



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: ESTRUTURAS E**  
**CONSTRUÇÃO CIVIL**

**LÁRDNER GADELHA CHAVES**

**MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE**  
**RISCO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM EDIFICAÇÕES**

**FORTALEZA**

**2020**

LÁRDNER GADELHA CHAVES

MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO  
NA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM EDIFICAÇÕES

Dissertação de Mestrado apresentada a Coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Ribeiro Campos.

FORTALEZA

2020

LÁRDNER GADELHA CHAVES

MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE RISCO  
NA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM EDIFICAÇÕES

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Vanessa Ribeiro Campos (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Patrícia Stella Pucharelli Fontanini  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

À minha família, em especial à minha mãe e ao meu irmão, minha fonte de força e com quem eu divido o meu sucesso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida. Obrigado Senhor por sempre me conceder força e sabedoria para superar os desafios, além de guiar minhas decisões e sonhos. Sou grato por tudo que tem proporcionado e planejado para mim.

Agradeço a minha mãe e meu irmão. Obrigado mãe por toda sua força, garra e determinação para proporcionar tudo de que necessitamos. Sou grato por ser seu filho e te admiro imensamente. A senhora sempre foi o nosso parâmetro de bons exemplos. Obrigado Lamarc por ser esse irmão tão querido e que sempre me apoia. Vocês dois são tudo que tenho de mais precioso.

A todos os meus amigos que sempre estão comigo nos momentos de alegria e tristeza. Vocês são parte fundamental para construção da pessoa que me tornei.

Agradeço ao corpo docente do PEC. A todos os professores, que tive oportunidade de conhecer e com eles adquirir conhecimento durante o período do mestrado.

A todos os colegas de curso com quem convivi e dividi momentos. Em especial, agradeço ao Felipe Moreira, pessoa que me ajudou diretamente no desenvolvimento deste trabalho.

A minha orientadora, Profa. Vanessa Campos, e à banca examinadora, por todas as sugestões e direcionamentos. Os comentários de vocês são essenciais.

Ao Prof. Barros Neto, pelo auxílio na fase de coleta de dados.

Aos senhores engenheiros Daniel Queiroz, Carlos Henrique Coelho, Roberto Dudma, Márcio Frota e Lupércio Gurjão, pela disponibilidade e boa vontade.

*“Existe o risco que você não pode jamais correr,  
e existe o risco que você não pode deixar de  
correr”*

*(Peter Drucker)*

## RESUMO

O estudo da cadeia de suprimentos da construção civil é uma atividade de fundamental relevância. Sabe-se que essa cadeia apresenta uma série de riscos que causam impactos em todo o setor. Para que o gerenciamento da cadeia de suprimentos seja conduzido de maneira eficiente, deve-se considerar as etapas de identificação e avaliação dos riscos. Uma forma de realizar essas atividades é por meio de Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA). Esta pesquisa tem como objetivo propor um modelo de apoio à decisão multicritério utilizando o método *Fuzzy* TOPSIS para a avaliação dos riscos na cadeia de suprimentos de edificações em Fortaleza/CE. A metodologia apresenta o levantamento e avaliação das incertezas a partir da pesquisa bibliográfica e da opinião de decisores, fornecendo um modelo capaz de hierarquizar os riscos considerando fatores como o impacto nas áreas da cadeia (compras, logística interna, gestão de estoque, execução do projeto), probabilidade de ocorrência e facilidade de detecção das incertezas. Assim, este trabalho contribui efetivamente na compreensão de problemas reais e complexos da indústria da construção, mostrando um resultado preciso e objetivo.

**Palavras chaves:** Incertezas, *Fuzzy* TOPSIS, Modelagem, cadeia de suprimentos da construção.

## ABSTRACT

The study of the civil construction supply chain is an activity of fundamental importance. It is known that this chain presents a series of risks that impact the entire sector. For the management of the supply chain to be conducted efficiently, the stages of risk identification and assessment are considered. One way to carry out these activities is through Multiple Criteria Decision Aiding (MCDA). This research aims to propose a model to support multicriteria decision using the Fuzzy TOPSIS method to assess risks in the building supply chain in Fortaleza / CE. The methodology presents the survey and evaluation of uncertainties through bibliographic research and the opinion of decision makers, providing a model capable of hierarchizing the risks considering the impact in the areas of the chain (purchasing, internal logistics, inventory management, project execution), as well as the probability of occurrence and ease of detecting uncertainties. Thus, this work contributes effectively because it allows to understand real and complex problems faced in the construction industry, showing an accurate and objective result.

**Keywords:** Uncertainties, *Fuzzy* TOPSIS, Modeling, Civil construction supply chain.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Áreas da logística integrada .....	19
Figura 2 - Sistemas de demanda e suprimento na construção .....	22
Figura 3 – Estrutura geral da Cadeia de Suprimentos na Construção Civil. ....	23
Figura 4 – Etapas do modelo de avaliação de risco.....	34
Figura 5 – Etapas do <i>Fuzzy</i> TOPSIS de acordo com Chen (2000) e Chen et al. (2006). ....	39
Figura 6 – Critérios e alternativas do modelo de decisão.....	40
Figura 7 – Análise de sensibilidade – Instalação de combate a incêndio.....	50
Figura 8 – Análise de sensibilidade – Instalação elétrica.....	51
Figura 9 – Análise de sensibilidade – Instalação hidrossanitária .....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição de rede de suprimentos, cadeia produtiva, cadeia de valor e sistema de valor.....	18
Quadro 2 – Abordagens na literatura sobre riscos na construção civil. ....	26
Quadro 3 - Classificação dos modelos segundo Gomes, L. e Gomes, C. (2014).....	33
Quadro 4 – Estudos considerados para o levantamento das incertezas.....	35
Quadro 5 – Lista de incertezas e causas após consolidação e validação.....	37
Quadro 6 – Decisores do modelo de avaliação de risco.....	40
Quadro 7 - Variáveis linguísticas e números Fuzzy referentes aos pesos de importância.....	41
Quadro 8 - Variáveis linguísticas e números Fuzzy referentes aos pesos de classificação.....	41
Quadro 9 – Valores agregados obtidos para os pesos de importância ( $W$ ).....	42
Quadro 10 – Definição dos critérios de custo e benefício.....	43
Quadro 11 – Matriz $\nu$ - Instalações de combate a incêndio.....	43
Quadro 12 – Matriz $\nu$ - Instalações elétricas.....	44
Quadro 13 – Matriz $\nu$ - Instalações hidrossanitárias.....	44
Quadro 14 – Determinação das variáveis $A^*$ e $A^-$ .....	45
Quadro 15 – Determinação do CC e ranking das alternativas.....	45
Quadro 16 – Cenários da análise de sensibilidade do modelo.....	46
Quadro 17 – Resultado da hierarquização dos riscos.....	48

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Justificativa de pesquisa .....	14
1.2 Objetivos de pesquisa .....	15
1.3 Estrutura da dissertação .....	16
2 CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	17
2.1 A Cadeia de Suprimentos na Construção Civil (CSCC) .....	19
2.1.1 <i>O ambiente da construção e a complexidade de sua cadeia</i> .....	21
3 GERENCIAMENTO DE RISCO.....	24
3.1 Riscos na construção civil .....	25
3.2 Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA).....	27
3.2.1 <i>Fuzzy TOPSIS</i> .....	29
4 METODOLOGIA.....	33
4.1 Coleta de dados.....	34
4.2 Tratamento das incertezas .....	35
4.3 Definição das causas.....	36
4.4 Aplicação do método Fuzzy TOPSIS .....	38
4.4.1 <i>Definir decisores, alternativas e critérios</i> .....	39
4.4.2 <i>Definir variáveis linguísticas</i> .....	40
4.4.3 <i>Matriz Fuzzy dos pesos agregados de classificação e de importância</i> .....	41
4.4.4 <i>Construção da matriz Fuzzy Normalizada</i> .....	42
4.4.5 <i>Determinação do <math>A^*</math> e <math>A^-</math></i> .....	44
4.4.6 <i>Calculo do CC e determinação da ordem das alternativas</i> .....	45
4.5 Análise de sensibilidade .....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
5.1 Resultados da análise de sensibilidade .....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53

6.1 Sugestões para trabalhos futuros .....	54
REFERÊNCIAS .....	55
APÊNDICE A – RISCOS RELACIONADOS ÀS CADEIAS DE SUPRIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. ....	64
APÊNDICE B – MODELO DE QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS .....	70
APÊNDICE C – SIGNIFICADO DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS .....	71
APÊNDICE D – AGREGAÇÃO DOS PESOS DE IMPORTANCIA (PI) .....	72
APÊNDICE E – CÁLCULO DA MATRIZ $v$ : INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO .....	73
APÊNDICE F – CÁLCULO DA MATRIZ $v$ : INSTALAÇÕES ELÉTRICA .....	78
APÊNDICE G – CÁLCULO DA MATRIZ $v$ : INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS ...	84
APÊNDICE H – MATRIZ $D$ : INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO.....	90
APÊNDICE I – MATRIZ $D$ : INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	91
APÊNDICE J – MATRIZ $D$ : INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS .....	92
APÊNDICE K – CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE $v_{ij}$ E $v_j$ * .....	93
APÊNDICE L – CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE $v_{ij}$ E $v_j$ – .....	95
APÊNDICE M – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO.....	97
APÊNDICE N – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INSTALAÇÕES ELÉTRICA .....	98
APÊNDICE O – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIA .....	99

## 1 INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimentos engloba o conjunto de atividades que acontecem repetidamente durante o processo de transformação da matéria-prima (BALLOU, 2006). Estão incluídas na cadeia as atividades de gerenciamento, planejamento, coordenação e controle de movimento dos materiais, peças e produtos, a gestão de estoques de peças adquiridas, o armazenamento apropriado e econômico de materiais, além do transporte de mercadorias para o cliente final (KHAN; CHAABANE; DWEIRI, 2018).

Quando se considera a Cadeia de Suprimentos na Construção Civil (CSCC), destaca-se a necessidade de uma análise criteriosa. Primeiramente, observa-se que as atividades dessa cadeia estão presentes desde as etapas iniciais de um projeto de construção até as etapas mais posteriores como, por exemplo, aquelas observadas no armazenamento e na logística de materiais dentro do próprio canteiro. Além disso, essa cadeia assume uma configuração complexa nesse tipo de indústria. Isso ocorre principalmente pelo fato de que a mesma é influenciada por características específicas do ambiente da construção, tais como o caráter fragmentado, o tamanho longo de ciclo de produção, o elevado valor de investimentos, a grande quantidade de *stakeholders*, a alta complexidade e a elevada quantidade de incertezas, as características específicas de relacionamento com fornecedores, o caráter de configuração temporária, a resistência à mudanças e a dificuldade entre a ponderação dos riscos e benefícios (LIU; GUO, 2009; ALOINI *et al.*, 2012).

Devido a esses fatores, a CSCC está sujeita a uma série de incertezas. Quando se consideram essas incertezas sobre os objetivos de um projeto, tem-se a definição de riscos (ABNT, 2009). Nesse cenário, o gerenciamento de risco atua como uma ferramenta de auxílio na melhoria dos projetos e no uso eficaz dos recursos (BANAITIENE; BANAITIS, 2012), realizando os processos formais de identificação, classificação, avaliação e resposta sistemática das incertezas, ao longo do ciclo de vida de um projeto, a fim de se obter o grau ótimo de eliminação, mitigação e controle desses fenômenos (WANG; DULAIMI; AGURIA, 2004).

A partir da metade do Século XX, algumas empresas iniciaram suas atividades com o gerenciamento de risco através da gestão de seguros, expandindo posteriormente para questões financeiras, de segurança, relações públicas e, por fim, com relação à cadeia de suprimentos (NORRMAN; LINDROTH, 2004).

Apesar da considerável importância em todas as áreas da construção civil, considera-se, em especial, o gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos como uma atividade que merece bastante atenção e demanda uma análise cuidadosa. Isso ocorre devido ao

fato de que essa análise tem impacto direto nas atividades de gerenciamento das obras que, por sua vez, é uma das principais atividades do ambiente da construção. Alguns autores defendem a ideia de que o gerenciamento nesse tipo de cadeia deve ser contínuo e integrado durante todas as etapas de uma edificação (MONETTI; ALFREDO; ROCHA, 2005).

Dentre as técnicas que podem ser utilizadas nas etapas de um gerenciamento de riscos, pode-se destacar o uso de Métodos de Apoio à Decisão Multicritério – *Multiple Criteria Decision Aiding* (MCDA). De acordo com Mardani *et al.* (2015), esses métodos são utilizados para selecionar, classificar e/ou categorizar um conjunto de alternativas de acordo com uma ordem de preferência subjetiva. Na literatura, identifica-se uma variedade de aplicações para esse cenário.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo propor um modelo de apoio à decisão multicritério baseado na aplicação do método *Fuzzy* TOPSIS para a avaliação dos riscos identificados em cadeias de suprimentos em edificações na cidade de Fortaleza/CE. Com isso, a partir de atividades de identificação e análise de riscos, tem-se uma ferramenta capaz de fornecer embasamento de respostas para esses fenômenos.

### **1.1 Justificativa de pesquisa**

O gerenciamento de risco tem ganhado importância nas últimas décadas. Tah e Carr (2001) salientam que a formalização desse processo auxilia tanto em termos de economia de custo e tempo, quanto na reputação das organizações e da indústria como um todo. De acordo com Mills (2001), a construção civil é reconhecida por não conseguir gerenciar seus riscos, resultando em projetos que não cumprem seus objetivos.

Os estudos que abordam riscos na cadeia de suprimentos da construção se apresentam de variadas maneiras. Observam-se desde abordagens relacionadas ao relacionamento com fornecedores até o desenvolvimento de modelos para aplicação no gerenciamento desses riscos. Porém, ainda se observa a necessidade de esforços voltados a esse tipo de atividade. Essa realidade se agrava ainda mais quando se observa o cenário nacional, onde não são encontrados muitos estudos com a essa finalidade.

Além disso, pesquisas nessa área podem ser justificadas através das seguintes conclusões (ALOINI *et al.*, 2012):

- a) As empresas ainda não realizam o tratamento de risco de forma adequada, sendo necessária então a condução de estudos, bem como a aplicação de práticas para o

tratamento e monitoramento desses riscos tanto na área acadêmica quanto no meio empresarial;

- b) Alguns estudos abordam apenas as causas de uma gestão ineficaz sem a proposição de melhores práticas, bem como a sugestão de estratégias para o monitoramento dos riscos;
- c) As etapas de tratamento e monitoramento dos riscos são as que mais carecem de estudos. Dessa forma, tem-se a necessidade de pesquisas que relacionam os riscos e seus efeitos dentro do contexto da cadeia de suprimentos, bem como a análise e classificação desses riscos a fim de se identificar ações para seus tratamentos.

Portanto, é necessário a aplicação de técnicas eficazes para a condução desse gerenciamento. Os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério se encaixam nesse cenário pelo fato de serem metodologias que auxiliam a avaliação desses riscos no apoio às decisões por meio da recomendação de ações ou cursos de ações em problemas complexos que envolvem conflitos tangíveis e intangíveis (GOMES, L.; GOMES, C., 2014). Pode-se salientar a utilização desses métodos nesse ambiente, uma vez que as decisões envolvidas na cadeia de suprimentos estão geralmente sob uma perspectiva de conflito em que se deseja cada vez mais aumentar a margem de lucro da empresa e a responsividade do cliente, enquanto se diminui a probabilidade de ocorrência dos riscos envolvidos (KHAN; CHAABANE; DWEIRI, 2018).

## **1.2 Objetivos de pesquisa**

A presente pesquisa tem como objetivo geral propor um modelo de apoio à decisão *Fuzzy* TOPSIS para a avaliação dos riscos identificados em cadeias de suprimentos nas edificações da cidade de Fortaleza/CE. Para que esse objetivo geral seja alcançado, torna-se necessário o estabelecimento de alguns objetivos específicos, tais como:

- a) Identificar as incertezas e suas possíveis causas na cadeia de suprimentos em edificações;
- b) Desenvolver uma matriz de incertezas com base em critérios e alternativas;
- c) Definir a hierarquia dos riscos para materiais específicos da cadeia;
- d) Realizar a análise de sensibilidade do modelo desenvolvido.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Além deste primeiro capítulo de introdução, com uma breve descrição do tema, a justificativa e os objetivos desta pesquisa, a estrutura deste trabalho está dividida em outros cinco capítulos. No segundo capítulo são caracterizadas algumas definições acerca da cadeia de suprimentos e suas especificidades no ambiente da construção civil. Em seguida, contempla-se um estudo sobre o gerenciamento de risco, contextualizando principalmente esse conhecimento na indústria da construção. Nesse capítulo, também se apresenta o conhecimento acerca dos Métodos de Apoio à Decisão Multicritério, em especial o método Fuzzy TOPSIS. Adiante, no capítulo 4, tem-se uma descrição da metodologia utilizada na obtenção dos dados e a utilização do Fuzzy TOPSIS para a avaliação das incertezas identificadas na metodologia dessa pesquisa. No capítulo 5, tem-se a exposição dos resultados e discussões, onde se discorre acerca do produto obtido para a avaliação dos riscos com o uso do método além da verificação da estabilidade das alternativas do modelo por meio da análise de sensibilidade. Por fim, apresentam-se as considerações finais, as conclusões obtidas nesta pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.



## 2 CADEIA DE SUPRIMENTOS

Encontram-se na literatura diversas definições para o conceito de cadeia de suprimentos. Segundo o *Council for Supply Chain Management Professionals* (CSCMP), define-se a cadeia de suprimentos como sendo o conjunto de atividades necessárias para a transformação da matéria-prima em produto final (ZIJM *et al.*, 2019). De acordo com Bowersox e Closs (2007), essa cadeia é caracterizada por uma estrutura que leva produtos, informação e serviço, de maneira eficiente, aos consumidores. Para Isatto (2005), essa definição inclui a característica de ser um sistema com múltiplas empresas ligadas através de relações econômicas definidas.

Outra forma de caracterizar o conceito de cadeia de suprimentos é através da definição das atividades que são realizadas em sua estrutura. Nesse sentido, Khan, Chaabane e Dweiri (2018) destacam as atividades de planejamento, gerenciamento, coordenação e controle do movimento de materiais, peças e produtos de fornecedores, a gestão de estoques de peças adquiridas e de peças obtidas pela produção, o armazenamento apropriado e econômico de produtos e, finalmente, o transporte para o cliente. Para Chopra e Meindl (2011), podem-se incluir também as atividades de desenvolvimento de produto, marketing, operação, distribuição, finanças e serviço ao cliente.

O objetivo principal de uma cadeia de suprimentos é o de garantir a disponibilidade, em tempo hábil, das quantidades corretas de materiais para o seu processamento nos locais de destino (ZIJM *et al.*, 2019). Assim, para que as atividades dessa cadeia ocorram, torna-se necessário a existência de uma rede de organizações ligadas de maneira eficiente, possuindo um objetivo comum voltado ao fluxo de materiais e informações (CHRISTOPHER, 2012).

Devido ao caráter abrangente e multidisciplinar, o conceito de cadeia de suprimentos pode ser aplicado a diferentes tipos de perspectivas e abordagens. Para a transformação de um determinado bem, observa-se a atuação de diversos tipos dessas cadeias. Contudo, ainda que se tenha uma compreensão detalhada a respeito desse conceito, há na literatura algumas definições com características similares, que podem gerar dúvidas de interpretações. Com o intuito de esclarecer as diferenças existentes, destaca-se a importância para a diferenciação da cadeia de suprimentos frente a conceitos como rede de suprimentos, cadeia produtiva, cadeia de valor e sistema de valor (QUADRO 1).

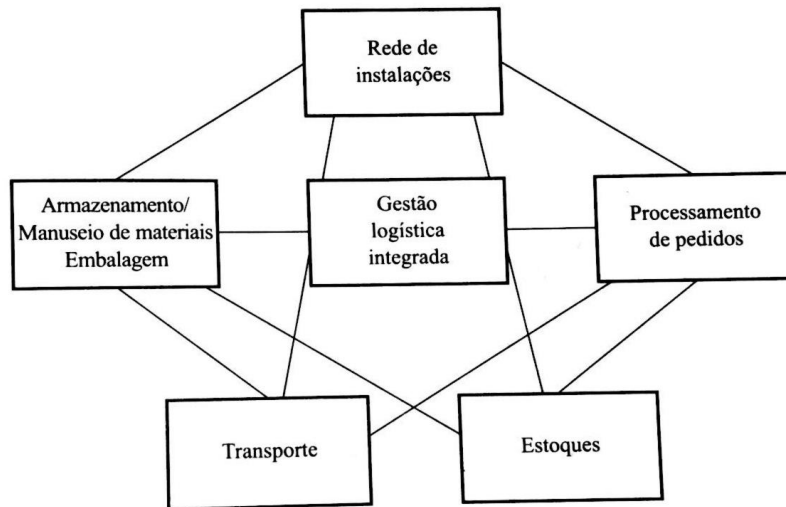
Quadro 1 - Definição de rede de suprimentos, cadeia produtiva, cadeia de valor e sistema de valor

Conceito	Definição
Rede de suprimentos	Quando as cadeias de suprimentos com diferentes configurações interagem entre si de modo a obter sinergia para as operações de suas unidades, constitui-se então o que se convencionou chamar de uma rede de suprimentos (HARLAND; BRENCHLEY; WALKER, 2003).
Cadeia Produtiva	Segundo Isatto (2005), apesar de possuir como elemento fundamental as empresas, a cadeia produtiva concentra uma atenção maior nas relações entre os setores econômicos que definem etapas de transformação, e não nas relações econômicas entre empresas individualmente consideradas. Além disso, ainda segundo esse autor, a cadeia produtiva possui o papel de propor políticas industriais para os setores, contrapondo-se à cadeia de suprimentos que possui um foco mais orientado aos processos de negócios da própria empresa.
Cadeia de valor	Christopher (2012) define cadeia de valor como sendo o conjunto de estratégias que fornecem valor para um determinado produto a partir das perspectivas do cliente. Partindo desse pressuposto, a principal diferença entre a cadeia de suprimentos e a cadeia de valor é que aquela compreende as atividades de fornecimento de matéria-prima e sua transformação até a chegada no cliente final, enquanto que esta percorre o caminho oposto, partindo do entendimento das necessidades desse cliente a fim de fornecer um produto que possa atendê-lo. O pensamento por trás desse conceito diz respeito ao fato de que as organizações devem buscar em suas atividades uma vantagem competitiva, sendo a forma como elas organizam essas atividades uma das maneiras de se obter esse objetivo.
Sistema de valor.	Porter (1985) caracteriza sistema de valor como sendo a relação entre as cadeias de valor da empresa e de seus fornecedores. Essa visão estabelece a característica de sequência, em que a empresa se relaciona com os fornecedores e compradores, sem que estes se relacionem entre si.

Fonte: elaborado pelo autor.

Além dos conceitos anteriormente mencionados, ao se tratar da cadeia de suprimentos, torna-se necessário compreender a definição do termo Logística. Christopher (2012) difere esses dois conceitos através de uma definição simples. Para esse autor, a logística é dada como sendo uma orientação para o fluxo de produtos e informações de um determinado negócio. Por outro lado, a cadeia de suprimentos se baseia nesse contexto, concentrando-se mais especificamente na coordenação de relações com outras entidades, ou seja, fornecedores, clientes e a organização em si. Para que essa cadeia obtenha o aproveitamento máximo da logística, ressalta-se a importância de que todas as suas áreas funcionais estejam bem integradas (FIGURA 1).

Figura 1 – Áreas da logística integrada



Fonte: Bowersox e Closs (2007, p. 29).

