

ANÁLISE DE RISCO COM RECURSO À FMEA

Propostas para a Graduação da Severidade e
Ocorrência

ANA FILIPA GEMELGO CORREIA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Fachana Moreira da Costa

JUNHO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus pais e avós

It always seems impossible until it's done.

Nelson Mandela

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Jorge Moreira da Costa, pelo apoio, orientação e conhecimentos transmitidos ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos que encontrei na FEUP e que me acompanharam ao longo de todo o percurso, por todo o companheirismo e entajuda, mas, sobretudo, pela amizade.

Aos amigos de sempre e aos familiares que, embora distantes, sempre se fizeram sentir presentes. Um agradecimento especial à Andreia por todos os incentivos e pela amizade incondicional.

À Sílvia, pelos conselhos e por toda a ajuda disponibilizada.

Ao Cláudio, pelo apoio e paciência. Por me incentivar a querer fazer sempre mais e melhor.

Aos meus pais, às minhas irmãs e aos meus avós, por serem o meu suporte. Por toda a compreensão, o apoio incondicional e o encorajamento nos momentos mais complicados. Aos meus pais, obrigada por terem acreditado sempre em mim e por me fazerem ver que, com trabalho, tudo é possível.

RESUMO

A frágil situação económica vivida atualmente em Portugal, em particular no setor da construção civil, justifica, mais do que nunca, a necessidade de recorrer à Análise de Risco como forma de potenciar o sucesso dos investimentos enfatizando-se quais os principais riscos inerentes ao projeto de construção em desenvolvimento.

A FMEA como técnica de Análise de Risco amplamente utilizada em diferentes indústrias constitui mais valia também para a indústria da construção. O obstáculo à aplicação da FMEA ao setor da construção reside na dificuldade em graduar os parâmetros da “Severidade” e “Ocorrência”, indispensáveis ao desenvolvimento da metodologia, face à imprevisibilidade e singularidade características dos projetos de construção que tornam inadequadas e impossibilitam a utilização das escalas habitualmente usadas noutras indústrias.

Apresentam-se nesta dissertação sugestões para ultrapassar as dificuldades de aplicação do método ao contexto da indústria da construção através de propostas para a graduação da “Severidade” e “Ocorrência” dos Modos de Falha identificados como os mais representativos para os projetos de construção.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Risco, FMEA, Modos de Falha, Severidade, Ocorrência.

ABSTRACT

The delicate economic situation lived in Portugal nowadays, in particular in the construction industry, justifies the need to use risk analysis in order to maximize the success of investments, emphasizing the main risks inherent in the construction project in development.

The FMEA as risk analysis technique widely used in different industries, is also an asset for the construction industry. The obstacle to the implementation of FMEA to the construction sector is the difficulty in graduating the parameters of "Severity" and "Occurrence", imperative for the development of methodology, given the unpredictability and uniqueness of the construction projects' characteristics that make inappropriate and that prevent the application of scales commonly used in other industries.

In this thesis are presented suggestions to overcome the difficulties in the application of the method to the construction industry through proposals for the graduation of "Severity" and "Occurrence" of the failure modes identified as the most representative for the construction projects.

KEYWORDS: Risk Analysis, FMEA, Failure Modes, Severity, Occurrence.

ÍNDICE GERAL	
AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE QUADROS	xi
ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. A ANÁLISE E GESTÃO DE RISCO	3
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
2.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA	3
2.3. PLANEAMENTO DA ANÁLISE E GESTÃO DE RISCO	4
2.4. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS	4
2.5. AVALIAÇÃO DOS RISCOS	5
2.6. GESTÃO DOS RISCOS	10
2.7. A ANÁLISE E GESTÃO DE RISCO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	12
3. FMEA	15
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
3.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA	15
3.3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES	21
3.4. APLICAÇÃO À INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	21
4. PROPOSTAS DE GRADUAÇÃO PARA A SEVERIDADE E OCORRÊNCIA	23
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS – APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA	23
4.2. APRESENTAÇÃO DAS FICHAS PROPOSTAS PARA A GRADUAÇÃO DA SEVERIDADE E OCORRÊNCIA	24
4.2.1. CONDICIONANTES PRÉVIAS (A)	24
4.2.2. CONDICIONANTES DE PROJETO (B)	24
4.2.3. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO (C)	25

