of the engineering change based on the set pair analysis technology	2014	Fuzzy
SCOPUS	Xie C., Jia X., Dong D.	The study of power engineering project risk management	2011	Fuzzy
COMPENDEX	Bi, Xing(1); Tan, Hai-Tao(1)	The study on risk assessment of EPC contractor based on fuzzy analytic hierarchy process	2010	Fuzzy
COMPENDEX	Cao, Qingkui(1); Liu, Hao(1)	The study on the evaluation method of financial risk based on fuzzy set of evaluation index	2009	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Jeffrey K. Pinto, Graham Winch,	The unsettling of “settled science:” The past and future of the management of projects	2016	Fuzzy

WEB OF SCIENCE	Tamas Toth, Zoltan Sebestyen,	Time-varying Risks of Construction Projects	2015	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Abdulmaten Taroun,	Towards a better modelling and assessment of construction risk: Insights from a literature review	2014	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Hemanta Kumar Doloi,	Understanding stakeholders' perspective of cost estimation in project management	2011	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Yao-Chen Kuo, Shih-Tong Lu	Using fuzzy multiple criteria decision making approach to enhance risk assessment for metropolitan construction projects	2013	Fuzzy
WEB OF SCIENCE	Irem Dikmen, M. Talat Birgonul, Sedat Han,	Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects	2007	Fuzzy

Tabela A.1. Artigos gratuitos resultados do MSL