Bowersox e Closs (2007) apresentam algumas dessas áreas funcionais e suas relações no ambiente empresarial. Através das considerações desses autores, percebe-se que as áreas da gestão logística integrada se relacionam entre si, além de poderem ser organizadas de acordo com uma variedade de arranjos. Cada área em questão possui a sua importância e funcionalidade, estando sujeitas a diferentes problemáticas. Podem-se citar como exemplos: o processamento de pedidos, voltando os esforços para uma preocupação com o fluxo de informações; os estoques e a sua capacidade em obter um nível otimizado de serviço; o transporte, preocupando-se com a escolha dos melhores meios e percursos a serem realizados; o armazenamento, com uma atenção maior ao manuseio e estado de conservação do material; por fim, a rede de instalações, relacionando-se com a quantidade e localização das instalações necessárias ao atendimento de todo o trabalho logístico.

## 2.1 A Cadeia de Suprimentos na Construção Civil (CSCC)

A cadeia de suprimentos tem sido uma área que desempenha papel fundamental devido a sua grande importância dentro do setor da construção civil. Estudos que possuem como foco a gestão da CSCC se iniciaram a partir da década de 1990, destacando-se os principais objetivos o entendimento e caracterização das deficiências desse sistema, bem como a proposição de soluções para seus problemas (LIU; GUO, 2009).

Quando se consideram as diferentes abordagens para os estudos nessa área, destacam-se alguns trabalhos que possuem como alvo o reconhecimento do papel do cliente

nesse processo. Briscoe et al. (2004) e London e Kenley (2000) afirmam em seus estudos que o cliente é visto como um agente de destaque, salientando a ideia de ser ele o elemento de maior importância e um dos responsáveis por proporcionar a integração de toda a cadeia. Complementando esse pensamento, Vrijhoef e De Ridder (2005) dissertaram acerca de estratégias para a integração de clientes e fornecedores a fim de se obter uma cadeia mais eficiente.

No que diz respeito às atividades que envolvem o fluxo e armazenamento de materiais, ressalta-se a existência de trabalhos que buscam a redução de custos e a melhoria das atividades de estocagem. Liu e Lu (2018) desenvolveram um modelo para otimizar projetos de pré-fabricados a fim de melhorar a distribuição de materiais e minimizar o custo da mão de obra devido aos atrasos nas entregas e despesas com estoques. Jaśkowski, Sobotka e Czarnigowska (2018) propuseram um modelo que auxilia a tomada de decisão com o intuito de minimizar os custos de estoque devido ao consumo irregular de materiais. Moon *et al.* (2017) tiveram como foco o uso de *Radio-Frequency Identification* (RFID), permitindo assim a criação de um sistema que rastreia materiais e facilita a gestão dos estoques em grandes projetos. Ju, Ding e Skibniewski (2017) apresentaram uma estratégia para reduzir conflitos e eliminar riscos de atraso de materiais, de forma onde são alocadas as responsabilidades desses atrasos. Xie e Palani (2018) apresentaram as principais causas que levam ao excesso de estoque e seu impacto no custo em empresas da construção civil.

No tocante às abordagens que tratam das relações entre contratados e fornecedores, encontram-se estudos com o intuito de avaliar os fornecedores e proporcionar melhorias nas relações entre esses agentes e seus contratantes. Briscoe, Dainty e Millett (2001) analisaram as principais habilidades necessárias para a realização de parcerias efetivas no contexto da indústria da construção no Reino Unido. Broft e Pryke (2016) discorrem sobre as principais barreiras e oportunidades para a implementação da gestão da cadeia de suprimentos com foco nas relações entre contratados, destacando assim alguns pontos falhos nesse processo, tais como: incapacidade de gestão, problemas no gerenciamento de custos e carência de iniciativas para melhoria contínua das cadeias de suprimento. Dubois e Gadde (2002) sugeriram a utilização de contratos que proporcionassem uma maior colaboração entre as partes. Zhou, Peng e Chen (2013) analisaram os problemas mais recorrentes nesse cenário, destacando alguns dos principais, como a seleção inadequada de fornecedores, problemas de compartilhamento de informações, baixo grau de confiança, conflito de interesses e risco excessivo. Mbachu (2008) desenvolveu um framework capaz de verificar a elegibilidade e a performance de

subcontratados, chegando à conclusão de que preço e qualidade são os fatores mais relevantes nessa análise.

Além das áreas mencionadas, observa-se na literatura estudos que buscam contribuir positivamente na performance da cadeia de suprimentos na construção através de ferramentas, como *Building Information Modeling* (BIM) (PAPADONIKOLAKI; VRIJHOEF; WAMELINK, 2016), *e-marketplace* (ALARCÓN; MATURANA; SCHONHERR, 2009), *Geographic Information System* (GIS) (IRIZARRY; KARAN; JALAEI, 2013) e *Lean Thinking* (FEARNE; FOWLER, 2006).

### 2.1.1 O ambiente da construção e a complexidade de sua cadeia

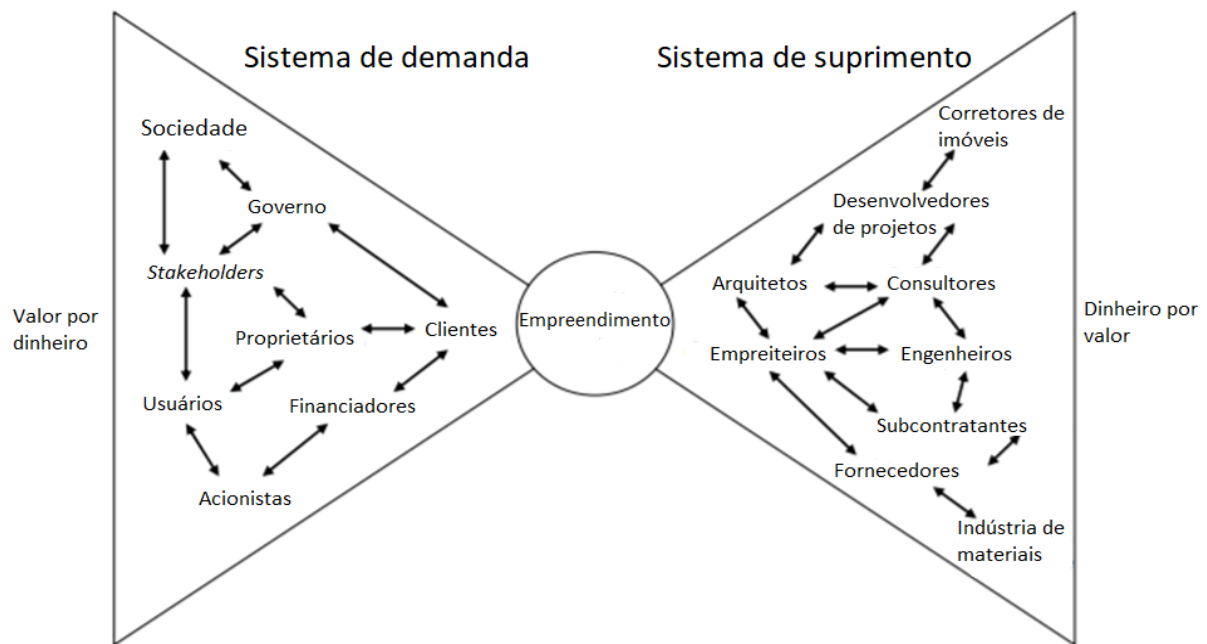
De acordo com Luo *et al.* (2019), a CSCC se caracteriza como um sistema que possui diversas organizações relacionando-se através de trocas de informação, material, serviço, produto e recurso financeiro. Para Xue *et al.* (2007) essa cadeia é formada pelo conjunto de processos de negócio que incluem desde as demandas do cliente, projeto e construção até a manutenção, substituição e eventual desmobilização de um empreendimento. Observa-se nesse sistema, além da presença de uma grande quantidade de empresas, um elevado número de *stakeholders* (tais como clientes, projetistas, fornecedores, consultores, engenheiros, arquitetos, entre outros) que se conectam através da formação de uma variedade de canais (KUMAR; VISWANADHAM, 2007; XUE *et al.*, 2007).

Quando as atividades da cadeia de suprimentos são analisadas no contexto da construção, tem-se a necessidade de uma atenção mais cuidadosa. Isso ocorre principalmente devido ao fato de que, para esse ambiente, essa cadeia possui singularidades que a tornam mais complexa. Algumas dessas singularidades são apontadas por Liu e Guo (2009), como sendo: o longo ciclo de produção dos produtos, o grande custo de investimento, o elevado número de participantes, o tamanho longo da cadeia e a dificuldade entre ponderação dos riscos e benefícios enfrentados por empresas desse meio.

Além dessas singularidades, pode-se dizer que a complexidade desse sistema é influenciada também por algumas particularidades do próprio setor (ALOINI *et al.*, 2012). Esse cenário é caracterizado por Kumaraswamy *et al.* (2005), que afirma que os empreendimentos da construção são organizações temporárias, de curta duração e com múltiplos agentes. De acordo com Xue *et al.* (2007), observa-se na construção civil uma alta fragmentação, baixa produtividade, custos e tempos excessivos, além de um maior número de conflitos e disputas,

em comparação com a indústria manufatureira. De maneira simples, a Figura 2 apresenta os sistemas constituintes desse tipo de cadeia, que podem ser observados por meio de uma representação gráfica, onde se observa a atuação de seus *stakeholders* se relacionado através de configurações diferentes.

Figura 2 - Sistemas de demanda e suprimento na construção



Fonte: adaptado De Ridder e Vrijhoef (2004)

A análise da Figura 2 permite inferir algumas considerações. Primeiramente, tem-se o fato de que, para o sistema de demanda, os diferentes *stakeholders* atuam com a finalidade de obter valor que, por sua vez, é oferecido no sistema de suprimento. Estão incluídos no sistema de demanda os clientes e proprietários do empreendimento, sendo estes os responsáveis pela contratação direta dos serviços. De maneira análoga, o sistema de suprimento mostra a existência de uma gama de profissionais que objetivam a obtenção de recurso financeiro. Nesse cenário, destacam-se os profissionais envolvidos nas etapas de projeto e execução, tais como os engenheiros, arquitetos, desenvolvedores de projetos, entre outros. Vale ressaltar que a orientação de ambos os sistemas converge para um ponto comum e central: o empreendimento.

Ao se analisarem as conexões desses diversos *stakeholders* de maneira mais detalhada, pode-se obter uma noção ainda melhor do quão complexa elas podem se apresentar (FIGURA 3).



### 3 GERENCIAMENTO DE RISCO

O sucesso dos projetos está diretamente ligado à capacidade de lidar com suas incertezas. Define-se incerteza como sendo o estado parcial ou total da falta de conhecimento acerca de um resultado (GOSLING; NAIM; TOWILL, 2013). Baloi e Price (2003) afirmam que essas incertezas possuem diversas origens, podendo ser devido a erros, imprecisões, variabilidade, ambiguidade e ignorância. Por definição, quando as incertezas possuem efeito sobre os objetivos de um projeto, tem-se o conceito de risco (ABNT, 2009). De acordo com PMI (2017), esses efeitos podem ser de forma negativa (ameaça) ou positiva (oportunidade) no projeto e, caso ocorram, estão associados a uma causa e uma determinada consequência.

O gerenciamento de risco faz parte de uma das nove áreas de conhecimento do *Project Management Institute* (PMI). Essa atividade se caracteriza pelo processo formal e ordenado de identificação, classificação, avaliação e resposta sistemática aos riscos ao longo das etapas de um projeto, a fim de se obter o grau ótimo de eliminação, mitigação ou controle desses fenômenos (WANG; DULAIMI; AGURIA, 2004). As atividades desse gerenciamento possuem como foco a melhoria de projetos e o uso eficaz dos recursos (BANAITIENE; BANAITIS, 2012).

Dada a grande relevância para a consideração das incertezas, considera-se o gerenciamento de risco como uma atividade que vem ganhando importância nas últimas décadas. Devido a isso, tem-se um aumento no número de estudos dessa área, observando-se assim diferentes abordagens para o cálculo numérico dessa grandeza. Uma destas é o produto do Impacto (I) pela Probabilidade (P) de ocorrência de um evento (PMI, 2017):

$$R = I * P \quad (1)$$

A definição representada pela Equação 1 é bastante presente e aceita na literatura. Contudo, podem-se encontrar outras metodologias para o cálculo dessa grandeza, tal como a utilização do Método de Falha e Análise de Efeitos (FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*), que além de considerar a gravidade e a probabilidade de ocorrência, considera também a facilidade de detecção do evento. Segundo Christopher (2012), o FMEA fornece uma abordagem sistêmica que se mostra capaz de responder a perguntas como: O que poderia dar errado? Que efeitos um risco teria? Quais são as principais causas desse risco?

Ao se realizarem as atividades do gerenciamento de risco, alguns cuidados são ainda necessários. Dentre estes, destaca-se a avaliação do grau de maturidade da fase de



concepção do modelo e a definição das etapas de identificação e tratamento dos fenômenos (MARQUES, 2013).

Para Chapman (2001), a etapa de identificação, quando realizada na fase inicial dos projetos, possui grande influência na forma como os riscos são minorados em etapas posteriores. Nesse sentido, uma metodologia eficaz para a realização desse gerenciamento permite uma melhor elaboração de planos de ação, visando uma definição mais razoável dos objetivos e atividades, bem como o uso de métodos e ferramentas mais eficazes na redução de custo, prazo e escopo dos projetos (CHO; GIBSON JR., 2001).

Segundo Tah e Carr (2001), podem-se salientar os benefícios da formalização do processo de gerenciamento de risco, tanto em termos de economia de custo e tempo, quanto para a reputação das organizações. Para esses autores, o sucesso de um projeto está diretamente ligado à capacidade de se medir, entender, comunicar e alocar as incertezas e os riscos. Corroborando com essa ideia, tem-se o fato de que esse gerenciamento contribui positivamente para a obtenção de relações de “ganha-ganha” entre as empresas, auxiliando na melhoria dos processos e na maior obtenção de lucro (LIU; GUO, 2009).

### **3.1 Riscos na construção civil**

Os fatores de risco devem ser considerados em diversas etapas das atividades realizadas na construção civil. Tah e Carr (2001) definem a importância da avaliação desses riscos desde etapas iniciais, como aquelas que envolvem decisões estratégicas, até as etapas de construção, comissionamento, operação, manutenção e desativação de um empreendimento.

No mercado imobiliário do Brasil, a consideração de riscos centraliza-se majoritariamente em aspectos econômico-financeiros, destacando-se a análise de viabilidade econômica e de situação de mercado (BUZI; JUNGLES; AVILA, 2012). De acordo com Verbano e Venturini (2011), os estudos de gerenciamento de risco nesse setor podem ser divididos em nove categorias: estratégicos, financeiros, empresariais, seguros, projeto, engenharia, cadeia de suprimentos, desastres e clínicos.

O Quadro 2 apresenta uma análise realizada na literatura caracterizando os estudos que abordam riscos na construção civil. Para melhor entendimento, esses estudos foram agrupados em quatro categorias distintas de acordo com suas áreas de aplicação, sendo estas: riscos relacionados à produtividade na construção civil, riscos relacionados às cadeias de suprimento na construção civil, riscos relacionados a projetos de construção e riscos relacionados a cronogramas de construção.

Quadro 2 – Abordagens na literatura sobre riscos na construção civil.

Tipo de riscos	Autores
Riscos relacionados à produtividade na construção civil	Alaghbari, Al-Sakkaf e Sultan (2017)
	Alinaitwe, Mwakali e Hansson (2007)
	Chigara e Moyo (2014)
	El-Gohary e Aziz (2013)
	Enshassi et al (2007)
	Gerges, et al (2011)
	Hughes e Thorpe (2014)
	Jarkas (2015)
	Jarkas e Bitar (2011)
	Jarkas, Al Balushi, e Raveendranath (2015)
	Abdul Kadir et al (2005)
	Kaming et al (1997)
	Kazaz e Ulubeyli (2006)
	Makulsawatudom, Emsley e Akintoye (2001)
	Tahir, Hashimhanif e Hanif (2015)
Thomas e Sudhakumar (2014)	
Valverde-Gascueña et al. (2010)	
Riscos relacionados às cadeias de suprimento na construção civil	Gosling, Naim e Towill (2013)
	Aloini et al (2012)
	Kim e Nguyen (2018)
	Rudolfand e Spinler (2018)
	Bai e Zhao (2017)
	Luo et al (2019)
	Liu e Guo (2009)
Riscos relacionados a projetos de construção	Gohar e Farmani (2012)
	Dada e Jagboro (2007)
Riscos relacionados a cronogramas de construção	Mulholland e Christian (1999)

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma das categorias presentes no Quadro 2 que merece destaque é a categoria de riscos relacionados às Cadeias de Suprimento da Construção Civil. Isso se justifica pelo fato de que as atividades dessa cadeia, além de serem vistas como fatores de redução de custo para o transporte e armazenamento de materiais, são consideradas como essenciais para o sucesso de um empreendimento (NORRMAN; LINDROTH, 2004). Assim, pode-se afirmar que esse gerenciamento atua como uma forma de melhorar o desempenho das empresas nos níveis estratégico, tático e operacional, contribuindo para que as organizações possuam uma visão com foco nos processos e nas relações externas e intraorganizacionais (ALOINI *et al.*, 2012).

Para estudos que abordam riscos nesse tipo de cadeia, salientam-se esforços que variam desde a criação de modelos até outros que buscam entender o impacto da inexistência

de ferramentas de gerenciamento nas atividades da construção. Outra vertente para essas abordagens é a que se centraliza no entendimento das principais causas para esses riscos, buscando formas de evitar ou mitigar esses fenômenos.

Dentre as etapas desse gerenciamento, tem-se em especial as atividades de identificação e quantificação dos riscos como sendo bastante relevantes. Na identificação, salientam-se abordagens realizadas em diferentes partes do mundo que apresentam os fatores mais relevantes quando se considera a CSCC e suas atividades, utilizando métodos específicos para o tratamento dos dados. Observa-se nesse cenário uma tendência para o agrupamento dos riscos em classes, bem como o entendimento da probabilidade e do impacto que esses fenômenos possuem na realização das atividades de construção. Salienta-se a identificação das principais incertezas que afetam as cadeias de suprimento da construção civil, ilustrando assim os fatores de risco de acordo com os diferentes autores presentes no Apêndice A do presente trabalho.

Dentre os fatores mais importantes apresentados no Apêndice A, podem-se destacar riscos relacionados ao fluxo de informação, qualidade do projeto e questões regulatórias (GOSLIM; NAIM; TOWILL, 2013). Luo *et al.* (2019) ressaltam também a ineficiência de planejamento de recursos e controle do cronograma além das dificuldades no controle dos fluxos de trabalho. Além disso, merecem destaque nessa realidade os problemas de fragmentação das equipes, capacidade de resolução de conflito, problemas de confiança e comunicação entre as partes, como também questões relacionadas ao alinhamento dos objetivos comuns das equipes de trabalho (KIM; NGUYEN, 2018).

Quanto ao tipo de análise que esses estudos realizam, destaca-se um tratamento através de ferramentas qualitativa e quantitativa, com emprego de modelos matemáticos e abordagens multicritério, análises estatísticas, teoria de conjuntos *Fuzzy*, entre outras metodologias.

### **3.2 Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA)**

Os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA), também denominados por alguns autores como MCDM (*Multiple Criterion Decision Making*), têm como intuito principal a recomendação de ações ou cursos de ações ao decisor, ao invés da indicação de uma solução única para um problema de decisão (GOMES, L.; GOMES, C., 2014). Esses métodos são recomendados quando se observam problemas que possuem alternativas com múltiplos

critérios que, por sua vez, são conflitantes, possuem pesos e uma dependência de preferência (TZENG; HUANG, 2011).

De acordo com Tzeng e Huang (2011), os MCDA se dividem em outras duas categorias: MODM (*Multiple Objective Decision Making*) e MADM (*Multiple Attribute Decision Making*). A primeira categoria se encaixa numa visão de projeto/planejamento, em que se observam objetivos conflitantes que devem ser atingidos simultaneamente, considerando-se as várias interações dentro das restrições fornecidas. Por outro lado, os MADM aplicam-se em problemas de avaliação, em que geralmente se associa um número limitado de alternativas predeterminadas e classificações de preferência discretas.

Ainda segundo Tzeng e Huang (2011), os MCDA tiveram sua origem a partir da Teoria da Utilidade e da Teoria do Jogos. Assim, desde o surgimento das primeiras referências na década de 1970, os problemas com esse enfoque têm sido aplicados a diversas áreas do conhecimento, dando origem a diferentes tipos de abordagens (ZAVADSKAS *et al.*, 2016). Para Mardani, Jusoh e Zavadskas (2015), os MCDA tiveram seu crescimento devido à necessidade de utilização de ferramentas matemáticas e computacionais no apoio às decisões. Outro fator que contribui para esse cenário é a conscientização em relação ao impacto de longo prazo que as decisões causam no desempenho organizacional das empresas (ZAVADSKAS *et al.*, 2015).

Vale salientar que, quando se fala em multicritério, tem-se uma ideia diferente do conceito de multidimensional. Gomes, L. e Gomes, C. (2014) afirmam que um problema pode não ser multicritério, porém possuir uma avaliação multidimensional. Como exemplo, pode-se citar a análise do critério de custo, o qual pode ser dividido nas dimensões de custo de médio e longo prazo ou custo fixo e variável (problema multidimensional).

Quando se consideram as vantagens para a utilização dos métodos multicritérios, destacam-se alguns pontos (GOMES, L; GOMES, C., 2014):

- a) O enfoque multicritério possui uma abordagem mais abrangente e realista para os problemas complexos de decisão, possibilitando a realização de uma modelagem com maior diversidade de fatores que leva em conta critérios qualitativos e quantitativos;
- b) Para as organizações de grande porte, a utilização deste enfoque facilita a integração e comunicação entre as partes envolvidas nos processos de decisão;
- c) Promove organização e transparência devido ao fato de que os modelos que utilizam esses métodos tornam explícitas as preferências do decisor, aumentando também a credibilidade da aplicação;

d) Além de promover uma maior compreensão do problema para os agentes envolvidos no processo de decisão, os métodos tornam possível a realização de melhorias para o modelo durante a sua concepção ou utilização no futuro;

e) Em comparação aos métodos monocritérios, os métodos multicritérios agregam valor substancial à informação e permitem a consideração dos problemas complexos que os outros tipos de métodos não permitem.

Além da grande variedade, observa-se também a aplicação desses métodos em diferentes áreas do conhecimento. De acordo com Mardani *et al.* (2015), há dados de utilização de MCDA em áreas como Tecnologia da Informação (TI), gerenciamento de projetos, gerenciamento de risco, energia e meio ambiente, logística, construção civil, entre outros. Ainda segundo esses autores, podem-se destacar alguns dos principais métodos como *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*, *ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE)*, *ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)* e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMÉTHEÉ)*.

### 3.2.1 Fuzzy TOPSIS

Com origem na década de 1980, o método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) foi proposto no sentido de realizar uma avaliação para a performance de alternativas através da análise de similaridade de uma solução ideal (TZENG, HUANG; 2011). Consistindo de um MCDA, esse método fornece uma análise através da prioridade que uma alternativa possui, considerando a menor distância de uma solução positiva ideal e a maior distância para a solução negativa ideal. Para esse cálculo, são considerados diferentes parâmetros. Dentre estes, a aplicação de critérios, que podem ser de benefício (devem ser maximizados), ou de custo (devem ser minimizados), e a consideração de pesos, que ao serem incorporados no valor de cada alternativa, determinam a ordem das alternativas de acordo com a análise proposta.

Assim como em diversas situações do cotidiano, a utilização do TOPSIS está sujeita às aplicações complexas, lidando com informações imprecisas ou aproximadas. De uma forma geral, para que a aplicação desse método se processe de forma satisfatória, é preciso buscar maneiras de representar essas informações, geralmente coletadas através de valores linguísticos, em termos numéricos. Nesse cenário, utilizam-se conhecimentos da Teoria de Conjuntos *Fuzzy*. Essa teoria teve início pelos estudos de Zadeh (1965), que construiu, a partir

de conceitos anteriormente estabelecidos pela lógica clássica, um ferramental matemático capaz de lidar com esse tipo de informação imprecisa.

Posteriormente, a utilização do *Fuzzy* foi abordada e aplicada a diversas áreas do conhecimento. Através dos trabalhos de Chen (2000) e Chen *et al.* (2006), o *Fuzzy* foi estendido para a sua utilização juntamente ao método TOPSIS, formalizando assim uma nova metodologia de aplicação. As etapas para a utilização do *Fuzzy* TOPSIS são apresentadas por esses autores, podendo ser resumidas nos passos seguintes:

**PASSO 1:** Determinar o grupo de decisores, bem como definir os critérios e as alternativas do modelo de decisão.

**PASSO 2:** Escolher as variáveis linguísticas apropriadas na determinação do peso dos critérios, bem como na avaliação das alternativas do modelo.

**PASSO 3:** Considerando números *Fuzzy* triangulares no formato  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  e  $\tilde{w}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ , e um total de K decisores, tem-se como objetivo dessa etapa a obtenção dos valores agregados para os pesos de classificação ( $\tilde{X}_{ij}$ ) e de importância ( $\tilde{W}_{ij}$ ), atribuídos pelos decisores em relação aos critérios, podendo ser obtidos a partir das seguintes equações, respectivamente:

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^k] \quad (2)$$

$$\tilde{W}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 (+) \tilde{w}_j^2 (+) \dots (+) \tilde{w}_j^k] \quad (3)$$

**PASSO 4:** Uma vez determinados os valores dos pesos mencionados na etapa anterior, a presente etapa tem como objetivo o de representar o problema *Fuzzy* através das seguintes matrizes:

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{pmatrix}$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_n]$$

Onde  $\tilde{x}_{ij}, \forall i, j$  e  $\tilde{w}_j, j = 1, 2, \dots, n$  são variáveis linguísticas.

**PASSO 5:** Construir a matriz de decisão *Fuzzy* normalizada através da transformação linear escalar proposta pelas equações a seguir. Sendo a matriz de decisão *Fuzzy* normalizada representada por:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (4)$$

Onde B e C são os critérios de benefício e custo, respectivamente, e

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B; c_j^* = \max_i c_{ij}, \text{ se } j \in B; \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in C; a_j^- = \min_i a_{ij}, \text{ se } j \in C. \quad (6)$$

Considerando-se a importância da diferença de cada critério, pode-se construir a matriz *Fuzzy* normalizada com aplicação dos pesos de importância através da seguinte forma:

$$\tilde{v} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Onde  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} (\cdot) \tilde{w}_j$  que pode ser obtido pela propriedade de multiplicação de números *Fuzzy*:

$$\tilde{A} * \tilde{B} = (a_1, b_1, c_1) * (a_2, b_2, c_2) = (a_1 * a_2, b_1 * b_2, c_1 * c_2) \quad (8)$$

**PASSO 6:** A partir da determinação da matriz normalizada com pesos de importância atribuídos, pode-se então definir a Solução *Fuzzy* Positiva Ideal ( $A^*$ ) e a Solução *Fuzzy* Negativa Ideal ( $A^-$ ) da seguinte maneira:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*), \text{ onde } \tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij3}\} \quad (9)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \text{ onde } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \quad (10)$$

**PASSO 7:** Calcular a distância de cada alternativa com relação a  $A^*$  e  $A^-$ . Pode-se calcular a distância entre dois números *Fuzzy* triangulares utilizando-se o método do vértice:

$$d(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (11)$$

Dessa forma, a distância de cada alternativa com relação a  $A^*$  e  $A^-$  pode ser obtida por:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

**PASSO 8:** Calcular o Coeficiente de proximidade (*Closeness Coefficient* – CC) de cada alternativa através da seguinte equação:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

**PASSO 9:** Determinar a ordem de todas as alternativas com base no CC.



## 4 METODOLOGIA

Para o bom entendimento de um problema, faz-se necessário à sua decomposição em partes de modo a facilitar suas etapas de solução. Este capítulo tem como finalidade a definição das etapas utilizadas para solução do problema proposto por essa pesquisa, a fim de que se caracterize a metodologia utilizada na obtenção dos resultados esperados.

Segundo Fellows e Liu (2015), o conceito de modelo pode ser definido como sendo uma representação através de ferramentas gráficas, visuais e lógicas, que se processa de forma prática e de fácil uso. Tais ferramentas são utilizadas para facilitar o entendimento da realidade.

De acordo com Gomes, L. e Gomes, C. (2014), deve-se sempre ter em mente as diferenças entre um sistema e um modelo, sendo o primeiro a interação de um conjunto de partes de modo a atingir um determinado fim, enquanto que o segundo se define como a representação abstrata de um sistema real quando este não está disponível para estudo ou sua condução é muito cara ou perigosa. Academicamente, podem-se classificar os modelos sob diferentes perspectivas (QUADRO 3).

Quadro 3 - Classificação dos modelos segundo Gomes, L. e Gomes, C. (2014)

Classificação	Tipos	
Quanto à propriedade	Icônicos: são imagens de um sistema que representam aspectos do mesmo (tem-se como exemplo os mapas).	
	Analógicos: quando um conjunto de propriedades é estudado a fim de se compreender outro conjunto de propriedades (tem-se como exemplo o peso de um objeto que é representado pela tensão em uma balança).	
	Simbólicos: empregam símbolos para a representação das propriedades em estudo (tem-se como exemplo as fórmulas matemáticas).	
Quanto ao uso	Prescritivos: modelos que são apresentados ao decisor e ele decide se aceita ou não.	
	Construtiva: consiste na construção de um modelo alinhado aos objetivos e valores do decisor.	
	Descritivos: quando se realiza através da visão de mundo sem que haja julgamentos sobre essa realidade.	
	Normativos: quando é feita uma visão do mundo por meio de processos idealizados, defendendo o uso de fórmulas matemáticas.	
Quanto à natureza	Concretos	Físicos
		Geométricos
	Abstratos	Matemáticos
		Lógicos
		Esquemáticos

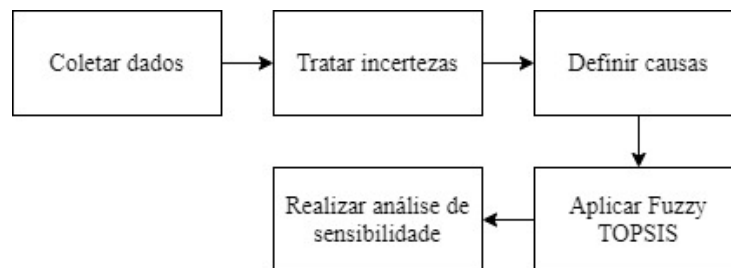
Fonte: elaborado pelo autor com dados de Gomes, L. e Gomes, C. (2014).

As etapas de concepção de um modelo são variadas e devem envolver uma lógica clara que seja capaz de relacionar o conhecimento teórico com a metodologia de criação dessa estrutura. Uma vez que o modelo tenha sido estabelecido e seu desempenho examinado como adequado para os objetivos, os valores apropriados podem ser inseridos para as variáveis necessárias e as saídas resultantes calculadas (FELLOWS; LIU, 2015).

Quando se observam modelos de gerenciamento de risco, tem-se um conjunto de atividades que se apresentam de forma sequencial variando desde etapas de identificação até a etapa de tratamento desses fenômenos. Destacam-se na literatura diversos tipos de modelos utilizados com essa finalidade, tais como os modelos propostos pela ISO 31.000 e pelo PMBOK.

O presente estudo desenvolve um modelo de avaliação de risco que se baseia na aplicação do método *Fuzzy* TOPSIS. As etapas de aplicação para esse modelo estão representadas na Figura 4.

Figura 4 – Etapas do modelo de avaliação de risco



Fonte: elaborado pelo autor.

Dada a classificação anteriormente apresentada, o modelo proposto por este estudo é classificado como sendo de propriedade analógica, uso construtivista e natureza esquemática.

#### 4.1 Coleta de dados

A primeira etapa de aplicação do modelo proposto por essa metodologia consistiu da coleta de dados para a avaliação de risco. Com essa finalidade, definiu-se que este trabalho se restringe à cadeia de suprimentos em edificações de alto padrão, localizadas na cidade de Fortaleza/CE.

Para essa coleta, realizou-se um levantamento bibliográfico bem como a aplicação de questionários a construtores que possuem experiência no ramo em estudo. No que diz respeito à determinação do tipo de material que foi abordado, foram obtidas informações de

dois empreendimentos residenciais, de padrão alto, pertencentes a uma empresa construtora local. A empresa em questão, fundada na década de 1970, se caracteriza como bastante atuante no mercado imobiliário da cidade de Fortaleza, possuindo também filial em Maceió/AL. Com um portfólio de mais de 100 obras entregues, os empreendimentos dessa empresa são em maior parte compostos por edificações residenciais e com múltiplos pavimentos.

Os dados obtidos nesta etapa consistiram de orçamentos de obra e Curvas ABC elaboradas e disponibilizadas por esta empresa. Com isso, após atividades de análise e refino desses dados, definiu-se que nessa pesquisa são abordados materiais presentes na categoria A dessas curvas. Assim, tem-se como foco a avaliação de risco para os materiais de instalação de combate a incêndio, elétrica e hidrossanitária.

#### 4.2 Tratamento das incertezas

A etapa de tratamento das incertezas pode ser fragmentada em dois momentos:

**a) Levantamento bibliográfico:** No primeiro momento, realizou-se um levantamento bibliográfico em trabalhos científicos, publicados em eventos e revistas acadêmicas, oriundos de bancos de dados digitais. Assim, definiu-se como intuito a identificação das incertezas relacionadas às cadeias de suprimento na construção civil, levando em conta parâmetros internos (aqueles relacionados com o ambiente interno da empresa, tais como cultura organizacional, estrutura da empresa, tipos de processos realizados, entre outros) e parâmetros externos (relacionados a questões externas, tais como questões políticas, culturais, legais, regulatórias, econômicas, naturais, tecnológicas, financeiras, entre outros).

Para essa análise, considerou-se um total de 7 estudos identificados na literatura (QUADRO 4). Baseando-se nesses estudos, utilizou-se a lista com 162 incertezas (presentes no Apêndice A), que posteriormente foi consolidada e validada para a aplicação no modelo.

Quadro 4 – Estudos considerados para o levantamento das incertezas.

Tipo de riscos	Autores	Total de riscos identificados
Riscos relacionados às cadeias de suprimentos na construção civil	Gosling, Naim e Towill (2013)	42
	Aloini et al (2012)	13
	Kim e Nguyen (2018) - bom	12
	Rudolfand e Spinler (2018)	30
	Bai e Zhao (2017)	17
	Luo et al (2019)	30
	Liu e Guo (2009)	18

Fonte: elaborado pelo autor.

**b) Consolidação e validação das incertezas:** Na realização da etapa de consolidação e validação, submeteu-se a lista obtida no levantamento bibliográfico para uma análise de acordo com a seguinte sequência:

- Etapa 1: Foram excluídas as incertezas que possuíam a mesma nomenclatura e/ou o mesmo significado;
- Etapa 2: Associaram-se as incertezas que mostraram características semelhantes a fim de se tornarem mais representativas;
- Etapa 3: Foram excluídas todas as incertezas que não se encaixavam na análise de riscos para materiais de instalação de combate a incêndio, elétrica e hidrossanitária, segundo a visão do autor deste trabalho;
- Etapa 4: Submeteu-se à análise de um decisor todas as incertezas resultantes da aplicação das etapas 1, 2, e 3. Esse decisor é caracterizado como sendo um engenheiro civil, 32 anos de idade, 10 anos de experiência e proprietário de uma empresa construtora em Fortaleza. Tal profissional, além de atuar na fase de consolidação e validação das incertezas, desempenhou o papel do Decisor 1 do modelo de apoio à decisão que será melhor apresentado nos tópicos a seguir desta pesquisa.

Para a presente etapa, o decisor 1 verificou os seguintes aspectos:

- a) As incertezas levantadas se relacionavam com o tipo de material escolhido? Caso não, retirava-se a incerteza da lista;
- b) Os termos levantados na literatura estavam de fácil entendimento? Caso não, corrigia-se para o termo de incerteza mais adequado;
- c) Existia alguma outra incerteza que não foi levantada em literatura, porém deveria ser considerada? Caso sim, adicionava-se a incerteza à lista.

Após aplicação de todas as etapas acima mencionadas, obteve-se o número final de 15 incertezas, sendo estas apresentadas e descritas a seguir, juntamente com a definição de suas causas (QUADRO 5).

#### **4.3 Definição das causas**

O passo seguinte para a aplicação do modelo de avaliação de risco se caracterizou pela definição das principais causas relacionadas às incertezas identificadas. Assim, levantou-se, por meio de entrevistas e do uso de um questionário baseado na ferramenta de Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA), a lista de causas para essas incertezas. No modelo de

questionário utilizado com os decisores, foram determinadas as causas, o impacto, a probabilidade de ocorrência e a facilidade de detecção de cada incerteza (APÊNDICE B). Os resultados obtidos para a definição das causas dessas incertezas são mostrados no Quadro 5, enquanto as demais informações estão melhor caracterizadas no tópico de aplicação do Método *Fuzzy* TOPSIS deste capítulo.

Quadro 5 – Lista de incertezas e causas após consolidação e validação.

<b>Incerteza</b>	<b>Descrição</b>	<b>Causas</b>
A	Atraso no fornecimento de materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha no planejamento de aquisições;</li> <li>• Falha de operação por parte dos fornecedores;</li> <li>• Ineficiência na logística de transportes.</li> </ul>
B	Projetos de instalações de baixa qualidade (Ex.: pouco detalhamento, erros, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconhecimento das especificações ou situação de disponibilidade no mercado para os materiais;</li> <li>• Falta de rigor na realização dos projetos.</li> </ul>
C	Mudança do tipo de materiais durante a fase de execução do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudança da linha/modelo do material devido à falta ou indisponibilidade no mercado.</li> </ul>
D	Pouca disponibilidade de espaço para trabalho / layout inadequado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande quantidade de materiais demandando muito espaço para estocagem dentro do canteiro;</li> <li>• Realização de compras em grande quantidade pra obtenção de preços mais baixos e melhores condições de entrega;</li> <li>• Tendência de área útil cada vez menor nas construções;</li> </ul>
E	Falta de recursos financeiros para desenvolver as atividades do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital limitado fazendo com que, em muitos casos, as características dos materiais tenham que se adequar à situação financeira disponível.</li> <li>• Alguns materiais específicos ou de uma linha específica possuem o preço muito elevado, fazendo com que a sua adoção seja inviável.</li> </ul>
F	Mão de obra pouco qualificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviço artesanal que demanda habilidades específicas.</li> </ul>
G	Baixa velocidade de construção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviços fragmentados e recorrentes em várias fases da obra.</li> </ul>
H	Processos rígidos que não acomoda mudanças.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os serviços de instalações são sujeitos a fiscalizações de órgãos reguladores, além de serem atividades normalizadas e que apresentam elevado custo para mudanças.</li> </ul>
I	Dificuldades com aprovação dos projetos, procedimentos burocráticos e apoio da alta gerência.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As normas que regulam os serviços variam de acordo com os estados;</li> <li>• Algumas definições presentes nas normas dão margem à subjetividade, afetando nos processos de aprovação dos projetos;</li> <li>• Para as instalações de combate a incêndio e elétrica, em específico, tem-se uma associação com a segurança do usuário, demandando certo rigor na aprovação dos projetos.</li> </ul>

continua

conclusão

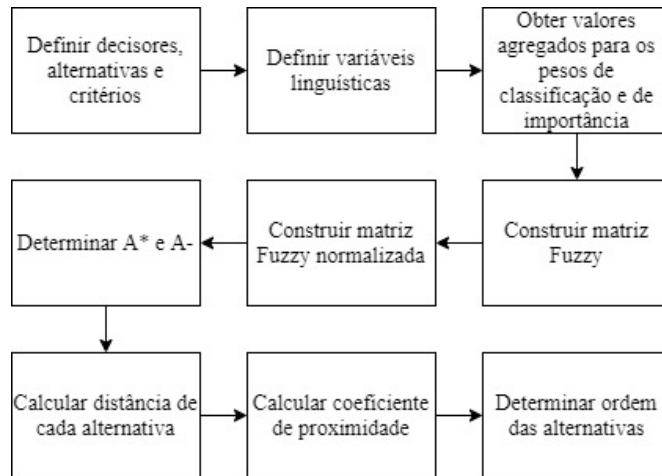
Incerteza	Descrição	Causas
J	Fornecedores com baixo desempenho ou pouca competência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A realização e execução de projetos de instalações se processa de maneira complexa, exigindo um conhecimento específico e uma alta qualificação dos fornecedores, o que muitas vezes não ocorre.</li> </ul>
K	Conflitos com fornecedores devido a questões contratuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas relacionados ao <i>Service Level of Agreement</i> – SLA: refere-se à especificação, em termos mensuráveis e claros, de todos os serviços que o contratante pode esperar do fornecedor na negociação. Compreende características como: metas de nível de serviço, termos de compromisso, prazos de contratos, suporte técnico, entre outros. Em outras palavras, é um esclarecimento técnico do contrato.</li> </ul>
L	Problemas de comunicação ou fluxo de informações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande quantidade de interfaces, dificultando o fluxo de informações;</li> <li>• Os diferentes tipos de projetos de instalação devem se comunicar entre si, de modo que haja uma compatibilização desses projetos. Em muitos, ocorrem falhas nessas trocas de informação.</li> </ul>
M	Ausência/ineficácia de um sistema de controle para os materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de investimento por parte da alta gerência para implementação de um sistema robusto de controle de materiais;</li> <li>• Existência de uma grande quantidade e uma alta variedade de materiais, dificultando assim a utilização de um sistema.</li> </ul>
N	Problemas devido a normas e códigos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A normatização não acompanha a tecnologia, fazendo com que muitas vezes exista um material novo que ainda não possui parâmetros ou normas para sua utilização;</li> <li>• Existência de diferentes normas de acordo com os diferentes estados do país.</li> </ul>
O	Falta de segurança dentro do canteiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocorrência de roubo de materiais pelos próprios operários;</li> <li>• Dificuldade de gerenciar os materiais devido à grande quantidade.</li> </ul>

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4 Aplicação do método *Fuzzy* TOPSIS

No que diz respeito à avaliação das incertezas, utilizou-se o método *Fuzzy* TOPSIS. Para essa abordagem, definiu-se as etapas de aplicação desse método descritas por Chen (2000) e Chen et al. (2006), apresentadas na fundamentação teórica desse estudo e resumidas na Figura 5.

Figura 5 – Etapas do *Fuzzy* TOPSIS de acordo com Chen (2000) e Chen et al. (2006).



Fonte: elaborado pelo autor.

De forma resumida, pode-se dizer que a aplicação do método *Fuzzy* TOPSIS se processou através da aplicação de questionários, em que um conjunto de decisores avaliaram parâmetros do modelo através de suas respostas. Por meio de uma disposição entre alternativas e critérios, apresentaram-se as repostas de cada decisor de forma visual através da matriz de avaliação construída no Excel. Assim, os resultados foram obtidos aplicando o método proposto e, conseqüentemente, utilizados nas demais etapas do modelo.

#### 4.4.1 Definir decisores, alternativas e critérios

Assim como mencionado anteriormente, tem-se que o modelo de apoio à decisão multicritério utilizado nesse estudo fez uso de ferramentas de agregação na consideração das respostas de diferentes decisores. O grupo de decisores em questão é composto por profissionais do ramo da construção civil, com bastante experiência profissional e que exercem funções estratégicas em cargos de liderança nas empresas em que atuam.

A fim de caracterizar o perfil desses decisores com maiores detalhes, apresenta-se o Quadro 6 com uma descrição mais detalhada desses profissionais, mostrando informações como a profissão, idade, tempo de experiência e nível hierárquico que ocupam.

Para a aplicação do modelo, os decisores realizaram a avaliação dos riscos através da aplicação de questionários, em que se observava um conjunto de alternativas e critérios. Definiu-se como alternativas do modelo o conjunto de incertezas identificadas na etapa de levantamento das incertezas desse capítulo, enquanto que os critérios compreendiam a avaliação dessas alternativas em relação aos seus impactos (avaliado nas áreas de compras,

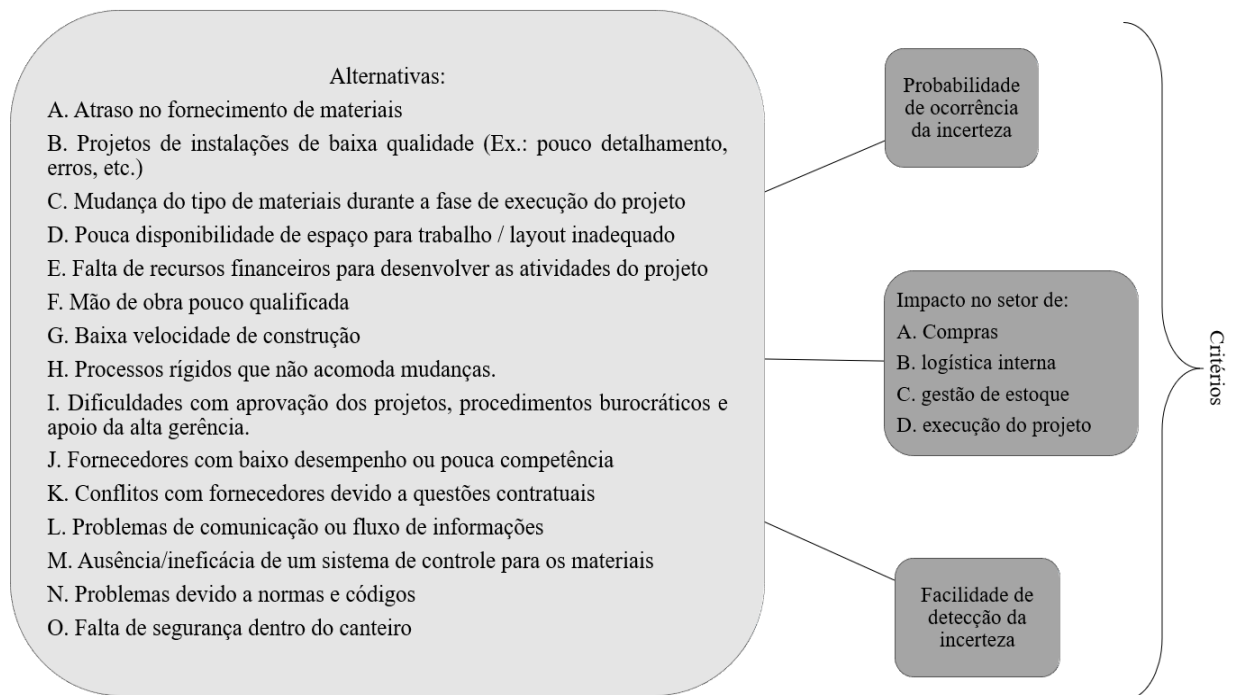
logística interna, gestão de estoque e execução do projeto), probabilidade de ocorrência e facilidade de detecção (FIGURA 6).

Quadro 6 – Decisores do modelo de avaliação de risco

Decisor	Profissão	Idade	Tempo de experiência	Nível hierárquico
Decisor 1	Engenheiro Civil	32 anos	10 anos	Diretor/Proprietário
Decisor 2	Engenheiro Civil	37 anos	19 anos	Diretor/Proprietário
Decisor 3	Engenheiro Civil	58 anos	35 anos	Diretor/Sócio
Decisor 4	Engenheiro Civil	54 anos	32 anos	Diretor Técnico
Decisor 5	Engenheiro Civil	42 anos	12 anos	Gerente de Contratos
Decisor 6	Engenheiro Civil	35 anos	10 anos	Gerente de Engenharia

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 6 – Critérios e alternativas do modelo de decisão



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4.2 Definir variáveis linguísticas

Através da consideração das incertezas, o grupo de decisores utilizaram um conjunto de variáveis linguísticas como parâmetros de entrada para a avaliação dos pesos de



classificação e de importância. Por sua vez, essas variáveis linguísticas foram associadas a números *Fuzzy* triangulares.

Para ambos os pesos, considerou-se uma escala qualitativa que variava entre: Extremamente Alta (EA), Alta (A), Média (M), Baixa (B) e Extremamente Baixa (EB). Apesar de possuírem nomenclaturas idênticas, os pesos de classificação e importância apresentavam números *Fuzzy* distintos, assim como indicado nos Quadros 7 e 8.

Quadro 7 - Variáveis linguísticas e números *Fuzzy* referentes aos pesos de importância

Variável linguística	Número <i>Fuzzy</i> triangular		
Extremamente Baixo (EB)	0	0	0,25
Baixo (B)	0	0,25	0,5
Médio (M)	0,25	0,5	0,75
Alto (A)	0,5	0,75	1
Extremamente Alto (EA)	0,75	1	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 8 - Variáveis linguísticas e números *Fuzzy* referentes aos pesos de classificação

Variável linguística	Número <i>Fuzzy</i> triangular		
Extremamente Baixo (EB)	1	1	3
Baixo (B)	1	3	5
Médio (M)	3	5	7
Alto (A)	5	7	9
Extremamente Alto (EA)	7	9	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Além disso, de modo a facilitar o processo de avaliação dos decisores, elaborou-se a definição de cada uma das variáveis linguísticas apresentadas anteriormente, definindo, dessa forma, algumas de suas características quando se consideram os critérios do modelo (APÊNDICE C).

#### 4.4.3 Matriz *Fuzzy* dos pesos agregados de classificação e de importância

Uma vez que sejam realizadas as avaliações através das escalas qualitativas, associou-se as respostas de cada decisor aos valores numéricos de acordo com seus números *Fuzzy* triangulares respectivos. Desse modo, tornou-se possível a agregação dos pesos de importância e de classificação levando em conta todas as respostas. Para isso, utilizaram-se as Equações 2 e 3, onde se considerou o valor médio de todos os pesos atribuídos.

A representação dos pesos de importância e de classificação atribuídos por cada decisor, bem como seus valores médios finais, estão presentes nos Apêndices D, E, F, G desse

estudo. Contudo, a fim de facilitar o entendimento, apresenta-se a obtenção dos resultados de forma resumida a seguir. O Quadro 9 caracteriza os valores finais agregados de todos os pesos de importância adotados no modelo.

Quadro 9 – Valores agregados obtidos para os pesos de importância ( $\tilde{W}$ )

Critérios	$\tilde{W}$		
	Compras	0,46	0,71
Logística interna	0,33	0,58	0,79
Gestão de estoque	0,04	0,25	0,50
Execução do projeto	0,54	0,79	0,96
Probabilidade de ocorrência	0,50	0,75	0,96
Facilidade de detecção	0,25	0,50	0,75

Fonte: elaborado pelo autor.

Vale salientar que a consideração dos pesos de importância mostrados no Quadro 9 é utilizada para as análises dos três tipos materiais de instalações abordados nesse estudo: combate a incêndio, elétrica e hidrossanitária. Logo, ao se considerar a construção da matriz  $\tilde{v}$ , considerou-se os respectivos valores de pesos agregados para todos os materiais mencionados.

De maneira similar ao que se faz na agregação dos pesos de importância, realizou-se a agregação dos pesos de classificação. Caracterizam-se as matrizes  $\tilde{D}$  para os materiais de instalação de combate a incêndio, elétrica e hidrossanitária de acordo com os Apêndices H, I e J.

#### 4.4.4 Construção da matriz Fuzzy Normalizada

Uma vez obtidos os valores agregados para os pesos de importância e de classificação, partiu-se para a construção da matriz normalizada através da transformação linear descrita nas Equações 5 e 6. Com esse intuito, caracterizou-se primeiramente os critérios de custo e os critérios de benefício.

Tzeng e Huang (2011) definem que os critérios de benefícios são aqueles em que se deseja o maior valor possível, enquanto que os critérios de custo são aqueles em que se deseja o menor valor possível. Essa análise parte da premissa de que as alternativas que atendem esses requisitos ocupam as posições superiores de uma ordem crescente para o ranking final obtido pela aplicação do método. Uma vez que o presente estudo consiste de uma análise de risco, deseja-se que os riscos que se apresentam nas primeiras posições sejam aqueles considerados

como os mais críticos. Dessa forma, através da definição de Tzeng e Huang (2011), caracterizou-se os critérios, bem como as variáveis  $c_j^*$  e  $a_j^-$ , como mostrado no Quadro 10.

Quadro 10 – Definição dos critérios de custo e benefício

Critério		Min/Max	Classificação	Variável
Impacto	Compras	Maximizar	Critério de benefício	$c_j^* = 9$
	Logística Interna			$c_j^* = 9$
	Gestão de Estoque			$c_j^* = 9$
	Execução do Projeto			$c_j^* = 9$
Probabilidade de Ocorrência		Maximizar	Critério de benefício	$c_j^* = 9$
Facilidade de Detecção		Minimizar	Critério de custo	$a_j^- = 1$

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a substituição dos valores encontrados para as variáveis  $c_j^*$  e  $a_j^-$  nas Equações 5 e 6, prosseguiu-se para a determinação das matrizes  $\tilde{R}$  referentes a cada material da cadeia de suprimentos em estudo. Uma vez obtidos os valores para essas matrizes, aplicaram-se os pesos de importância referentes a cada critério do modelo, obtendo como resultado final as respectivas matrizes  $\tilde{v}$  que serão utilizadas nas demais etapas do método *Fuzzy* TOPSIS para avaliação dos riscos (QUADRO 11, 12 e 13).

Quadro 11 – Matriz  $\tilde{v}$  - Instalações de combate a incêndio

	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
<b>A</b>	0,22	0,50	0,81	0,15	0,39	0,65	0,01	0,12	0,35	0,36	0,70	0,92	0,20	0,47	0,82	0,03	0,09	0,20
<b>B</b>	0,32	0,66	0,92	0,09	0,26	0,53	0,01	0,12	0,35	0,36	0,70	0,96	0,20	0,47	0,82	0,03	0,09	0,20
<b>C</b>	0,29	0,60	0,92	0,07	0,24	0,50	0,01	0,09	0,30	0,30	0,62	0,89	0,13	0,36	0,67	0,04	0,10	0,25
<b>D</b>	0,24	0,52	0,85	0,21	0,50	0,76	0,02	0,20	0,48	0,22	0,50	0,82	0,19	0,44	0,75	0,04	0,09	0,23
<b>E</b>	0,27	0,58	0,92	0,10	0,30	0,56	0,01	0,11	0,33	0,32	0,65	0,92	0,20	0,47	0,78	0,04	0,09	0,23
<b>F</b>	0,07	0,24	0,51	0,05	0,15	0,38	0,00	0,04	0,19	0,34	0,67	0,96	0,20	0,47	0,78	0,03	0,08	0,17
<b>G</b>	0,14	0,37	0,68	0,10	0,30	0,59	0,01	0,13	0,37	0,32	0,65	0,92	0,19	0,44	0,78	0,03	0,09	0,23
<b>H</b>	0,17	0,42	0,75	0,05	0,22	0,47	0,01	0,09	0,30	0,22	0,47	0,78	0,20	0,47	0,82	0,03	0,08	0,17
<b>I</b>	0,15	0,37	0,68	0,09	0,26	0,53	0,01	0,08	0,28	0,18	0,41	0,71	0,19	0,44	0,78	0,03	0,09	0,23
<b>J</b>	0,19	0,45	0,71	0,09	0,26	0,50	0,01	0,11	0,33	0,30	0,62	0,85	0,11	0,33	0,64	0,03	0,09	0,20
<b>K</b>	0,25	0,55	0,85	0,10	0,28	0,53	0,01	0,11	0,33	0,26	0,56	0,89	0,17	0,42	0,75	0,04	0,13	0,38
<b>L</b>	0,20	0,47	0,81	0,15	0,39	0,67	0,02	0,16	0,41	0,36	0,70	0,96	0,17	0,42	0,75	0,04	0,13	0,38
<b>M</b>	0,19	0,45	0,75	0,15	0,39	0,67	0,03	0,21	0,48	0,26	0,56	0,89	0,11	0,33	0,64	0,03	0,09	0,20
<b>N</b>	0,20	0,47	0,78	0,07	0,24	0,50	0,01	0,11	0,33	0,16	0,41	0,71	0,13	0,36	0,67	0,04	0,11	0,28
<b>O</b>	0,17	0,39	0,68	0,14	0,35	0,62	0,03	0,22	0,50	0,28	0,59	0,89	0,22	0,50	0,82	0,03	0,09	0,20

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 12 – Matriz  $\tilde{v}$  - Instalações elétricas

	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
A	0,27	0,58	0,88	0,15	0,39	0,65	0,01	0,14	0,39	0,38	0,73	0,96	0,22	0,50	0,85	0,03	0,09	0,20
B	0,31	0,63	0,92	0,11	0,30	0,59	0,01	0,14	0,39	0,38	0,73	0,96	0,24	0,53	0,89	0,03	0,08	0,19
C	0,29	0,60	0,92	0,15	0,39	0,67	0,02	0,15	0,39	0,32	0,65	0,92	0,19	0,44	0,78	0,04	0,12	0,32
D	0,19	0,45	0,71	0,19	0,45	0,70	0,02	0,20	0,48	0,20	0,47	0,78	0,17	0,42	0,71	0,03	0,08	0,19
E	0,24	0,52	0,85	0,10	0,30	0,59	0,01	0,08	0,28	0,34	0,67	0,92	0,22	0,50	0,82	0,03	0,09	0,20
F	0,08	0,24	0,51	0,09	0,22	0,44	0,01	0,08	0,26	0,34	0,67	0,92	0,17	0,42	0,75	0,03	0,08	0,19
G	0,10	0,31	0,61	0,11	0,32	0,62	0,01	0,12	0,35	0,36	0,70	0,96	0,22	0,50	0,85	0,03	0,09	0,20
H	0,17	0,42	0,75	0,07	0,26	0,53	0,01	0,12	0,35	0,24	0,50	0,75	0,17	0,42	0,75	0,03	0,08	0,17
I	0,17	0,39	0,68	0,09	0,26	0,53	0,01	0,10	0,31	0,20	0,44	0,67	0,15	0,39	0,71	0,04	0,10	0,25
J	0,17	0,42	0,71	0,07	0,26	0,53	0,01	0,08	0,28	0,30	0,62	0,85	0,13	0,36	0,67	0,04	0,11	0,28
K	0,27	0,58	0,85	0,06	0,22	0,47	0,01	0,10	0,30	0,24	0,50	0,78	0,20	0,47	0,82	0,04	0,12	0,32
L	0,20	0,47	0,81	0,12	0,35	0,65	0,01	0,14	0,39	0,26	0,56	0,89	0,24	0,53	0,89	0,03	0,09	0,23
M	0,22	0,50	0,81	0,19	0,45	0,73	0,03	0,21	0,48	0,24	0,53	0,85	0,15	0,39	0,71	0,03	0,09	0,23
N	0,17	0,42	0,75	0,07	0,24	0,50	0,01	0,08	0,28	0,16	0,41	0,71	0,11	0,33	0,64	0,04	0,10	0,25
O	0,19	0,42	0,71	0,16	0,39	0,65	0,03	0,22	0,50	0,26	0,56	0,85	0,19	0,44	0,75	0,03	0,09	0,23

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 13 – Matriz  $\tilde{v}$  - Instalações hidrossanitárias

	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
A	0,27	0,58	0,88	0,16	0,41	0,70	0,02	0,15	0,41	0,38	0,73	0,96	0,20	0,47	0,82	0,03	0,09	0,20
B	0,25	0,55	0,88	0,09	0,26	0,53	0,01	0,14	0,39	0,34	0,67	0,92	0,20	0,47	0,82	0,03	0,08	0,19
C	0,27	0,58	0,92	0,14	0,37	0,65	0,01	0,13	0,35	0,32	0,65	0,96	0,17	0,39	0,71	0,04	0,10	0,25
D	0,14	0,37	0,68	0,17	0,43	0,70	0,02	0,19	0,44	0,24	0,53	0,78	0,19	0,44	0,75	0,03	0,08	0,17
E	0,25	0,55	0,85	0,11	0,32	0,62	0,01	0,11	0,33	0,36	0,70	0,92	0,26	0,56	0,89	0,03	0,09	0,20
F	0,10	0,29	0,58	0,06	0,17	0,41	0,01	0,09	0,28	0,32	0,65	0,92	0,15	0,39	0,71	0,03	0,09	0,20
G	0,17	0,42	0,71	0,11	0,32	0,59	0,02	0,18	0,44	0,34	0,67	0,92	0,22	0,50	0,85	0,03	0,08	0,19
H	0,14	0,37	0,68	0,04	0,19	0,44	0,01	0,11	0,33	0,22	0,47	0,75	0,15	0,39	0,71	0,03	0,08	0,19
I	0,15	0,34	0,61	0,09	0,26	0,53	0,01	0,08	0,28	0,20	0,44	0,71	0,17	0,42	0,75	0,04	0,10	0,25
J	0,20	0,47	0,78	0,09	0,28	0,56	0,01	0,10	0,31	0,28	0,59	0,82	0,15	0,39	0,71	0,04	0,10	0,25
K	0,15	0,37	0,65	0,05	0,19	0,44	0,00	0,06	0,24	0,26	0,56	0,85	0,15	0,39	0,71	0,04	0,13	0,38
L	0,24	0,52	0,81	0,14	0,37	0,65	0,01	0,11	0,33	0,36	0,70	0,96	0,24	0,53	0,89	0,04	0,10	0,25
M	0,15	0,39	0,71	0,12	0,35	0,65	0,02	0,19	0,44	0,28	0,59	0,89	0,17	0,42	0,75	0,03	0,09	0,20
N	0,14	0,37	0,68	0,07	0,24	0,50	0,01	0,09	0,30	0,24	0,53	0,78	0,15	0,39	0,71	0,03	0,09	0,23
O	0,17	0,37	0,61	0,11	0,30	0,59	0,02	0,19	0,43	0,30	0,62	0,85	0,17	0,42	0,71	0,03	0,09	0,23

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4.5 Determinação do $A^*$ e $A^-$

A etapa seguinte referente à aplicação do modelo proposto consistiu da determinação das variáveis  $A^*$  e  $A^-$  caracterizadas nas Equações 9 e 10. Os valores encontrados para essas variáveis referentes aos três tipos de materiais estão representados no Quadro 14.

Quadro 14 – Determinação das variáveis  $A^*$  e  $A^-$ 

		Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
I	$A^*$	0,32	0,66	0,92	0,21	0,50	0,76	0,03	0,22	0,50	0,36	0,70	0,96	0,22	0,50	0,82	0,04	0,13	0,38
	$A^-$	0,07	0,24	0,51	0,05	0,15	0,38	0,00	0,04	0,19	0,16	0,41	0,71	0,11	0,33	0,64	0,03	0,08	0,17
II	$A^*$	0,31	0,63	0,92	0,19	0,45	0,73	0,03	0,22	0,50	0,38	0,73	0,96	0,24	0,53	0,89	0,04	0,12	0,32
	$A^-$	0,08	0,24	0,51	0,06	0,22	0,44	0,01	0,08	0,26	0,16	0,41	0,67	0,11	0,33	0,64	0,03	0,08	0,17
III	$A^*$	0,27	0,58	0,92	0,17	0,43	0,70	0,02	0,19	0,44	0,38	0,73	0,96	0,26	0,56	0,89	0,04	0,13	0,38
	$A^-$	0,10	0,29	0,58	0,04	0,17	0,41	0,00	0,06	0,24	0,20	0,44	0,71	0,15	0,39	0,71	0,03	0,08	0,17

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4.6 Cálculo do CC e determinação da ordem das alternativas

Os valores caracterizados pelas variáveis  $A^*$  e  $A^-$  representam os valores máximos e mínimos identificados para os pesos de classificação nas matrizes  $\tilde{v}$ . Para que uma ordem entre as alternativas seja determinada, foram encontradas as distâncias de cada uma dessas alternativas em relação a esses valores máximos e mínimos. Para isso, utilizou-se o método do vértice, representado pela Equação 11, de modo que sejam determinadas as distâncias respectivas entre dois números *Fuzzy*. Os resultados obtidos para os valores numéricos referentes a essas distâncias estão representados nos Apêndices K e L.

A fim de determinar os valores para a variável CC, aplicaram-se as Equações 12 e 13 que consideram a relação entre o somatório das distâncias entre as alternativas e os valores máximos e mínimos para cada critério. Assim, para a determinação da hierarquização das alternativas, considerou-se uma ordem decrescente dos valores de CC obtidos (QUADRO 15).

Quadro 15 – Determinação do CC e ranking das alternativas

	Combate a incêndio				Elétrica				Hidrossanitária			
	$d_i^*$	$d_i^-$	$CC_i$	Ranking	$d_i^*$	$d_i^-$	$CC_i$	Ranking	$d_i^-$	d-j	$CC_i$	Ranking
A	0,47	0,97	0,67	4	0,29	1,02	0,78	1	0,24	0,95	0,80	1
B	0,43	0,99	0,70	3	0,29	1,02	0,78	2	0,45	0,73	0,62	5
C	0,68	0,75	0,53	10	0,30	1,02	0,77	3	0,40	0,79	0,66	4
D	0,42	1,00	0,70	2	0,62	0,70	0,53	9	0,61	0,57	0,48	8
E	0,51	0,92	0,65	5	0,53	0,79	0,60	6	0,34	0,84	0,71	3
F	1,06	0,36	0,25	15	0,98	0,34	0,26	14	0,94	0,24	0,21	13
G	0,68	0,75	0,53	9	0,61	0,71	0,54	8	0,46	0,71	0,61	6
H	0,91	0,52	0,36	12	0,86	0,46	0,35	12	0,98	0,20	0,17	15
I	0,97	0,46	0,32	14	0,95	0,37	0,28	13	0,94	0,23	0,20	14
J	0,86	0,56	0,39	11	0,81	0,50	0,38	11	0,69	0,49	0,41	10
K	0,57	0,85	0,60	7	0,65	0,66	0,50	10	0,86	0,32	0,27	11
L	0,36	1,06	0,74	1	0,48	0,85	0,64	5	0,31	0,87	0,73	2
M	0,64	0,78	0,55	8	0,47	0,84	0,64	4	0,58	0,60	0,51	7
N	0,92	0,50	0,35	13	1,03	0,29	0,22	15	0,89	0,28	0,24	12
O	0,54	0,87	0,62	6	0,54	0,77	0,59	7	0,67	0,52	0,44	9

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.5 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste de uma etapa que tem como intuito verificar de que forma as variações nos parâmetros influenciam os resultados obtidos. Para o presente modelo, realizou-se uma análise de sensibilidade através da proposição de oito cenários distintos. Cada cenário em questão é caracterizado pela variação nos pesos de importância atribuídos aos critérios de impacto do modelo. Dessa forma, adotou-se valores máximos e mínimos para esses critérios, caracterizados pelas variáveis extremamente baixa (EB) e extremamente alta no modelo *Fuzzy TOPSIS*. Desse modo, verificou-se uma variação nos valores agregados e, conseqüentemente, no *ranking* final das alternativas. Os resultados obtidos são dispostos através de gráficos do tipo tornado. O Quadro 16 apresenta os diferentes cenários adotados para a análise de sensibilidade do modelo para os materiais de instalação de combate a incêndio, elétrica e hidrossanitária.

Quadro 16 – Cenários da análise de sensibilidade do modelo

	Peso de classificação					
	Impacto				Probabilidade de ocorrência	Facilidade de detecção
	Compras	Logística interna	Gestão de estoque	Execução do projeto		
<b>Cenário I</b>	<i>Valor Mínimo</i>	Manter valores	Manter valores	Manter valores	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário II</b>	<i>Valor Máximo</i>	Manter valores	Manter valores	Manter valores	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário III</b>	Manter valores	<i>Valor Mínimo</i>	Manter valores	Manter valores	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário IV</b>	Manter valores	<i>Valor Máximo</i>	Manter valores	Manter valores	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário V</b>	Manter valores	Manter valores	<i>Valor Mínimo</i>	Manter valores	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário VI</b>	Manter valores	Manter valores	<i>Valor Máximo</i>	Manter valores	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário VII</b>	Manter valores	Manter valores	Manter valores	<i>Valor Mínimo</i>	Manter valores	Manter valores
<b>Cenário VIII</b>	Manter valores	Manter valores	Manter valores	<i>Valor Máximo</i>	Manter valores	Manter valores

Fonte: elaborado pelo autor.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo de Resultados e Discussões apresenta e discorre acerca do produto obtido com a aplicação do modelo de avaliação de risco proposto neste estudo. De início, tem-se uma análise das causas, apresentadas no Quadro 5, para as incertezas identificadas neste trabalho.

Através da análise das causas consideradas, pode-se agrupar esse resultado em diferentes grupos. No que diz respeito às causas devido a características de gerenciamento e planejamento, destacam-se aquelas relacionadas ao planejamento de aquisições ou de logística e controle dos materiais dentro do canteiro. Com relação às causas de cunho técnico, tem-se aquelas relacionadas à quantidade e qualidade dos materiais, bem como à eficiência para execução das atividades operacionais. Para as questões regulatórias ou contratuais, tem-se as exigências técnicas das normas e as características de execução das atividades detalhadas no contrato. Por fim, para a questão de execução das atividades, tem-se as causas de origem operacional relacionadas à qualidade e eficiência de execução das atividades.

Uma vez identificadas e definidas as possíveis causas para cada incerteza, caracteriza-se a aplicação do método *Fuzzy* TOPSIS e assim obtém-se uma hierarquia para os riscos abordados nesse estudo. Desse modo, os riscos que se apresentam nas primeiras posições dessa hierarquia são vistos como os que merecem maior atenção, uma vez que possuem maior impacto, maior probabilidade de ocorrência ou menor facilidade de detecção em relação aos demais. O Quadro 17 apresenta de forma resumida o resultado obtido para a hierarquização desses riscos em relação aos três tipos de materiais de instalações abordados.

De acordo com a hierarquização apresentada no Quadro 17, tem-se que os riscos em estudos se comportam de forma distinta de acordo com os diferentes materiais de instalações considerados. Nesse cenário, observa-se a mudança significativa de alguns fatores, tais como o risco relacionado aos problemas de comunicação ou fluxo de informações, que, para as instalações de combate a incêndio apresenta-se em primeiro lugar e para instalações elétricas, em quinto lugar. De maneira similar, tem-se que o risco relacionado à pouca disponibilidade de espaço para trabalho/layout inadequado passou da segunda para a nona posição na hierarquia, quando se compara as instalações de combate a incêndio e elétrica. De maneira oposta, podem-se ressaltar ainda riscos relacionados com as dificuldades com aprovação dos projetos, procedimentos burocráticos e apoio da alta gerência e fornecedores com baixo desempenho ou pouca competência, sendo estes fatores os que apresentam pouca ou nenhuma mudança de hierarquia quando se consideram os diferentes tipos de materiais.

Quadro 17 – Resultado da hierarquização dos riscos

Risco		Ranking dos riscos para as instalações		
		Combate a incêndio	Elétricas	Hidrossanitárias
A	Atraso no fornecimento de materiais	4°	1°	1°
B	Projetos de instalações de baixa qualidade (Ex.: pouco detalhamento, erros, etc.)	3°	2°	5°
C	Mudança do tipo de materiais durante a fase de execução do projeto	10°	3°	4°
D	Pouca disponibilidade de espaço para trabalho / layout inadequado	2°	9°	8°
E	Falta de recursos financeiros para desenvolver as atividades do projeto	5°	6°	3°
F	Mão de obra pouco qualificada	15°	14°	13°
G	Baixa velocidade de construção	9°	8°	6°
H	Processos rígidos que não acomodam mudanças.	12°	12°	15°
I	Dificuldades com aprovação dos projetos, procedimentos burocráticos e apoio da alta gerência.	14°	13°	14°
J	Fornecedores com baixo desempenho ou pouca competência	11°	11°	10°
K	Conflitos com fornecedores devido a questões contratuais	7°	10°	11°
L	Problemas de comunicação ou fluxo de informações	1°	5°	2°
M	Ausência/ineficácia de um sistema de controle para os materiais	8°	4°	7°
N	Problemas devido a normas e códigos	13°	15°	12°
O	Falta de segurança dentro do canteiro	6°	7°	9°

Fonte: elaborado pelo autor.

Quando se observam os riscos mais críticos, especificamente aqueles que ocupam as três primeiras posições de cada hierarquia, tem-se a necessidade de uma atenção especial aos fatores relacionados aos problemas de comunicação e fluxo de informação, pouca disponibilidade de espaço para trabalho/layout inadequado, projetos de instalações de baixa qualidade, atraso no fornecimento de materiais, mudança do tipo de materiais durante a fase de execução do projeto e falta de recursos financeiros para desenvolver as atividades do projeto.

Ao se observar a literatura, Gosling, Naim e Towill (2013) apontam que os riscos de comunicação, em específico no que diz respeito ao fluxo de informação dos clientes, apresentam-se como o grupo mais crítico, quando se observa o impacto e a probabilidade de ocorrência dos 42 fatores considerados em seu estudo. De acordo com Aloini et al (2012), riscos de comunicação se encontram entre os cinco tipos de riscos mais citados na literatura quando se considera o contexto da cadeia de suprimentos. Para esses autores, esses riscos causam efeitos como o não compartilhamento do conhecimento, o uso indevido de tecnologia, o longo



tempo para as respostas e a ausência de Informação nas atividades. Ainda nesse cenário, pode-se afirmar que os riscos relacionados a esse tipo de problema são vistos como de responsabilidade de todos os atores da cadeia de suprimentos (projetistas, clientes, fornecedor e contratante), ressaltando ainda mais a sua importância e controle.

No que diz respeito aos riscos relacionados ao pouco espaço de trabalho ou layout inadequado, não se identifica uma variedade de trabalhos na literatura que indicam esse fator como sendo de extrema importância. Luo et al. (2019) apontam que esse risco, em específico à gestão do layout, deve ser considerado, porém não se encontra entre os dez mais importantes. Ao se analisarem os dados obtidos pela aplicação do modelo proposto no presente estudo, observa-se que esse tipo de risco possui um impacto considerável, principalmente nas áreas de logística interna e gestão do estoque, destacando as áreas que demandam maior atenção. Essa diferença de importância pode ser explicada pelo fato de que na cidade de Fortaleza, bem como outras grandes cidades brasileiras, observa-se cada vez mais tamanhos menores de áreas para obras urbanas, ressaltando assim uma dificuldade de gestão de layout para esses casos.

Para os riscos relacionados ao atraso no fornecimento de materiais, Gosling, Naim e Towill (2013) apontam esse fator como sendo de responsabilidade dos fornecedores. Garantir a entrega no destino, prazo e quantidades corretas é de fundamental importância para o andamento das atividades na construção, uma vez que muitas atividades estão relacionadas e dependem desses materiais. Quando se consideram os materiais de instalações em específico, essa realidade se torna ainda mais prejudicada, uma vez que alguns componentes específicos encontrados nas instalações elétrica e hidrossanitária, por exemplo, são essenciais para a liberação de muitas outras frentes de serviço. Para as instalações elétricas, os riscos relacionados ao atraso no fornecimento de materiais se apresentam em primeira posição. De acordo com os resultados obtidos com a aplicação do modelo para instalações elétricas, tem-se que esse tipo de risco causa impacto principalmente nas áreas de compras e execução do projeto.

Além do atraso na entrega, outro fator que merece atenção são as mudanças de especificação de materiais. Pode-se encontrar a presença desse fator nos estudos de Gosling, Naim e Towill (2013), Luo et al (2019) e Rudolfand e Spinler (2018). Sob esse ponto de vista, destaca-se o impacto desse fator principalmente na área de compras e execução do projeto, uma vez que afetam diretamente essas áreas. Essas mudanças, quando ocorrem, podem ser responsáveis por mudanças no projeto. Além disso, quando essas mudanças ocorrem durante a fase de execução, tornam-se ainda mais significativas uma vez que podem atrasar ou impossibilitar a execução de outros serviços.

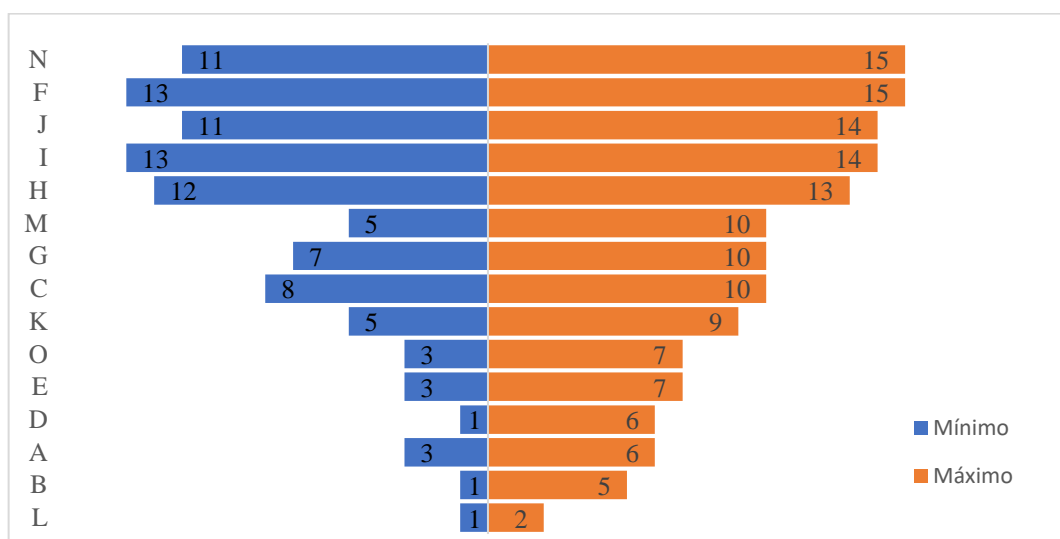
Os riscos relacionados à qualidade dos projetos ocupam uma posição de destaque, quando se consideram as instalações de combate a incêndio e elétrica (terceiro e segundo lugar, respectivamente). Luo et al (2019) apresentam esse tipo de risco com foco especificamente em erros nos projetos. De acordo com a análise proposta no presente estudo, tem-se que esse fator possui um impacto considerável, principalmente na área de execução do projeto.

Por fim, vale salientar os riscos que se relacionam com a falta de recursos financeiros. Observa-se, nesse caso, que muitos projetos precisam se adaptar ao orçamento estipulado, limitando assim a adoção de alguns tipos de materiais com custo mais elevado. Podemos destacar materiais hidrossanitários, nos quais se observam uma gama de produtos com preço bastante elevado, tornando as atividades de compra e execução do projeto mais onerosas. Corroborando com esse pensamento, observa-se na aplicação do modelo desenvolvido nesse estudo, que para esse tipo de risco, as áreas de compras e execução dos projetos são as mais relevantes na determinação do seu impacto.

### 5.1 Resultados da análise de sensibilidade

Ao se aplicarem as variações nos pesos de importância de acordo com os oito cenários mencionados na metodologia desse estudo, tem-se uma variação na hierarquia final obtida para os riscos dos diferentes tipos de materiais de instalação. Para todas essas variações, coletam-se as posições de todas as hierarquias obtidas em que se observam os valores máximos e mínimos desse parâmetro (APÊNDICES M, N e O). As figuras 7, 8 e 9 apresentam os resultados obtidos para essa análise através da construção de gráficos tornado.

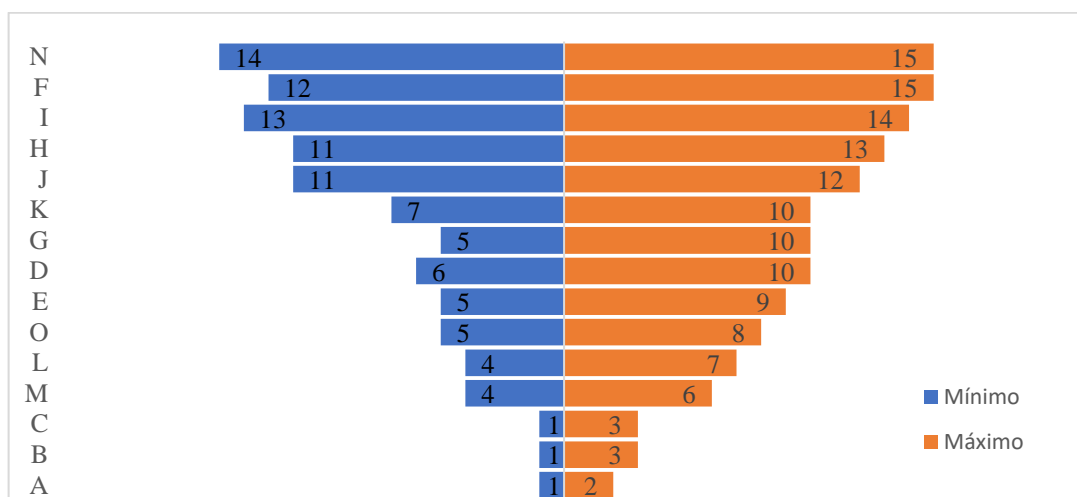
Figura 7 – Análise de sensibilidade – Instalação de combate a incêndio



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao se observar a Figura 7, identificam os maiores e menores intervalos obtidos para a análise de sensibilidade referente aos materiais de instalação de combate a incêndio. Desse modo, observa-se que os riscos referentes à pouca disponibilidade de espaço para trabalho/layout inadequado e ausência/ineficácia de um sistema de controle para os materiais (riscos D e M, respectivamente) são os que apresentam maiores variações nas hierarquias obtidas (cinco posições), indicando assim uma baixa estabilidade dentro do modelo. De maneira análoga, identifica-se que os riscos referentes aos processos rígidos que não acomodam mudanças, dificuldades com aprovação dos projetos, procedimentos burocráticos e apoio da alta gerência e problemas de comunicação ou fluxo de informações (riscos H, I e L, respectivamente) são os que apresentam menores variações no modelo (uma posição). Assim, subentende-se que esses riscos são os que se apresentam com maior estabilidade e menos sensibilidade às alterações nos critérios.

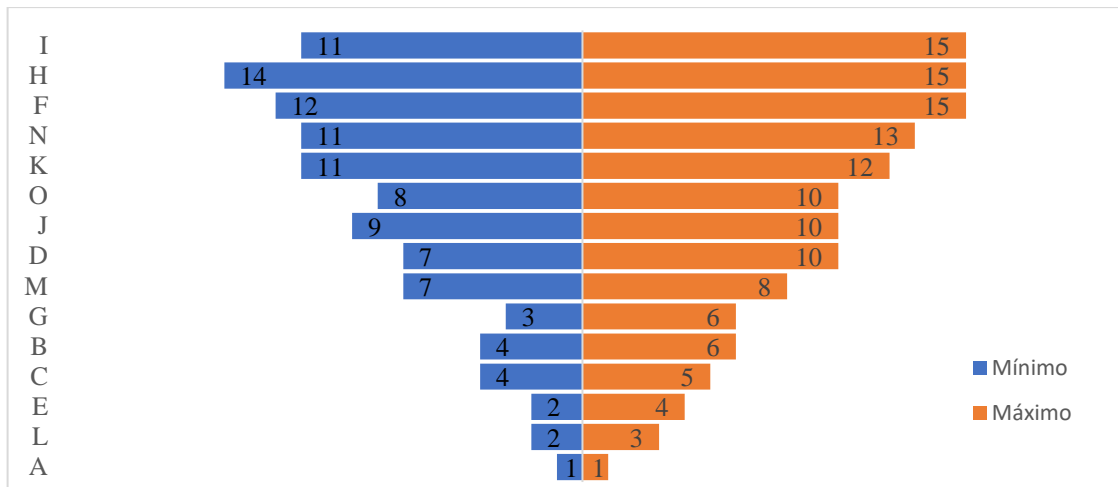
Figura 8 – Análise de sensibilidade – Instalação elétrica



Fonte: elaborado pelo autor.

Similar ao que se faz na análise dos materiais de combate a incêndio, pode-se executar para os materiais de instalação elétrica e hidrossanitária. Assim, de acordo com a Figura 8, para os materiais de instalação elétrica se observa uma baixa estabilidade no risco relacionado à baixa velocidade de construção (risco G), apresentando uma variação de cinco posições na hierarquia; enquanto que os riscos relacionados ao atraso no fornecimento de materiais, dificuldades com aprovação dos projetos, procedimentos burocráticos e apoio da alta gerência, fornecedores com baixo desempenho ou pouca competência e problemas devido a normas e códigos (riscos A, I, J e N, respectivamente) apresentam maior estabilidade através da variação de apenas uma posição na hierarquia.

Figura 9 – Análise de sensibilidade – Instalação hidrossanitária



Fonte: elaborado pelo autor.

Para as instalações hidrossanitária, a Figura 9 mostra o risco relacionado às dificuldades com aprovação dos projetos, procedimentos burocráticos e apoio da alta gerência (risco I) como menos estável, através da variação de quatro posições; enquanto que o risco que diz respeito ao atraso no fornecimento de materiais (risco A) se mantém constante em todos os cenários, demonstrando assim uma maior estabilidade em relação aos demais.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção do modelo proposto nesse estudo foi de grande importância uma vez que possibilitou a identificação e ordenação dos riscos relacionados a materiais considerados como relevantes no contexto da cadeia de suprimentos da construção civil. Todas as etapas presentes nessa pesquisa fornecem o embasamento necessário para a elaboração e aplicação do modelo de apoio à decisão multicritério.

Quando se analisam as abordagens na literatura relacionadas a esse cenário, tem-se um número limitado de estudos que dizem respeito à criação e aplicação de modelos de apoio à decisão voltados a cadeia de suprimentos na construção, caracterizando assim uma lacuna de conhecimento a ser preenchida. Dentre as abordagens identificadas, percebeu-se que a consideração dos riscos nessa cadeia está aplicada, em sua maioria, a trabalhos internacionais, carecendo assim de uma análise mais específica para o cenário brasileiro.

Como resultado, conclui-se que as principais causas dos riscos possuem características técnicas (quantidade e qualidade dos materiais bem como a eficiência para execução das atividades operacionais), regulatórias ou contratuais (exigências técnicas das normas bem como as características de execução das atividades detalhadas no contrato), no gerenciamento e planejamento (planejamento de aquisições ou de logística e controle dos materiais dentro do canteiro), e práticas relacionadas à execução das atividades (qualidade e eficiência de execução das atividades).

Através da abordagem numérica, realizada pela aplicação do método de apoio à decisão multicritério, foi possível uma obtenção detalhada sobre a potencialidade das alternativas. Pela utilização do *Fuzzy* TOPSIS, tornou-se possível não somente a ordenação dos riscos de forma agregada, como também o conhecimento de seus impactos em áreas específicas da cadeia de suprimentos, tais como: compras, logística interna, gestão de estoque, execução de projeto. Como resultado, destaca-se a necessidade de uma atenção especial aos fatores relacionados aos problemas de comunicação e fluxo de informação, pouca disponibilidade de espaço para trabalho/layout inadequado, projetos de instalações de baixa qualidade, atraso no fornecimento de materiais, mudança do tipo de materiais durante a fase de execução do projeto e falta de recursos financeiros para desenvolver as atividades do projeto.

A avaliação dos riscos através de uma abordagem multicritério traz uma contribuição efetiva, pois permite abordar problemas reais e complexos enfrentados na indústria da construção, mostrando um resultado preciso e de forma objetiva. Assim, conclui-se que os

objetivos do estudo foram atingidos e a metodologia proposta foi capaz de apresentar resultados de forma racional e transparente.

### **6.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Com base no presente estudo e no modelo desenvolvido para apoiar o processo de decisão na avaliação de riscos da cadeia de suprimentos na construção civil, apresentam-se sugestões para trabalhos futuros a fim de que se amplie o conhecimento e se aprimore o processo de decisão no setor da construção:

- Utilizar a cadeia de suprimentos como base para a aplicação de diferentes métodos de apoio à decisão, comparando os resultados obtidos de modo que se tenha uma noção das diferenças em cada abordagem;
- Estender a utilização de métodos de apoio à decisão não apenas para a definição dos riscos, como também para a caracterização dos critérios que melhor representa o impacto das incertezas no modelo;
- Utilizar a hierarquia fornecida pelo modelo para a determinação de ações não apenas de identificação e avaliação, como também tratamento e monitoramento dos riscos;
- Realizar uma análise em diferentes partes do mundo, ou para diferentes segmentos da construção, de modo que seja possível a obtenção mais representativa dos riscos por região ou de acordo com as características da edificação ou do mercado;
- Desenvolver um modelo que seja capaz de considerar as preferências não apenas dos empreiteiros como também de seus fornecedores e subcontratados, caracterizando assim os impactos nos demais setores relacionados com a construção.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL KADIR, M.R.; LEE, W.P.; JAAFA, M.S.; SAPUAN, S.M.; ALI, A. A. A. Factors affecting construction labour productivity for Malaysian residential projects. **Structural survey**, v. 23, n. 1, p. 42-54, 2005.
- ABNT. Gestão de Riscos – Princípios e diretrizes. **NBR ISO 31000**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2009.
- ALAGHBARI, W.; AL-SAKKAF, A. A.; SULTAN, B. Factors affecting construction labour productivity in Yemen. **International Journal of Construction Management**, v. 19, n. 1, p. 79–91, 2019.
- ALARCÓN, L. F.; MATURANA, S.; SCHONHERR, I. Impact of Using an E-Marketplace in the Construction Supply Process: Lessons from a Case Study. **Journal of Management in Engineering**, v. 25, n. 4, p. 214–220, 2009.
- ALINAITWE, H. M.; MWAKALI, J. A.; HANSSON, B. Factors affecting the productivity of building craftsmen-Studies of Uganda. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 13, n. 3, p. 169–176, 2007.
- ALOINI, D.; DULMIN, R.; MININNO, V.; PONTICELLI, S. Supply chain management: A review of implementation risks in the construction industry. **Business Process Management Journal**, v. 18, n. 5, p. 735–761, 2012.
- BAI, X.; ZHAO, H. Logistics Risk Research of Prefabricated House Construction Engineering Based On Credibility Method. **The Civil Engineering Journal**, v. 2, p. 114-127, 2017.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALOI, D.; PRICE, A. D. F. Modelling global risk factors affecting construction cost performance. **International Journal of Project Management**, v. 21, n. 4, p. 261–269, 2003.
- BANAITIENE, N.; BANAITIS, A. **Risk Management in Construction Projects**. 1. ed. Croácia: InTech, 2012.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2007.

BRISCOE, G. H.; DAINTY, A. R. J.; MILLETT, S. J.; NEALE, R. H. Client-led strategies for construction supply chain improvement. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 2, p. 193–201, 2004.

BRISCOE, G.; DAINTY, A. Case study Construction supply chain integration: an elusive goal? **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 10, n. 4, p. 319–326, 2005.

BRISCOE, G.; DAINTY, A. R. J.; MILLETT, S. Construction supply chain partnerships: Skills, knowledge and attitudinal requirements. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, n. 4, p. 243–255, 2001.

BROFT, R.; BADI, S. M.; PRYKE, S. Towards supply chain maturity in construction. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 6, n. 2, p. 187–204, 2016.

BUZI, D.; JUNGLES, E.; AVILA, A. Gerenciamento de Riscos em Incorporações Imobiliárias: uma abordagem utilizando a lógica fuzzy. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

CHAPMAN, R. J. The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. **International Journal of Project management**, v. 19, n. 3, p. 147–160, 2001.

CHEN, C. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. **Fuzzy sets and systems**, v. 114, n. 1, p. 1-9, 2000.

CHEN, C.; LIN, C.; HUANG, S. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. **International journal of production economics**, v. 102, n. 2, p. 289-301, 2006.

CHIGARA, B.; MOYO, T. Factors Affecting Labor Productivity on Building Projects in Zimbabwe. **International Journal of Architecture, Engineering and Construction**, v. 3, n. 1, p. 57–65, 2014.



CHO, C.-S.; GIBSON JR., G. E. Building project scope definition using project definition rating index. **Journal of Architectural Engineering**, v. 7, n. 4, p. 115–125, 2001.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações**. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2011.

CHRISTOPHER, M. **Logística E Gerenciamento Da Cadeia De Suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Cengage do Brasil, 2012.

DADA, J. O.; JAGBORO, G. O. An evaluation of the impact of risk on project cost overrun in the Nigerian construction industry. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 12, n. 1, p. 37-44, 2007.

DE RIDDER, H. J.; VRIJHOEF, R. Process and system innovation in the building and construction industry: developing a model for integrated value chain and life cycle management of built objects. *In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 2004, Toronto. Anais...* Toronto. 2004.

DUBOIS, A.; GADDE, L. E. The construction industry as a loosely coupled system: Implications for productivity and innovation. **Construction Management and Economics**, v. 20, n. 7, p. 621–631, 2002.

EL-GOHARY, K. M.; AZIZ, R. F. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. **Journal of management in engineering**, v. 30, n. 1, 2013.

ENSHASSI, A.; MOHAMED, S.; MUSTAFA, Z. A.; MAYER, P. E. Factors affecting labour productivity in building projects in the Gaza strip projects in the gaza strip. **Journal of civil engineering and management**, v. 13, n. 4, p. 245–254, 2007.

FEARNE, A.; FOWLER, N. Efficiency versus effectiveness in construction supply chains: the dangers of “lean” thinking in isolation. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 4, p. 283–287, 2006.

FELLOWS, R.; LIU, A. **Research methods for construction**. 4. ed. Nova Iorque, Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc, 2015.

GERGES, M.; AHIKWO, O.; KAPOGIANNIS, G.; SAIDANI, M.; SARAIREH, D. Investigating and ranking labor productivity factors in the Egyptian Construction Industry. **Journal of Architecture**, v. 5, n. 1, p. 44-52, 2011.

GOHAR, A. S.; KHANZADI, M.; FARMANI, M. Identifying and evaluating risks of construction projects in fuzzy environment: a case study in Iranian construction industry. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 5, n. 11, p. 3593-3602, 2012.

GOMES, E. G.; LETA, F. R.; PESSOLANI, R. B. V. Conceitos básicos do Apoio Multicritério à Decisão e sua aplicação no Projeto Aerodesign. **Engevista**, v. 5, n. 8, P. 22-35, 2003.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial Enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas S.A., 2014.

GOSLING, J.; NAIM, M.; TOWILL, D. Identifying and Categorizing the Sources of Uncertainty in Construction Supply Chains. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 1, p. 102–110, 2013.

HARLAND, C.; BRENCHLEY, R.; WALKER, H. Risk in supply networks. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 9, n. 2, p. 51–62, 2003.

HARTMANN, A.; CAERTELING, J. Subcontractor procurement in construction: The interplay of price and trust. **Supply Chain Management**, v. 15, n. 5, p. 354–362, 2010.

HUGHES, R.; THORPE, D. A review of enabling factors in construction industry productivity in an Australian environment. **Construction Innovation**, v. 14, n. 2, p. 210–228, 2014.

IRIZARRY, J.; KARAN, E. P.; JALAEI, F. Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. **Automation in Construction**, v. 31, p. 241–254, 2013.

ISATTO, E. L. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação inter-organizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**. 287 f. Tese (Doutor em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JARKAS, A. M. Factors influencing labour productivity in Bahrain's construction industry. **International Journal of Construction Management**, v. 15, n. 1, p. 94–108, 2015.

JARKAS, A. M.; AL BALUSHI, R. A.; RAVEENDRANATH, P. K. Determinants of construction labour productivity in Oman. **International Journal of Construction Management**, v. 15, n. 4, p. 332–344, 2015.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. Factors affecting construction labour productivity in Kuwait. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. July, p. 811–820, 2011.

JĄSKOWSKI, P.; SOBOTKA, A.; CZARNIGOWSKA, A. Decision model for planning material supply channels in construction. **Automation in Construction**, v. 90, p. 235–242, 2018.

JU, Q.; DING, L.; SKIBNIEWSKI, M. J. Optimization strategies to eliminate interface conflicts in complex supply chains of construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 6, p. 712–726, 2017.

KAMING, P. F.; OLOMOLAIYE, P. O.; HOLT, G. D.; HARRIS, F. C. Factors influencing craftsmen's productivity in Indonesia. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 1, p. 21-30, 1997.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S. Organizational Factors Influencing Construction Manpower Productivity in Turkey. *In: ASSOCIATION OF RESEARCHERS IN CONSTRUCTION MANAGEMENT CONFERENCE, 22., 2006, Birmingham. Anais...* Birmingham. 2006.

KHAN, S. A.; CHAABANE, A.; DWEIRI, F. T. Multi-Criteria Decision-Making Methods Application in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *In: Multi-Criteria Methods and Techniques Applied to Supply Chain Management*. IntechOpen, 2018. p. 31.

KIM, S.; NGUYEN, V. T. A Structural model for the impact of supply chain relationship traits on project performance in construction. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 2, p. 170-183, 2018.

KUMAR, V.; VISWANADHAM, N. A CBR-based decision support system framework for construction supply chain risk management. *In: IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, 3., Scottsdale. Anais...* Scottsdale. 2007.

KUMARASWAMY, M. M.; LING, F. Y.; RAHMAN, M. M.; PHNG, S. T. Constructing Relationally Integrated Teams. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 10, p. 1076–1086, 2005.

LIU, J.; LU, M. Constraint Programming Approach to Optimizing Project Schedules under Material Logistics and Crew Availability Constraints. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 7, 2018.

LIU, Z.; GUO, C. Study on the risks management of construction supply chain. In: 2009 IEEE/INFORMS INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICE OPERATIONS, LOGISTICS AND INFORMATICS, Chicago. **Anais...** Chicago: 2009.

LONDON, K.; KENLEY, R. Mapping construction supply chains : widening the traditional perspective of the industry. In: EUROPEAN ASSOCIATION OF RESEARCH IN INDUSTRIAL ECONOMIC EARIE CONFERENCE. Lausanne. **Anais...** Lausanne: European Association of Research in Industrial Economics, 2000.

LUO, L.; SHEN, G. Q.; XU, G.; LIU, Y.; WANG, Y. Stakeholder-Associated Supply Chain Risks and Their Interactions in a Prefabricated Building Project in Hong Kong. **Journal of Management in Engineering**, v. 35, n. 2, 2019.

MAKULSAWATUDOM, A.; EMSLEY, M.; AKINTOYE, A. Factors affecting the productivity of the construction industry in Thailand: The project managers' perception. In: 17TH ANNUAL ARCOM CONFERENCE, Salford, Greater Manchester, Reino Unido. **Anais...** p. 281-290. 2001.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; NOR, K. M. D.; KHALIFAH, Z.; ZAKWAN, N.; VALIPOUR, A. Multiple criteria decision-making techniques and their applications - A review of the literature from 2000 to 2014. **Economic Research-Ekonomiska Istrazivanja** , v. 28, n. 1, p. 516–571, 2015.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications - Two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 8, p. 4126–4148, 2015.

MARQUES, U. S. **Análise de decisões na incerteza e gestão de fatores de risco que influenciam o sucesso de projetos de edifícios aplicando o project definition rating index.**

Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

MBACHU, J. Conceptual framework for the assessment of subcontractors' eligibility and performance in the construction industry. **Construction Management and Economics**, v. 26, n. 5, p. 471–484, 2008.

MILLS, A. A systematic approach to risk management for construction. **Structural Survey**, v. 19, n. 5, p. 245–252, 2001.

MONETTI, E.; ALFREDO, S.; ROCHA, R. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO*, 4., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2005.

MOON, S.; XU, S.; HOU, L.; WU, C.; WANG, X.; TAM, V. W. Y. RFID-Aided Tracking System to Improve Work Efficiency of Scaffold Supplier: Stock Management in Australasian Supply Chain. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 2, 2017.

MULHOLLAND, B.; CHRISTIAN, J. Risk assessment in construction schedules. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 1, p. 8–15, 1999.

NAIK, M. B; SHARMA, N. D.; KASHIYANI, B. K. A review on factors affecting contractor performance in construction work. **International Journal of Advanced Research in Engineering, Science and Management**, p. 1-8, 2014.

NORRMAN, A.; LINDROTH, R. Categorization of supply chain risk and risk management. *In: Supply Chain Risk*. Reino Unido: Ashgate, 2004. p. 14–27.

OLOFSSON, T.; SEGERSTEDT, A. Supply chains in the construction industry. **Supply Chain Management: An International Journal**, p. 347-353, 2010.

PAPADONIKOLAKI, E.; VRIJHOEF, R.; WAMELINK, H. The interdependences of BIM and supply chain partnering: empirical explorations. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 12, n. 6, p. 476–494, 2016.

PMI. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos (PMBOK® Guide Ed. 2017)**. 6 ed. ed. Project Management Institute, Inc, 2017.

PORTER, M. **Competitive advantage: creating and sustaining superior performance.** 1 ed. Nova lorque: The Free Press, 1985.

RUDOLF, Christian A.; SPINLER, Stefan. Key risks in the supply chain of large scale engineering and construction projects. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2018.

SAATY, T. L.; ERGU, D. When is a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multi-Criteria Decision-Making Methods. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 14, n. 6, p. 1171–1187, 2015.

SOBOTKA, A.; CZARNIGOWSKA, A. Analysis of supply system models for planning construction project logistics. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 11, n. 1, p. 73–82, 2005.

TAH, J. H. M.; CARR, V. Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain. **Advances in Engineering Software**, v. 32, n. 10–11, p. 835–846, 2001.

TAHIR, M.A.; HASHIMHANIF, S.Z.A.; HANIF, A. Factors affecting labor productivity in building projects of Pakistan. **International Journal of Management and Applied Science**. v.1, n.2, p. 37-42, 2015.

THOMAS, A. V; SUDHAKUMAR, J. Factors Influencing Construction Labour Productivity: An Indian Case Study. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 19, n. 1, p. 53–68, 2014.

TZENG, G.; HUANG, J. **Multiple attribute decision making methods and applications.** Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2011.

VALVERDE-GASCUEÑA, N.; NAVARRO-ASTOR, E.; FUENTES-DEL-BURGO, J.; RUIZ-FERNANDEZ, J. P. Factors that affect the productivity of construction projects in small and medium companies: Analysis of its impact on planning. **Management**, v. 879, p. 888, 2010.

VERBANO, C.; VENTURINI, K. Development paths of risk management: Approaches, methods and fields of application. **Journal of Risk Research**, v. 14, n. 5, p. 519–550, 2011.

VRIJHOEF, R.; DE RIDDER, H. A. J. Supply chain integration for achieving best value for construction clients: Client-driven versus supplier-driven integration. *In: Proceedings QUT Research Week, Brisbane. Anais...* Brisbane. 2005.

WANG, S. Q.; DULAIMI, M. F.; AGURIA, M. Y. Risk management framework for construction projects in developing countries. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 3, p. 237–252, 2004.

XIE, H.; PALANI, D. Analysis of Overstock in Construction Supply Chain and Inventory Optimization. *In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2018, Nova Orleans. Anais...* Nova Orleans: American Society of Civil Engineers, 2018.

XUE, X.; WANG, Y.; SHEN, Q.; YU, X. Coordination mechanisms for construction supply chain management in the Internet environment. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 2, p. 150–157, 2007.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZAVADSKAS, E. K.; ANTUCHEVICIENE, J.; TURSKIS, Z.; ADELI, H. Hybrid Multiple Criteria Decision Making Methods: a Review of Applications in Engineering. **Scientia Iranica**, v. 23, n. 1, p. 1–20, 2017.

ZAVADSKAS, E. K.; MARDANI, A.; TURSKIS, Z.; JUSOH, A.; NOR, K. M. Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems: An overview on developments from 2000 to 2015. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 15, n. 3, p. 645-682, 2016.

ZHOU, D.; PENG, Y.; CHEN, Y. S. The Problems and Improvements of Construction Enterprises Supply Chain Partnership Management in China. **Applied Mechanics and Materials**, v. 256–259, p. 3073–3076, 2012.

ZIJM, H.; KLUMPP, M.; REGATTIERI, A.; HERAGU, S. **Operations, Logistics and Supply Chain Management**. 1. ed., Springer International Publishing, 2001

**APÊNDICE A – RISCOS RELACIONADOS ÀS CADEIAS DE SUPRIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.**

Autor(es)	Classificação dos riscos	Riscos
Gosling, Naim e Towill (2013)	Controle	Garantia das informações de clientes de maneira correta e rápida
		Atingir objetivos do projeto
		Competência da equipe de projeto
		Eficácia dos acordos contratuais
		Tomada de decisão fragmentada
		Permissões de agentes reguladores
		Objetivos compartilhados
		Falta de itens no planejamento
		Informações de consultores de maneira correta e rápida
	Demanda	Planejamento ineficaz
		Processos rígidos que não acomodam mudanças
		Problemas com aprovação dos projetos
		Problemas com alterações nos projetos
		Problemas de pagamento
		Problemas de tecnologia ou técnica de trabalho
		Problemas com a viabilidade a longo prazo
	Externo	Condições do tempo
		Situação econômica do mercado
		Características da obra (físicas/geológicas)
	Processo	Precisão dos projetos
		Quantidade de espaço de armazenamento disponível
		Quantidade de espaço de trabalho disponível
		Competência da administração local
Custos altos		
Danos		
Problemas na entrega de materiais no local da obra		



		Gargalos
		Indisponibilidade de equipamentos
		Falta de recurso para desenvolver as atividades
		Problemas de qualidade
		Atividades sem segurança
		Problemas de segurança em geral
		Impacto na comunidade local
		Velocidade de construção
		Volatilidade do fluxo de trabalho
	Fornecimento	Desempenho de fornecedores
	Fornecimento	Capacidade de terceirizados
	Fornecimento	Consistência de fornecedores
	Fornecimento	Adiamento ou atraso nas entregas
	Fornecimento	Capacidade de resposta dos fornecedores
	Fornecimento	Falência dos subcontratados
	Fornecimento	Disponibilidade de informação pelos fornecedores
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Capacidade de resolução de conflitos
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Problemas de confiança mútua
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Definição das metas e objetivos
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Problemas de comunicação
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Falta de mentalidade de ganho múltiplo entre as partes
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Relações comerciais de longo e curto prazo
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Problemas com a alocação de riscos
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Ausência de um pensamento de melhoria contínua
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Fragmentação da equipe (sentimento de trabalho em grupo)
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Apoio da alta gerência
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Aprendizagem e inovação
Kim e Nguyen (2018)	Riscos que afetam as relações na cadeia de suprimentos das construções	Compartilhamento de recursos
Rudolfand e Spinler (2018)	Meio Ambiente	Problemas econômicos relacionados ao meio ambiente
Rudolfand e Spinler (2018)	Meio Ambiente	Problemas sociais

		Problemas com leis e regulamentos ambientais
		Eventos naturais
		Problemas políticos e governamentais
		Segurança e Saúde Ambiental
		Problemas culturais
		Normas e códigos
	Coordenação e gestão da cadeia de suprimentos	Problemas de gestão na cadeia de suprimentos
		Problemas de configuração na cadeia de suprimentos
		Mudanças no escopo do projeto
		Problemas de planejamento e previsão
		Logística
		Escopo e especificação da linha de base
		Responsabilidade social corporativa
		Problemas de comunicação
		Problemas de inventário
		Problemas no fluxo de caixa de fornecedores
	Fornecedor	Desempenho de fornecedores
		Problemas de mercado e com fornecedores
		Condições contratuais com fornecedores
		Estabilidade financeira dos fornecedores
		Problemas de infraestrutura e recursos dos fornecedores
		Subfornecedores
		Experiência do fornecedor
	Comportamento e cooperação	Colaboração e parceria
		compromisso mútuo para o sucesso do projeto
		Problemas de confiança em terceirizados
		Falta de sentimento do "ganho múltiplo"
		Funcionários sem uma cultura corporativa
Bai e Zhao (2017)	Risco logístico de compra	Compra de componente não oportuna
		Seleção de fornecedores

		Riscos em contratos
		O risco de preço dos materiais
		Riscos inesperados
	Risco logístico de manipulação	Risco de danos aos componentes
		Casualidades
		Dano do equipamento de içagem
	Risco logístico de transporte	Seleção de rotas de transporte para materiais
		Problemas nas vias de transporte
		Seleção para o transporte de componentes
		Problemas de Força Maior
	Risco logístico de estoque	Problema de erro nos dados
		Perda/roubo de material
		Variação de preços para os materiais
		Custo de inventário de componentes
		Problemas de Força Maior
Luo et al (2019)	Controle	Problemas de comunicação
		Planejamento inadequado
		Problema com importação de produtos (declarações)
		Excesso de procedimentos burocráticos
		Questões de política governamental da empresa
	Demanda	Mudanças de projeto
		Pagamento atrasado
		Recurso e disponibilidade de tempo inadequados
		Demora para montagem das peças
	Externo	Acidentes de trânsito
		Problemas climáticos
	Processo	Problemas de aprovação dos projetos
		Erros de projeto
		Erro na identificação dos componentes
		Identificação inadequada para os componentes

		Má gestão layout da fábrica
		Dano de componentes
		Má qualidade dos componentes
		Demoras nas mudanças de projetos
		Falta de mão de obra qualificada
		Acidentes e problemas de segurança
		Verificação ineficiente de componentes pré-moldados
		Disputa entre operários
		Problemas com o layout da obra
		Problemas com o equipamento de guindaste
		Erro de instalação de elementos pré-moldados
		Problemas com o veículo de transporte dos materiais
	Fornecimento	Atraso na entrega
	Fornecimento	Erro na entrega de componentes
	Fornecimento	Período de espera longo por peças
Liu e Guo (2009)	Riscos na cadeia de suprimentos da construção civil	Riscos relacionados aos projetistas
		Problemas com materiais e equipamentos
		Riscos com terceirizados
		Riscos externos do contratante geral
		Riscos internos do contratante geral
		Problemas de execução e de projeto
		Problema com a coordenação com outras organizações
		Problemas com crédito
		Variação de preços
		Riscos de implementação do contrato
		Tempo de projeto
		Qualidade do projeto
		Custo de projeto
		Riscos de segurança
		Problemas políticos e sociais

		Problemas econômicos e jurídicos
		Problemas técnicos e organizacionais
		Riscos financeiros
Aloini et al (2012)	Estratégico	Falta de consciência sobre a gestão da cadeia de suprimentos
		Resistência cultural para mudanças
		Problemas de gestão
		Redesenho de processos inadequado
	Operação	Ausência de projetos complementares (simultâneos)
		Sistemas de informação inadequados
		Falta de treinamento ou treinamento inadequado dos operários
		Incapacidade de prever problemas futuros na operação
	Fornecimento	Comunicação inadequada
		Participação tardia dos terceirizados
		Seleção de fornecedores
		Ausência de sistema de medição de desempenho
		Ausência de um procedimento de resolução de conflitos



## APÊNDICE C – SIGNIFICADO DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS

Variável Linguística	Risco				Ocorrência	Detecção
	Compras	Logística interna	Armazenagem e estoque	Execução do projeto		
Extremamente Baixa (EB)	Possui pouco ou nenhum impacto nas atividades de compras	Possui pouco ou nenhum impacto nas atividades de transporte	Possui pouco ou nenhum impacto nas atividades de armazenagem e estoque	Possui pouco ou nenhum impacto nas atividades de execução do projeto	Praticamente impossível	Incerteza indetectável
Baixa (B)	Afeta as atividades de compras fazendo ser necessária uma maior atenção	Afeta as atividades de logística interna fazendo ser necessária uma maior atenção	Afeta as atividades de armazenagem e estoque fazendo ser necessária uma maior atenção	Afeta as atividades de execução do projeto fazendo ser necessária uma maior atenção	Pouca chance de ocorrer	Incerteza detectável apenas através de uma observação minuciosa/elaborada ou que demanda muito esforço
Médio (M)	Afeta, porém, não impossibilita as atividades de compras caso seja gerenciado com maior cuidado	Afeta, porém, não impossibilita as atividades de logística interna caso seja gerenciado com maior cuidado	Afeta, porém, não impossibilita as atividades de armazenagem e estoque caso seja gerenciado com maior cuidado	Afeta, porém, não impossibilita as atividades de execução do projeto caso seja gerenciado com maior cuidado	Possivelmente vai ocorrer	Incerteza observável através de atividades simples ou rotineiras do processo
Alta (A)	Afeta as atividades de compras fazendo-se necessária alguma medida de correção/cuidado.	Afeta as atividades de transporte fazendo-se necessário alguma medida de correção/cuidado.	Afeta as atividades de armazenagem e estoque fazendo-se necessária alguma medida de correção/cuidado.	Afeta as atividades de execução do projeto fazendo-se necessária alguma medida de correção/cuidado.	Alta chance de ocorrer	Incerteza visualmente aparente
Extremamente Alta (EA)	Impossibilita as atividades de compras	Impossibilita as atividades de transporte	Impossibilita as atividades de armazenagem e estoque	Impossibilita as atividades de execução do projeto	Praticamente certa	Incerteza extremamente aparente ou que chama muita atenção

## APÊNDICE D – AGREGAÇÃO DOS PESOS DE IMPÔRTANCIA (PI)

Compras				Logística interna				Gestão de estoque				Execução do projeto				Probabilidade de ocorrência				Facilidade de detecção			
Variável linguística	Número <i>Fuzzy</i> triangular			V.L.*	Número <i>Fuzzy</i> triangular			V.L.*	Número <i>Fuzzy</i> triangular			V.L.*	Número <i>Fuzzy</i> triangular			V.L.*	Número <i>Fuzzy</i> triangular			V.L.*	Número <i>Fuzzy</i> triangular		
M	0,25	0,50	0,75	M	0,25	0,50	0,75	B	0,00	0,25	0,50	A	0,50	0,75	1,00	A	0,50	0,75	1,00	M	0,25	0,50	0,75
A	0,50	0,75	1,00	EA	0,75	1,00	1,00	B	0,00	0,25	0,50	A	0,50	0,75	1,00	A	0,50	0,75	1,00	B	0,00	0,25	0,50
M	0,25	0,50	0,75	M	0,25	0,50	0,75	EB	0,00	0,00	0,25	M	0,25	0,50	0,75	M	0,25	0,50	0,75	M	0,25	0,50	0,75
A	0,50	0,75	1,00	M	0,25	0,50	0,75	B	0,00	0,25	0,50	A	0,50	0,75	1,00	A	0,50	0,75	1,00	M	0,25	0,50	0,75
EA	0,75	1,00	1,00	M	0,25	0,50	0,75	M	0,25	0,50	0,75	EA	0,75	1,00	1,00	EA	0,75	1,00	1,00	A	0,50	0,75	1,00
A	0,50	0,75	1,00	M	0,25	0,50	0,75	B	0,00	0,25	0,50	EA	0,75	1,00	1,00	A	0,50	0,75	1,00	M	0,25	0,50	0,75
$\tilde{W}$	0,46	0,71	0,92	$\tilde{W}$	0,33	0,58	0,79	$\tilde{W}$	0,04	0,25	0,50	$\tilde{W}$	0,54	0,79	0,96	$\tilde{W}$	0,50	0,75	0,96	$\tilde{W}$	0,25	0,50	0,75

\*V.L. = variável linguística



APÊNDICE E – CÁLCULO DA MATRIZ  $\tilde{v}$  : INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO

Incerteza	Impacto												Probabilidade de ocorrência				Facilidade de detecção							
	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto														
A	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	EA	7	9	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,00	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,33	$\bar{X}$	2,33	4,33	6,33	$\bar{X}$	6,00	8,00	8,67	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,48	0,70	0,89	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,81	$\bar{R}$	0,26	0,48	0,70	$\bar{R}$	0,67	0,89	0,96	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,85	$\bar{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,81	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,65	$\tilde{V}$	0,01	0,12	0,35	$\tilde{V}$	0,36	0,70	0,92	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,82	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20
B	A	5	7	9	EB	1	1	3	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	EA	7	9	9	A	5	7	9	EB	1	1	3	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	B	1	3	5	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	6,33	8,33	9,00	$\bar{X}$	2,33	4,00	6,00	$\bar{X}$	2,67	4,33	6,33	$\bar{X}$	6,00	8,00	9,00	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67	X~	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,70	0,93	1,00	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,30	0,48	0,70	$\bar{R}$	0,67	0,89	1,00	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,85	R~	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,32	0,66	0,92	$\tilde{V}$	0,09	0,26	0,53	$\tilde{V}$	0,01	0,12	0,35	$\tilde{V}$	0,36	0,70	0,96	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,82	V~	0,03	0,09	0,20
C	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5
	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	5,67	7,67	9,00	$\bar{X}$	2,00	3,67	5,67	$\bar{X}$	1,67	3,33	5,33	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,33	$\bar{X}$	2,33	4,33	6,33	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		

	$\tilde{R}$	0,63	0,85	1,00	$\tilde{R}$	0,22	0,41	0,63	$\tilde{R}$	0,19	0,37	0,59	$\tilde{R}$	0,56	0,78	0,93	$\tilde{R}$	0,26	0,48	0,70	$\tilde{R}$	0,14	0,20	0,33
	$\tilde{V}$	0,29	0,60	0,92	$\tilde{V}$	0,07	0,24	0,50	$\tilde{V}$	0,01	0,09	0,30	$\tilde{V}$	0,30	0,62	0,89	$\tilde{V}$	0,13	0,36	0,67	$\tilde{V}$	0,04	0,10	0,25
D	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9
	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	4,67	6,67	8,33	$\tilde{X}$	5,67	7,67	8,67	$\tilde{X}$	5,33	7,33	8,67	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,00	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,52	0,74	0,93	$\tilde{R}$	0,63	0,85	0,96	$\tilde{R}$	0,59	0,81	0,96	$\tilde{R}$	0,41	0,63	0,85	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,14	0,19	0,30
	$\tilde{V}$	0,24	0,52	0,85	$\tilde{V}$	0,21	0,50	0,76	$\tilde{V}$	0,02	0,20	0,48	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,82	$\tilde{V}$	0,19	0,44	0,75	$\tilde{V}$	0,04	0,09	0,23
E	A	5	7	9	M	3	5	7	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9
	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	$\tilde{X}$	5,33	7,33	9,00	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,33	$\tilde{X}$	2,33	4,00	6,00	$\tilde{X}$	5,33	7,33	8,67	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,33	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,59	0,81	1,00	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,70	$\tilde{R}$	0,26	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,59	0,81	0,96	$\tilde{R}$	0,41	0,63	0,81	$\tilde{R}$	0,14	0,19	0,30
$\tilde{V}$	0,27	0,58	0,92	$\tilde{V}$	0,10	0,30	0,56	$\tilde{V}$	0,01	0,11	0,33	$\tilde{V}$	0,32	0,65	0,92	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,78	$\tilde{V}$	0,04	0,09	0,23	
F	B	1	3	5	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	B	1	3	5	M	3	5	7	EB	1	1	3	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9
	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	M	3	5	7	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	EA	7	9	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\tilde{X}$	1,33	3,00	5,00	$\tilde{X}$	1,33	2,33	4,33	$\tilde{X}$	1,00	1,33	3,33	$\tilde{X}$	5,67	7,67	9,00	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,33	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,15	0,33	0,56	$\tilde{R}$	0,15	0,26	0,48	$\tilde{R}$	0,11	0,15	0,37	$\tilde{R}$	0,63	0,85	1,00	$\tilde{R}$	0,41	0,63	0,81	$\tilde{R}$	0,13	0,16	0,23
$\tilde{V}$	0,07	0,24	0,51	$\tilde{V}$	0,05	0,15	0,38	$\tilde{V}$	0,0046	0,04	0,19	$\tilde{V}$	0,34	0,67	0,96	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,78	$\tilde{V}$	0,03	0,08	0,17	
G	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9

	M	3	5	7	A	5	7	9	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	3,00	4,67	6,67	$\bar{X}$	5,33	7,33	8,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,33	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,59	0,81	0,96	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,14	0,19	0,30
$\bar{V}$	0,14	0,37	0,68	$\bar{V}$	0,10	0,30	0,59	$\bar{V}$	0,01	0,13	0,37	$\bar{V}$	0,32	0,65	0,92	$\bar{V}$	0,19	0,44	0,78	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,23	
H	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33	$\bar{X}$	1,33	3,33	5,33	$\bar{X}$	1,67	3,33	5,33	$\bar{X}$	3,67	5,33	7,33	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,15	0,37	0,59	$\bar{R}$	0,19	0,37	0,59	$\bar{R}$	0,41	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,85	$\bar{R}$	0,13	0,16	0,23
$\bar{V}$	0,17	0,42	0,75	$\bar{V}$	0,05	0,22	0,47	$\bar{V}$	0,01	0,09	0,30	$\bar{V}$	0,22	0,47	0,78	$\bar{V}$	0,20	0,47	0,82	$\bar{V}$	0,03	0,08	0,17	
I	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	EB	1	1	3	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9
	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,00	4,67	6,67	$\bar{X}$	2,33	4,00	6,00	$\bar{X}$	1,67	3,00	5,00	$\bar{X}$	3,00	4,67	6,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,33	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,19	0,33	0,56	$\bar{R}$	0,33	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,14	0,19	0,30
$\bar{V}$	0,15	0,37	0,68	$\bar{V}$	0,09	0,26	0,53	$\bar{V}$	0,01	0,08	0,28	$\bar{V}$	0,18	0,41	0,71	$\bar{V}$	0,19	0,44	0,78	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,23	
J	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	EA	7	9	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7

	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	B	1	3	5	A	5	7	9
	B	1	3	5	EB	1	1	3	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,00	$\bar{X}$	2,33	4,00	5,67	$\bar{X}$	2,00	4,00	6,00	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,00	$\bar{X}$	2,00	4,00	6,00	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,78	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,63	$\bar{R}$	0,22	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,56	0,78	0,89	$\bar{R}$	0,22	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,13	0,18	0,27
$\bar{V}$	0,19	0,45	0,71	$\bar{V}$	0,09	0,26	0,50	$\bar{V}$	0,01	0,11	0,33	$\bar{V}$	0,30	0,62	0,85	$\bar{V}$	0,11	0,33	0,64	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,20	
K	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,33	$\bar{X}$	2,67	4,33	6,00	$\bar{X}$	2,33	4,00	6,00	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,33	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00	$\bar{X}$	2,00	4,00	6,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,56	0,78	0,93	$\bar{R}$	0,30	0,48	0,67	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,48	0,70	0,93	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,78	$\bar{R}$	0,17	0,25	0,50
$\bar{V}$	0,25	0,55	0,85	$\bar{V}$	0,10	0,28	0,53	$\bar{V}$	0,01	0,11	0,33	$\bar{V}$	0,26	0,56	0,89	$\bar{V}$	0,17	0,42	0,75	$\bar{V}$	0,04	0,13	0,38	
L	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	4,00	6,00	8,00	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,67	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,33	$\bar{X}$	6,00	8,00	9,00	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00	$\bar{X}$	2,00	4,00	6,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,89	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,85	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,81	$\bar{R}$	0,67	0,89	1,00	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,78	$\bar{R}$	0,17	0,25	0,50
$\bar{V}$	0,20	0,47	0,81	$\bar{V}$	0,15	0,39	0,67	$\bar{V}$	0,02	0,16	0,41	$\bar{V}$	0,36	0,70	0,96	$\bar{V}$	0,17	0,42	0,75	$\bar{V}$	0,04	0,13	0,38	
M	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9
	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,33	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,67	$\bar{X}$	5,67	7,67	8,67	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,33	$\bar{X}$	2,00	4,00	6,00	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67

	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,41	0,63	0,81	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,85	$\tilde{R}$	0,63	0,85	0,96	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,93	$\tilde{R}$	0,22	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,19	0,45	0,75	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,67	$\tilde{V}$	0,03	0,21	0,48	$\tilde{V}$	0,26	0,56	0,89	$\tilde{V}$	0,11	0,33	0,64	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20
N	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	EA	7	9	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	4,00	6,00	7,67	$\tilde{X}$	2,00	3,67	5,67	$\tilde{X}$	2,33	4,00	6,00	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	2,33	4,33	6,33	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,85	$\tilde{R}$	0,22	0,41	0,63	$\tilde{R}$	0,26	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,26	0,48	0,70	$\tilde{R}$	0,15	0,21	0,38
	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,78	$\tilde{V}$	0,07	0,24	0,50	$\tilde{V}$	0,01	0,11	0,33	$\tilde{V}$	0,16	0,41	0,71	$\tilde{V}$	0,13	0,36	0,67	$\tilde{V}$	0,04	0,11	0,28
O	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	EB	1	1	3	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	EB	1	1	3	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,33	5,00	6,67	$\tilde{X}$	3,67	5,33	7,00	$\tilde{X}$	6,00	8,00	9,00	$\tilde{X}$	4,67	6,67	8,33	$\tilde{X}$	4,00	6,00	7,67	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,37	0,56	0,74	$\tilde{R}$	0,41	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,67	0,89	1,00	$\tilde{R}$	0,52	0,74	0,93	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,85	$\tilde{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,17	0,39	0,68	$\tilde{V}$	0,14	0,35	0,62	$\tilde{V}$	0,03	0,22	0,50	$\tilde{V}$	0,28	0,59	0,89	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,82	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20

APÊNDICE F – CÁLCULO DA MATRIZ  $\tilde{v}$ : INSTALAÇÕES ELÉTRICA

Incerteza	Impacto															Probabilidade de ocorrência				Facilidade de detecção				
	Compras				Logística interna				Gestão de estoque				Execução do projeto											
A	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	5,33	7,33	8,67	$\tilde{X}$	4,00	6,00	7,33	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	6,33	8,33	9,00	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,59	0,81	0,96	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,81	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,70	0,93	1,00	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,89	$\tilde{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,27	0,58	0,88	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,65	$\tilde{V}$	0,01	0,14	0,39	$\tilde{V}$	0,38	0,73	0,96	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,85	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20
B	A	5	7	9	EB	1	1	3	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	$\tilde{X}$	6,00	8,00	9,00	$\tilde{X}$	3,00	4,67	6,67	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	6,33	8,33	9,00	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,33	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,67	0,89	1,00	$\tilde{R}$	0,33	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,70	0,93	1,00	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,93	$\tilde{R}$	0,13	0,17	0,25
	$\tilde{V}$	0,31	0,63	0,92	$\tilde{V}$	0,11	0,30	0,59	$\tilde{V}$	0,01	0,14	0,39	$\tilde{V}$	0,38	0,73	0,96	$\tilde{V}$	0,24	0,53	0,89	$\tilde{V}$	0,03	0,08	0,19
C	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5

	EA	7	9	9	M	3	5	7	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\bar{X}$	5,67	7,67	9,00	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,00	$\bar{X}$	5,33	7,33	8,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33	$\bar{X}$	2,33	4,33	6,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,63	0,85	1,00	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,85	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,78	$\bar{R}$	0,59	0,81	0,96	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,16	0,23	0,43
$\bar{V}$	0,29	0,60	0,92	$\bar{V}$	0,15	0,39	0,67	$\bar{V}$	0,02	0,15	0,39	$\bar{V}$	0,32	0,65	0,92	$\bar{V}$	0,19	0,44	0,78	$\bar{V}$	0,04	0,12	0,32	
D	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9
	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,00	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,00	$\bar{X}$	5,33	7,33	8,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33	$\bar{X}$	3,00	5,00	6,67	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,78	$\bar{R}$	0,56	0,78	0,89	$\bar{R}$	0,59	0,81	0,96	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,74	$\bar{R}$	0,13	0,17	0,25
$\bar{V}$	0,19	0,45	0,71	$\bar{V}$	0,19	0,45	0,70	$\bar{V}$	0,02	0,20	0,48	$\bar{V}$	0,20	0,47	0,78	$\bar{V}$	0,17	0,42	0,71	$\bar{V}$	0,03	0,08	0,19	
E	A	5	7	9	M	3	5	7	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\bar{X}$	4,67	6,67	8,33	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	1,33	3,00	5,00	$\bar{X}$	5,67	7,67	8,67	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,67	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,52	0,74	0,93	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,15	0,33	0,56	$\bar{R}$	0,63	0,85	0,96	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,85	$\bar{R}$	0,14	0,18	0,27
	$\bar{V}$	0,24	0,52	0,85	$\bar{V}$	0,10	0,30	0,59	$\bar{V}$	0,01	0,08	0,28	$\bar{V}$	0,34	0,67	0,92	$\bar{V}$	0,22	0,50	0,82	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,20
F	B	1	3	5	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	EB	1	1	3	EA	7	9	9	EB	1	1	3	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9

	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	M	3	5	7	EB	1	1	3	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	EA	7	9	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\tilde{X}$	1,67	3,00	5,00	$\tilde{X}$	2,33	3,33	5,00	$\tilde{X}$	2,00	3,00	4,67	$\tilde{X}$	5,67	7,67	8,67	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	4,00	6,00	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,19	0,33	0,56	$\tilde{R}$	0,26	0,37	0,56	$\tilde{R}$	0,22	0,33	0,52	$\tilde{R}$	0,63	0,85	0,96	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,13	0,17	0,25
	$\tilde{V}$	0,08	0,24	0,51	$\tilde{V}$	0,09	0,22	0,44	$\tilde{V}$	0,0093	0,08	0,26	$\tilde{V}$	0,34	0,67	0,92	$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,75	$\tilde{V}$	0,03	0,08	0,19
G	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	B	1	3	5	A	5	7	9	EB	1	1	3	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	2,00	4,00	6,00	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	2,67	4,33	6,33	$\tilde{X}$	6,00	8,00	9,00	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,22	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,30	0,48	0,70	$\tilde{R}$	0,67	0,89	1,00	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,89	$\tilde{R}$	0,13	0,18	0,27
$\tilde{V}$	0,10	0,31	0,61	$\tilde{V}$	0,11	0,32	0,62	$\tilde{V}$	0,01	0,12	0,35	$\tilde{V}$	0,36	0,70	0,96	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,85	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20	
H	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33	$\tilde{X}$	2,00	4,00	6,00	$\tilde{X}$	2,33	4,33	6,33	$\tilde{X}$	4,00	5,67	7,00	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,81	$\tilde{R}$	0,22	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,26	0,48	0,70	$\tilde{R}$	0,44	0,63	0,78	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,13	0,16	0,23



	$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,75	$\tilde{V}$	0,07	0,26	0,53	$\tilde{V}$	0,01	0,12	0,35	$\tilde{V}$	0,24	0,50	0,75	$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,75	$\tilde{V}$	0,03	0,08	0,17
I	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7
	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,33	5,00	6,67	$\tilde{X}$	2,33	4,00	6,00	$\tilde{X}$	2,00	3,67	5,67	$\tilde{X}$	3,33	5,00	6,33	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,37	0,56	0,74	$\tilde{R}$	0,26	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,22	0,41	0,63	$\tilde{R}$	0,37	0,56	0,70	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,14	0,20	0,33
	$\tilde{V}$	0,17	0,39	0,68	$\tilde{V}$	0,09	0,26	0,53	$\tilde{V}$	0,01	0,10	0,31	$\tilde{V}$	0,20	0,44	0,67	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,71	$\tilde{V}$	0,04	0,10	0,25
J	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,00	$\tilde{X}$	2,00	4,00	6,00	$\tilde{X}$	1,33	3,00	5,00	$\tilde{X}$	5,00	7,00	8,00	$\tilde{X}$	2,33	4,33	6,33	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,22	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,15	0,33	0,56	$\tilde{R}$	0,56	0,78	0,89	$\tilde{R}$	0,26	0,48	0,70	$\tilde{R}$	0,15	0,21	0,38
	$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,71	$\tilde{V}$	0,07	0,26	0,53	$\tilde{V}$	0,01	0,08	0,28	$\tilde{V}$	0,30	0,62	0,85	$\tilde{V}$	0,13	0,36	0,67	$\tilde{V}$	0,04	0,11	0,28
K	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5
	A	5	7	9	B	1	3	5	EB	1	1	3	EB	1	1	3	M	3	5	7	A	5	7	9
	EA	7	9	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	EA	7	9	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	5,33	7,33	8,33	$\tilde{X}$	1,67	3,33	5,33	$\tilde{X}$	2,33	3,67	5,33	$\tilde{X}$	4,00	5,67	7,33	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67	$\tilde{X}$	2,33	4,33	6,33

	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,59	0,81	0,93	$\tilde{R}$	0,19	0,37	0,59	$\tilde{R}$	0,26	0,41	0,59	$\tilde{R}$	0,44	0,63	0,81	$\tilde{R}$	0,41	0,63	0,85	$\tilde{R}$	0,16	0,23	0,43
	$\tilde{V}$	0,27	0,58	0,85	$\tilde{V}$	0,06	0,22	0,47	$\tilde{V}$	0,01	0,10	0,30	$\tilde{V}$	0,24	0,50	0,78	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,82	$\tilde{V}$	0,04	0,12	0,32
L	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,33	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,33	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,89	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,81	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,93	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,93	$\tilde{R}$	0,14	0,19	0,30
	$\tilde{V}$	0,20	0,47	0,81	$\tilde{V}$	0,12	0,35	0,65	$\tilde{V}$	0,01	0,14	0,39	$\tilde{V}$	0,26	0,56	0,89	$\tilde{V}$	0,24	0,53	0,89	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,23
M	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7
	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9
	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,00	$\tilde{X}$	5,00	7,00	8,33	$\tilde{X}$	5,67	7,67	8,67	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,89	$\tilde{R}$	0,56	0,78	0,93	$\tilde{R}$	0,63	0,85	0,96	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,89	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,14	0,19	0,30
	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,81	$\tilde{V}$	0,19	0,45	0,73	$\tilde{V}$	0,03	0,21	0,48	$\tilde{V}$	0,24	0,53	0,85	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,71	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,23
N	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5

	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33	$\tilde{X}$	2,00	3,67	5,67	$\tilde{X}$	1,33	3,00	5,00	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	2,00	4,00	6,00	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,81	$\tilde{R}$	0,22	0,41	0,63	$\tilde{R}$	0,15	0,33	0,56	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,22	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,14	0,20	0,33
	$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,75	$\tilde{V}$	0,07	0,24	0,50	$\tilde{V}$	0,01	0,08	0,28	$\tilde{V}$	0,16	0,41	0,71	$\tilde{V}$	0,11	0,33	0,64	$\tilde{V}$	0,04	0,10	0,25
O	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9
	EB	1	1	3	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	EB	1	1	3	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,67	5,33	7,00	$\tilde{X}$	4,33	6,00	7,33	$\tilde{X}$	6,00	8,00	9,00	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,00	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,00	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,41	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,48	0,67	0,81	$\tilde{R}$	0,67	0,89	1,00	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,89	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,14	0,19	0,30
	$\tilde{V}$	0,19	0,42	0,71	$\tilde{V}$	0,16	0,39	0,65	$\tilde{V}$	0,03	0,22	0,50	$\tilde{V}$	0,26	0,56	0,85	$\tilde{V}$	0,19	0,44	0,75	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,23

**APÊNDICE G – CÁLCULO DA MATRIZ  $\tilde{\nu}$  : INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS**

Incerteza	Impacto												Probabilidade de ocorrência				Facilidade de detecção							
	Compras				Logística interna				Gestão de estoque				Execução do projeto											
A	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	5,33	7,33	8,67	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,00	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33	$\bar{X}$	6,33	8,33	9,00	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,59	0,81	0,96	$\bar{R}$	0,48	0,70	0,89	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,81	$\bar{R}$	0,70	0,93	1,00	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,85	$\bar{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{\nu}$	0,27	0,58	0,88	$\tilde{\nu}$	0,16	0,41	0,70	$\tilde{\nu}$	0,02	0,15	0,41	$\tilde{\nu}$	0,38	0,73	0,96	$\tilde{\nu}$	0,20	0,47	0,82	$\tilde{\nu}$	0,03	0,09	0,20
B	A	5	7	9	EB	1	1	3	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9
	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,67	$\bar{X}$	2,33	4,00	6,00	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00	$\bar{X}$	5,67	7,67	8,67	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,67	$\bar{X}$	4,00	6,00	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,56	0,78	0,96	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,78	$\bar{R}$	0,63	0,85	0,96	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,85	$\bar{R}$	0,13	0,17	0,25
	$\tilde{\nu}$	0,25	0,55	0,88	$\tilde{\nu}$	0,09	0,26	0,53	$\tilde{\nu}$	0,01	0,14	0,39	$\tilde{\nu}$	0,34	0,67	0,92	$\tilde{\nu}$	0,20	0,47	0,82	$\tilde{\nu}$	0,03	0,08	0,19
C	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	EB	1	1	3	M	3	5	7
	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5

	EA	7	9	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	5,33	7,33	9,00	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,33	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,33	$\bar{X}$	5,33	7,33	9,00	$\bar{X}$	3,00	4,67	6,67	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,59	0,81	1,00	$\bar{R}$	0,41	0,63	0,81	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,70	$\bar{R}$	0,59	0,81	1,00	$\bar{R}$	0,33	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,14	0,20	0,33
	$\bar{V}$	0,27	0,58	0,92	$\bar{V}$	0,14	0,37	0,65	$\bar{V}$	0,01	0,13	0,35	$\bar{V}$	0,32	0,65	0,96	$\bar{V}$	0,17	0,39	0,71	$\bar{V}$	0,04	0,10	0,25
D	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9
	B	1	3	5	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9
	M	3	5	7	EA	7	9	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	4,67	6,67	8,00	$\bar{X}$	4,67	6,67	8,00	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,33	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,00	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,52	0,74	0,89	$\bar{R}$	0,52	0,74	0,89	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,81	$\bar{R}$	0,37	0,59	0,78	$\bar{R}$	0,13	0,16	0,23
	$\bar{V}$	0,14	0,37	0,68	$\bar{V}$	0,17	0,43	0,70	$\bar{V}$	0,02	0,19	0,44	$\bar{V}$	0,24	0,53	0,78	$\bar{V}$	0,19	0,44	0,75	$\bar{V}$	0,03	0,08	0,17
E	A	5	7	9	M	3	5	7	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,33	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00	$\bar{X}$	2,33	4,00	6,00	$\bar{X}$	6,00	8,00	8,67	$\bar{X}$	4,67	6,67	8,33	$\bar{X}$	3,67	5,67	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,56	0,78	0,93	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,78	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,67	0,89	0,96	$\bar{R}$	0,52	0,74	0,93	$\bar{R}$	0,14	0,18	0,27
$\bar{V}$	0,25	0,55	0,85	$\bar{V}$	0,11	0,32	0,62	$\bar{V}$	0,01	0,11	0,33	$\bar{V}$	0,36	0,70	0,92	$\bar{V}$	0,26	0,56	0,89	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,20	
F	B	1	3	5	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9

	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	M	3	5	7	EB	1	1	3	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\tilde{X}$	2,00	3,67	5,67	$\tilde{X}$	1,67	2,67	4,67	$\tilde{X}$	2,00	3,33	5,00	$\tilde{X}$	5,33	7,33	8,67	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,22	0,41	0,63	$\tilde{R}$	0,19	0,30	0,52	$\tilde{R}$	0,22	0,37	0,56	$\tilde{R}$	0,59	0,81	0,96	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,10	0,29	0,58	$\tilde{V}$	0,06	0,17	0,41	$\tilde{V}$	0,0093	0,09	0,28	$\tilde{V}$	0,32	0,65	0,92	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,71	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20
G	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,00	$\tilde{X}$	3,00	5,00	6,67	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,00	$\tilde{X}$	5,67	7,67	8,67	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00	$\tilde{X}$	4,00	6,00	8,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,74	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,89	$\tilde{R}$	0,63	0,85	0,96	$\tilde{R}$	0,44	0,67	0,89	$\tilde{R}$	0,13	0,17	0,25
$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,71	$\tilde{V}$	0,11	0,32	0,59	$\tilde{V}$	0,02	0,18	0,44	$\tilde{V}$	0,34	0,67	0,92	$\tilde{V}$	0,22	0,50	0,85	$\tilde{V}$	0,03	0,08	0,19	
H	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	1,00	3,00	5,00	$\tilde{X}$	2,33	4,00	6,00	$\tilde{X}$	3,67	5,33	7,00	$\tilde{X}$	2,67	4,67	6,67	$\tilde{X}$	4,00	6,00	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,11	0,33	0,56	$\tilde{R}$	0,26	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,41	0,59	0,78	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,13	0,17	0,25
	$\tilde{V}$	0,14	0,37	0,68	$\tilde{V}$	0,04	0,19	0,44	$\tilde{V}$	0,01	0,11	0,33	$\tilde{V}$	0,22	0,47	0,75	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,71	$\tilde{V}$	0,03	0,08	0,19

I	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	EB	1	1	3	M	3	5	7	EB	1	1	3	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,00	4,33	6,00	$\bar{X}$	2,33	4,00	6,00	$\bar{X}$	1,67	3,00	5,00	$\bar{X}$	3,33	5,00	6,67	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,33	0,48	0,67	$\bar{R}$	0,26	0,44	0,67	$\bar{R}$	0,19	0,33	0,56	$\bar{R}$	0,37	0,56	0,74	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,78	$\bar{R}$	0,14	0,20	0,33
$\bar{V}$	0,15	0,34	0,61	$\bar{V}$	0,09	0,26	0,53	$\bar{V}$	0,01	0,08	0,28	$\bar{V}$	0,20	0,44	0,71	$\bar{V}$	0,17	0,42	0,75	$\bar{V}$	0,04	0,10	0,25	
J	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7
	EA	7	9	9	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,67	$\bar{X}$	2,33	4,33	6,33	$\bar{X}$	1,67	3,67	5,67	$\bar{X}$	4,67	6,67	7,67	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,85	$\bar{R}$	0,26	0,48	0,70	$\bar{R}$	0,19	0,41	0,63	$\bar{R}$	0,52	0,74	0,85	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,14	0,20	0,33
$\bar{V}$	0,20	0,47	0,78	$\bar{V}$	0,09	0,28	0,56	$\bar{V}$	0,01	0,10	0,31	$\bar{V}$	0,28	0,59	0,82	$\bar{V}$	0,15	0,39	0,71	$\bar{V}$	0,04	0,10	0,25	
K	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9	B	1	3	5
	EB	1	1	3	B	1	3	5	EB	1	1	3	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5
	EA	7	9	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,00	4,67	6,33	$\bar{X}$	1,33	3,00	5,00	$\bar{X}$	1,00	2,33	4,33	$\bar{X}$	4,33	6,33	8,00	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	2,00	4,00	6,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		

	$\tilde{R}$	0,33	0,52	0,70	$\tilde{R}$	0,15	0,33	0,56	$\tilde{R}$	0,11	0,26	0,48	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,89	$\tilde{R}$	0,30	0,52	0,74	$\tilde{R}$	0,17	0,25	0,50
	$\tilde{V}$	0,15	0,37	0,65	$\tilde{V}$	0,05	0,19	0,44	$\tilde{V}$	0,00	0,06	0,24	$\tilde{V}$	0,26	0,56	0,85	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,71	$\tilde{V}$	0,04	0,13	0,38
L	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5
	EA	7	9	9	EA	7	9	9	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5
	EA	7	9	9	M	3	5	7	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	M	3	5	7	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	$\tilde{X}$	4,67	6,67	8,00	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,33	$\tilde{X}$	2,00	4,00	6,00	$\tilde{X}$	6,00	8,00	9,00	$\tilde{X}$	4,33	6,33	8,33	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,52	0,74	0,89	$\tilde{R}$	0,41	0,63	0,81	$\tilde{R}$	0,22	0,44	0,67	$\tilde{R}$	0,67	0,89	1,00	$\tilde{R}$	0,48	0,70	0,93	$\tilde{R}$	0,14	0,20	0,33
	$\tilde{V}$	0,24	0,52	0,81	$\tilde{V}$	0,14	0,37	0,65	$\tilde{V}$	0,01	0,11	0,33	$\tilde{V}$	0,36	0,70	0,96	$\tilde{V}$	0,24	0,53	0,89	$\tilde{V}$	0,04	0,10	0,25
M	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7	M	3	5	7
	M	3	5	7	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	A	5	7	9
	B	1	3	5	M	3	5	7	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	A	5	7	9
	M	3	5	7	M	3	5	7	EB	1	1	3	A	5	7	9	M	3	5	7	A	5	7	9
	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	3,33	5,33	7,33	$\tilde{X}$	5,00	6,67	8,00	$\tilde{X}$	4,67	6,67	8,33	$\tilde{X}$	3,00	5,00	7,00	$\tilde{X}$	3,67	5,67	7,67
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,37	0,59	0,81	$\tilde{R}$	0,56	0,74	0,89	$\tilde{R}$	0,52	0,74	0,93	$\tilde{R}$	0,33	0,56	0,78	$\tilde{R}$	0,13	0,18	0,27
	$\tilde{V}$	0,15	0,39	0,71	$\tilde{V}$	0,12	0,35	0,65	$\tilde{V}$	0,02	0,19	0,44	$\tilde{V}$	0,28	0,59	0,89	$\tilde{V}$	0,17	0,42	0,75	$\tilde{V}$	0,03	0,09	0,20
N	B	1	3	5	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	A	5	7	9	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7
	A	5	7	9	EB	1	1	3	EB	1	1	3	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	M	3	5	7	M	3	5	7	B	1	3	5
	B	1	3	5	B	1	3	5	B	1	3	5	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	M	3	5	7	M	3	5	7



	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	2,00	3,67	5,67	$\bar{X}$	1,67	3,33	5,33	$\bar{X}$	4,00	6,00	7,33	$\bar{X}$	2,67	4,67	6,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,22	0,41	0,63	$\bar{R}$	0,19	0,37	0,59	$\bar{R}$	0,44	0,67	0,81	$\bar{R}$	0,30	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,14	0,19	0,30
	$\bar{V}$	0,14	0,37	0,68	$\bar{V}$	0,07	0,24	0,50	$\bar{V}$	0,01	0,09	0,30	$\bar{V}$	0,24	0,53	0,78	$\bar{V}$	0,15	0,39	0,71	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,23
O	B	1	3	5	B	1	3	5	A	5	7	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	A	5	7	9
	EB	1	1	3	M	3	5	7	EB	1	1	3	B	1	3	5	M	3	5	7	A	5	7	9
	EB	1	1	3	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	A	5	7	9	M	3	5	7
	M	3	5	7	EB	1	1	3	EA	7	9	9	M	3	5	7	B	1	3	5	M	3	5	7
	EA	7	9	9	A	5	7	9	EA	7	9	9	EA	7	9	9	B	1	3	5	B	1	3	5
	EA	7	9	9	M	3	5	7	M	3	5	7	EA	7	9	9	B	1	3	5	M	3	5	7
	$\bar{X}$	3,33	4,67	6,00	$\bar{X}$	3,00	4,67	6,67	$\bar{X}$	5,00	6,67	7,67	$\bar{X}$	5,00	7,00	8,00	$\bar{X}$	3,00	5,00	6,67	$\bar{X}$	3,33	5,33	7,33
	$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$c_j^*$	9,00			$a_j^-$	1,00		
	$\bar{R}$	0,37	0,52	0,67	$\bar{R}$	0,33	0,52	0,74	$\bar{R}$	0,56	0,74	0,85	$\bar{R}$	0,56	0,78	0,89	$\bar{R}$	0,33	0,56	0,74	$\bar{R}$	0,14	0,19	0,30
	$\bar{V}$	0,17	0,37	0,61	$\bar{V}$	0,11	0,30	0,59	$\bar{V}$	0,02	0,19	0,43	$\bar{V}$	0,30	0,62	0,85	$\bar{V}$	0,17	0,42	0,71	$\bar{V}$	0,03	0,09	0,23

**APÊNDICE H – MATRIZ  $\tilde{D}$  : INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO**

	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
<b>A</b>	4,33	6,33	8,00	4,00	6,00	7,33	2,33	4,33	6,33	6,00	8,00	8,67	3,67	5,67	7,67	3,67	5,67	7,67
<b>B</b>	6,33	8,33	9,00	2,33	4,00	6,00	2,67	4,33	6,33	6,00	8,00	9,00	3,67	5,67	7,67	3,67	5,67	7,67
<b>C</b>	5,67	7,67	9,00	2,00	3,67	5,67	1,67	3,33	5,33	5,00	7,00	8,33	2,33	4,33	6,33	3,00	5,00	7,00
<b>D</b>	4,67	6,67	8,33	5,67	7,67	8,67	5,33	7,33	8,67	3,67	5,67	7,67	3,33	5,33	7,00	3,33	5,33	7,00
<b>E</b>	5,33	7,33	9,00	2,67	4,67	6,33	2,33	4,00	6,00	5,33	7,33	8,67	3,67	5,67	7,33	3,33	5,33	7,00
<b>F</b>	1,33	3,00	5,00	1,33	2,33	4,33	1,00	1,33	3,33	5,67	7,67	9,00	3,67	5,67	7,33	4,33	6,33	8,00
<b>G</b>	2,67	4,67	6,67	2,67	4,67	6,67	3,00	4,67	6,67	5,33	7,33	8,67	3,33	5,33	7,33	3,33	5,33	7,33
<b>H</b>	3,33	5,33	7,33	1,33	3,33	5,33	1,67	3,33	5,33	3,67	5,33	7,33	3,67	5,67	7,67	4,33	6,33	8,00
<b>I</b>	3,00	4,67	6,67	2,33	4,00	6,00	1,67	3,00	5,00	3,00	4,67	6,67	3,33	5,33	7,33	3,33	5,33	7,33
<b>J</b>	3,67	5,67	7,00	2,33	4,00	5,67	2,00	4,00	6,00	5,00	7,00	8,00	2,00	4,00	6,00	3,67	5,67	7,67
<b>K</b>	5,00	7,00	8,33	2,67	4,33	6,00	2,33	4,00	6,00	4,33	6,33	8,33	3,00	5,00	7,00	2,00	4,00	6,00
<b>L</b>	4,00	6,00	8,00	4,00	6,00	7,67	3,67	5,67	7,33	6,00	8,00	9,00	3,00	5,00	7,00	2,00	4,00	6,00
<b>M</b>	3,67	5,67	7,33	4,00	6,00	7,67	5,67	7,67	8,67	4,33	6,33	8,33	2,00	4,00	6,00	3,67	5,67	7,67
<b>N</b>	4,00	6,00	7,67	2,00	3,67	5,67	2,33	4,00	6,00	2,67	4,67	6,67	2,33	4,33	6,33	2,67	4,67	6,67
<b>O</b>	3,33	5,00	6,67	3,67	5,33	7,00	6,00	8,00	9,00	4,67	6,67	8,33	4,00	6,00	7,67	3,67	5,67	7,67

## APÊNDICE I – MATRIZ $\tilde{D}$ : INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
<b>A</b>	5,33	7,33	8,67	4,00	6,00	7,33	3,00	5,00	7,00	6,33	8,33	9,00	4,00	6,00	8,00	3,67	5,67	7,67
<b>B</b>	6,00	8,00	9,00	3,00	4,67	6,67	3,00	5,00	7,00	6,33	8,33	9,00	4,33	6,33	8,33	4,00	6,00	8,00
<b>C</b>	5,67	7,67	9,00	4,00	6,00	7,67	3,33	5,33	7,00	5,33	7,33	8,67	3,33	5,33	7,33	2,33	4,33	6,33
<b>D</b>	3,67	5,67	7,00	5,00	7,00	8,00	5,33	7,33	8,67	3,33	5,33	7,33	3,00	5,00	6,67	4,00	6,00	7,67
<b>E</b>	4,67	6,67	8,33	2,67	4,67	6,67	1,33	3,00	5,00	5,67	7,67	8,67	4,00	6,00	7,67	3,67	5,67	7,33
<b>F</b>	1,67	3,00	5,00	2,33	3,33	5,00	2,00	3,00	4,67	5,67	7,67	8,67	3,00	5,00	7,00	4,00	6,00	7,67
<b>G</b>	2,00	4,00	6,00	3,00	5,00	7,00	2,67	4,33	6,33	6,00	8,00	9,00	4,00	6,00	8,00	3,67	5,67	7,67
<b>H</b>	3,33	5,33	7,33	2,00	4,00	6,00	2,33	4,33	6,33	4,00	5,67	7,00	3,00	5,00	7,00	4,33	6,33	8,00
<b>I</b>	3,33	5,00	6,67	2,33	4,00	6,00	2,00	3,67	5,67	3,33	5,00	6,33	2,67	4,67	6,67	3,00	5,00	7,00
<b>J</b>	3,33	5,33	7,00	2,00	4,00	6,00	1,33	3,00	5,00	5,00	7,00	8,00	2,33	4,33	6,33	2,67	4,67	6,67
<b>K</b>	5,33	7,33	8,33	1,67	3,33	5,33	2,33	3,67	5,33	4,00	5,67	7,33	3,67	5,67	7,67	2,33	4,33	6,33
<b>L</b>	4,00	6,00	8,00	3,33	5,33	7,33	3,00	5,00	7,00	4,33	6,33	8,33	4,33	6,33	8,33	3,33	5,33	7,33
<b>M</b>	4,33	6,33	8,00	5,00	7,00	8,33	5,67	7,67	8,67	4,00	6,00	8,00	2,67	4,67	6,67	3,33	5,33	7,33
<b>N</b>	3,33	5,33	7,33	2,00	3,67	5,67	1,33	3,00	5,00	2,67	4,67	6,67	2,00	4,00	6,00	3,00	5,00	7,00
<b>O</b>	3,67	5,33	7,00	4,33	6,00	7,33	6,00	8,00	9,00	4,33	6,33	8,00	3,33	5,33	7,00	3,33	5,33	7,33

Fonte: elaborado pelo autor.

## APÊNDICE J – MATRIZ $\tilde{D}$ : INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

	Compras			Logística interna			Gestão de estoque			Execução do projeto			Ocorrência			Detecção		
<b>A</b>	5,33	7,33	8,67	4,33	6,33	8,00	3,33	5,33	7,33	6,33	8,33	9,00	3,67	5,67	7,67	3,67	5,67	7,67
<b>B</b>	5,00	7,00	8,67	2,33	4,00	6,00	3,00	5,00	7,00	5,67	7,67	8,67	3,67	5,67	7,67	4,00	6,00	8,00
<b>C</b>	5,33	7,33	9,00	3,67	5,67	7,33	2,67	4,67	6,33	5,33	7,33	9,00	3,00	4,67	6,67	3,00	5,00	7,00
<b>D</b>	2,67	4,67	6,67	4,67	6,67	8,00	4,67	6,67	8,00	4,00	6,00	7,33	3,33	5,33	7,00	4,33	6,33	8,00
<b>E</b>	5,00	7,00	8,33	3,00	5,00	7,00	2,33	4,00	6,00	6,00	8,00	8,67	4,67	6,67	8,33	3,67	5,67	7,33
<b>F</b>	2,00	3,67	5,67	1,67	2,67	4,67	2,00	3,33	5,00	5,33	7,33	8,67	2,67	4,67	6,67	3,67	5,67	7,67
<b>G</b>	3,33	5,33	7,00	3,00	5,00	6,67	4,33	6,33	8,00	5,67	7,67	8,67	4,00	6,00	8,00	4,00	6,00	8,00
<b>H</b>	2,67	4,67	6,67	1,00	3,00	5,00	2,33	4,00	6,00	3,67	5,33	7,00	2,67	4,67	6,67	4,00	6,00	7,67
<b>I</b>	3,00	4,33	6,00	2,33	4,00	6,00	1,67	3,00	5,00	3,33	5,00	6,67	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00
<b>J</b>	4,00	6,00	7,67	2,33	4,33	6,33	1,67	3,67	5,67	4,67	6,67	7,67	2,67	4,67	6,67	3,00	5,00	7,00
<b>K</b>	3,00	4,67	6,33	1,33	3,00	5,00	1,00	2,33	4,33	4,33	6,33	8,00	2,67	4,67	6,67	2,00	4,00	6,00
<b>L</b>	4,67	6,67	8,00	3,67	5,67	7,33	2,00	4,00	6,00	6,00	8,00	9,00	4,33	6,33	8,33	3,00	5,00	7,00
<b>M</b>	3,00	5,00	7,00	3,33	5,33	7,33	5,00	6,67	8,00	4,67	6,67	8,33	3,00	5,00	7,00	3,67	5,67	7,67
<b>N</b>	2,67	4,67	6,67	2,00	3,67	5,67	1,67	3,33	5,33	4,00	6,00	7,33	2,67	4,67	6,67	3,33	5,33	7,33
<b>O</b>	3,33	4,67	6,00	3,00	4,67	6,67	5,00	6,67	7,67	5,00	7,00	8,00	3,00	5,00	6,67	3,33	5,33	7,33

Fonte: elaborado pelo autor.

**APÊNDICE K – CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE  $\tilde{v}_{ij}$  E  $\tilde{v}_j^*$**

Tipo de instalação	Risco	$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$					
		Compras	Logística interna	Gestão de estoque	Execução do projeto	Ocorrência	Deteccção
Combate a incêndio	<b>A</b>	0,12	0,10	0,10	0,02	0,02	0,10
	<b>B</b>	0,00	0,21	0,10	0,00	0,02	0,10
	<b>C</b>	0,04	0,23	0,14	0,07	0,13	0,07
	<b>D</b>	0,10	0,00	0,02	0,17	0,06	0,09
	<b>E</b>	0,05	0,18	0,12	0,05	0,03	0,09
	<b>F</b>	0,37	0,31	0,21	0,02	0,03	0,12
	<b>G</b>	0,24	0,16	0,09	0,05	0,04	0,09
	<b>H</b>	0,19	0,25	0,14	0,19	0,02	0,12
	<b>I</b>	0,24	0,21	0,15	0,25	0,04	0,09
	<b>J</b>	0,19	0,22	0,12	0,09	0,15	0,10
	<b>K</b>	0,08	0,19	0,12	0,11	0,07	0,00
	<b>L</b>	0,14	0,09	0,07	0,00	0,07	0,00
	<b>M</b>	0,17	0,09	0,01	0,11	0,15	0,10
	<b>N</b>	0,15	0,23	0,12	0,25	0,13	0,06
	<b>O</b>	0,22	0,13	0,00	0,09	0,00	0,10
Elétrica	<b>A</b>	0,04	0,07	0,08	0,00	0,03	0,07
	<b>B</b>	0,00	0,13	0,08	0,00	0,00	0,08
	<b>C</b>	0,02	0,05	0,08	0,06	0,08	0,00
	<b>D</b>	0,17	0,02	0,02	0,21	0,13	0,08
	<b>E</b>	0,08	0,13	0,15	0,05	0,05	0,07
	<b>F</b>	0,35	0,23	0,16	0,05	0,11	0,08
	<b>G</b>	0,28	0,11	0,10	0,02	0,03	0,07
	<b>H</b>	0,17	0,18	0,10	0,20	0,11	0,09
	<b>I</b>	0,21	0,17	0,13	0,26	0,14	0,04
	<b>J</b>	0,19	0,18	0,15	0,10	0,17	0,02

	<b>K</b>	0,05	0,22	0,14	0,19	0,06	0,00
	<b>L</b>	0,12	0,09	0,08	0,13	0,00	0,06
	<b>M</b>	0,11	0,00	0,01	0,16	0,14	0,06
	<b>N</b>	0,17	0,19	0,15	0,27	0,20	0,04
	<b>O</b>	0,18	0,06	0,00	0,14	0,10	0,06
Hidrossanitária	<b>A</b>	0,02	0,01	0,03	0,00	0,07	0,10
	<b>B</b>	0,03	0,15	0,04	0,05	0,07	0,11
	<b>C</b>	0,00	0,05	0,06	0,06	0,15	0,07
	<b>D</b>	0,20	0,00	0,00	0,18	0,11	0,12
	<b>E</b>	0,04	0,09	0,08	0,03	0,00	0,10
	<b>F</b>	0,28	0,23	0,11	0,06	0,15	0,10
	<b>G</b>	0,16	0,10	0,01	0,05	0,04	0,11
	<b>H</b>	0,20	0,22	0,08	0,22	0,15	0,11
	<b>I</b>	0,23	0,15	0,11	0,25	0,13	0,07
	<b>J</b>	0,11	0,13	0,09	0,13	0,15	0,07
	<b>K</b>	0,21	0,22	0,14	0,14	0,15	0,00
	<b>L</b>	0,07	0,05	0,08	0,02	0,02	0,07
	<b>M</b>	0,17	0,07	0,00	0,11	0,13	0,10
	<b>N</b>	0,20	0,17	0,10	0,18	0,15	0,09
	<b>O</b>	0,22	0,11	0,01	0,10	0,14	0,09

APÊNDICE L – CÁLCULO DA DISTÂNCIA ENTRE  $\tilde{v}_{ij}$  E  $\tilde{v}_j^-$

Tipo de instalação	Risco	$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$					
		COMPRAS	LOGÍSTICA INTERNA	GESTÃO DE ESTOQUE	EXECUÇÃO DO PROJETO	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO
Combate a incêndio	A	0,25	0,21	0,11	0,24	0,14	0,02
	B	0,37	0,11	0,11	0,25	0,14	0,02
	C	0,34	0,09	0,07	0,18	0,03	0,05
	D	0,28	0,31	0,20	0,09	0,10	0,03
	E	0,33	0,14	0,10	0,21	0,13	0,03
	F	0,00	0,00	0,00	0,23	0,13	0,00
	G	0,13	0,15	0,12	0,21	0,11	0,03
	H	0,18	0,06	0,07	0,06	0,14	0,00
	I	0,13	0,11	0,06	0,01	0,11	0,03
	J	0,18	0,09	0,10	0,17	0,00	0,02
	K	0,29	0,12	0,10	0,14	0,08	0,12
	L	0,24	0,23	0,15	0,25	0,08	0,12
	M	0,20	0,23	0,20	0,14	0,00	0,02
	N	0,22	0,09	0,10	0,00	0,03	0,06
	O	0,15	0,18	0,21	0,16	0,15	0,02
Elétrica	A	0,31	0,16	0,08	0,28	0,17	0,02
	B	0,35	0,10	0,08	0,28	0,20	0,01
	C	0,34	0,18	0,08	0,22	0,11	0,09
	D	0,18	0,22	0,15	0,07	0,07	0,01
	E	0,27	0,10	0,01	0,23	0,15	0,02
	F	0,00	0,01	0,00	0,23	0,08	0,01
	G	0,07	0,12	0,06	0,26	0,17	0,02
	H	0,18	0,06	0,06	0,08	0,08	0,00
	I	0,14	0,06	0,03	0,03	0,06	0,05
	J	0,17	0,06	0,01	0,18	0,03	0,06

	<b>K</b>	0,30	0,02	0,02	0,09	0,14	0,09
	<b>L</b>	0,23	0,14	0,08	0,16	0,20	0,03
	<b>M</b>	0,25	0,23	0,15	0,13	0,06	0,03
	<b>N</b>	0,18	0,04	0,01	0,02	0,00	0,05
	<b>O</b>	0,17	0,17	0,16	0,14	0,10	0,03
Hidrossanitária	<b>A</b>	0,26	0,23	0,11	0,25	0,08	0,02
	<b>B</b>	0,25	0,09	0,10	0,20	0,08	0,01
	<b>C</b>	0,28	0,18	0,07	0,20	0,01	0,05
	<b>D</b>	0,08	0,24	0,14	0,07	0,04	0,00
	<b>E</b>	0,24	0,15	0,06	0,22	0,15	0,02
	<b>F</b>	0,00	0,01	0,03	0,18	0,00	0,02
	<b>G</b>	0,12	0,14	0,13	0,20	0,11	0,01
	<b>H</b>	0,08	0,02	0,06	0,03	0,00	0,01
	<b>I</b>	0,05	0,09	0,02	0,00	0,03	0,05
	<b>J</b>	0,17	0,11	0,05	0,11	0,00	0,05
	<b>K</b>	0,07	0,02	0,00	0,11	0,00	0,12
	<b>L</b>	0,21	0,18	0,06	0,23	0,14	0,05
	<b>M</b>	0,10	0,18	0,14	0,14	0,03	0,02
	<b>N</b>	0,08	0,07	0,04	0,07	0,00	0,03
	<b>O</b>	0,06	0,13	0,13	0,14	0,02	0,03



**APÊNDICE M – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO**

	Ranking por cenário								Ranking Mínimo	Ranking Máximo
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
L	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
B	5	2	1	4	2	4	3	2	1	5
A	3	4	4	3	3	6	4	3	3	6
D	2	3	6	2	4	1	1	4	1	6
E	6	5	3	5	5	7	5	5	3	7
O	4	7	7	6	7	3	6	6	3	7
K	9	6	5	7	6	8	7	7	5	9
C	10	8	8	10	8	10	9	10	8	10
G	7	10	9	9	9	9	10	9	7	10
M	8	9	10	8	10	5	8	8	5	10
H	12	12	12	12	12	13	12	12	12	13
I	14	14	14	14	14	14	13	14	13	14
J	11	11	11	11	11	11	14	11	11	14
F	13	15	15	15	15	15	15	15	13	15
N	15	13	13	13	13	12	11	13	11	15

**APÊNDICE N – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INSTALAÇÕES ELÉTRICA**

	Ranking por cenário								Ranking Mínimo	Ranking Máximo
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
A	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2
B	3	1	1	3	2	3	3	2	1	3
C	2	3	3	2	3	1	1	3	1	3
M	6	4	6	4	6	4	4	4	4	6
L	4	5	4	5	4	7	5	5	4	7
O	7	7	8	6	7	5	6	7	5	8
E	8	6	5	7	5	9	8	6	5	9
D	9	9	10	8	10	6	7	9	6	10
G	5	10	9	9	8	8	10	8	5	10
K	10	8	7	10	9	10	9	10	7	10
J	11	11	11	11	11	12	12	11	11	12
H	13	12	12	12	12	11	11	12	11	13
I	14	13	14	13	13	13	13	13	13	14
F	12	14	13	14	14	14	15	14	12	15
N	15	15	15	15	15	15	14	15	14	15

**APÊNDICE O – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE: INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIA**

	Ranking por cenário								Ranking Mínimo	Ranking Máximo
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3
E	3	3	2	3	3	4	3	3	2	4
C	5	4	5	4	4	5	4	4	4	5
B	6	5	4	6	5	6	5	5	4	6
G	4	6	6	5	6	3	6	6	3	6
M	7	7	7	8	7	7	8	7	7	8
D	8	8	10	7	8	8	7	8	7	10
J	10	10	9	10	9	10	10	10	9	10
O	9	9	8	9	10	9	9	9	8	10
K	11	11	11	11	11	12	12	11	11	12
N	13	12	13	12	12	11	13	12	11	13
F	12	14	12	14	13	13	15	13	12	15
H	15	15	14	15	15	14	14	15	14	15
I	14	13	15	13	14	15	11	14	11	15