4.2.4. CONDICIONANTES DE ESTALEIRO (D)	25
4.2.5. CONDICIONANTES DE FORNECIMENTO (E)	25
4.3. FICHAS PROPOSTAS PARA A GRADUAÇÃO DA SEVERIDADE E OCORRÊNCIA	25
4.4. PROPOSTA DE TRATAMENTO DAS AVALIAÇÕES RESULTANTES DA APLICAÇÃO DAS FICHAS COM RECURSO AO PROGRAMA MICROSOFT EXCEL	56
4.4.1. INTRODUÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E GRADUAÇÕES	56
4.4.2. PONDERAÇÃO DOS RESULTADOS	58
4.4.3. RESULTADOS AGREGADOS	59
5. CONCLUSÕES	63
5.1. CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS	63
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Exemplos de distribuições contínuas de probabilidades frequentemente utilizadas (PMBOK, 2013)	8
Fig. 2 – Exemplo de diagrama de tornado (PMOK, 2013)	8
Fig. 3 – Exemplo de diagrama de árvore de decisão (PMBOK, 2013)	9
Fig. 4 – Exemplo da representação gráfica dos resultados da simulação de riscos de custos (PMBOK, 2013)	10
Fig. 5 – Gráfico S x O (adaptado de Costa, 2015)	19
Fig. 6 – Fluxograma-resumo da aplicação da FMEA (adaptado de Pinto-Faria, 2015)	20
Fig. 7 – Introdução dos dados iniciais relativos aos elementos da Equipa de Análise de Risco	56
Fig. 8 – Introdução dos valores dos níveis de risco atribuídos aos parâmetros “Severidade” e “Ocorrência” para cada Modo de Falha com base nas fichas e cálculo das respetivas médias e DP ..	57
Fig. 9 – Diagrama de graduação do risco para todos os Modos de Falha considerados	58
Fig. 10 – Atribuição de pesos a cada situação em análise	58
Fig. 11 – Apresentação das médias já ponderadas em função dos pesos atribuídos a cada Âmbito e para cada Contexto em análise.....	59
Fig. 12 – Gráfico de radar para o parâmetro “Severidade”	60
Fig. 13 – Gráfico de radar para o parâmetro “Ocorrência”	60
Fig. 14 – Espaço destinado a comentários explicativos das conclusões da Análise de Risco desenvolvida.....	61

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de matriz de probabilidade e impacto (PMBOK, 2013)	6
Quadro 2 – Exemplo do tipo de informação que pode ser recolhida em entrevistas sobre riscos: Faixas de estimativas de custos do projeto (PMBOK, 2013)	7
Quadro 3 – Escala de Severidade (adaptado de Costa, 2015)	17
Quadro 4 – Escala de Ocorrência (adaptado de Costa, 2015)	18
Quadro 5 – Escala de Detecção (adaptado de Costa, 2015)	19

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

CIB – Conseil International du Bâtiment

CSO – Coordenador de Segurança em fase de Obra

CSP – Coordenador de Segurança em fase de Projeto

DIA – Declaração de Impacte Ambiental

DP – Desvio-Padrão

EKG – Estudo Geológico-Geotécnico

ENR – Engineering News-Record

FMEA – Failure Modes and Effects Analysis

ISO – International Organization for Standardization

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

PMI – Project Management Institute

PSS – Plano de Segurança e Saúde

RPN – Risk Priority Number

TC – Tribunal de Contas

VME – Valor Monetário Esperado

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em qualquer projeto, independentemente da sua natureza, são tomadas decisões que envolvem riscos. A probabilidade de uma dada atividade falhar existe e é necessário analisar os vários cenários que podem enquadrar essa possibilidade para que seja possível estar preparado para responder da melhor forma, caso tal se verifique.

Um projeto de construção tem, inevitavelmente, riscos associados. Uma análise à probabilidade de ocorrerem falhas ao longo de todo o processo, permite criar um conjunto de medidas preventivas e elaborar estratégias capazes de mitigar as consequências dessas falhas no objetivo final do projeto de construção.

Atendendo aos inúmeros benefícios que a Análise de Risco representa num projeto, são já várias as empresas portuguesas que se mostram preocupadas em desenvolver estratégias de Análise e Gestão do Risco. Essa gestão pode ser desenvolvida recorrendo a diferentes métodos de Análise de Riscos, sendo uma das opções a FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis* (Análise de Modos de Falha e Efeitos), objeto de estudo desta dissertação.

A FMEA foi uma das primeiras técnicas sistemáticas usadas para a análise de falhas, tendo sido inicialmente desenvolvida pelo exército norte-americano com o objetivo de determinar os efeitos das falhas em sistemas e equipamentos no contexto militar. Ao longo do tempo, o método foi adaptado tendo vindo a ser usado em diferentes áreas. O carácter indutivo da metodologia aplicada pela FMEA é um dos motivos pelo qual esta não é utilizada na indústria da construção como noutras em que tem vindo a ser muito aproveitada.

O método baseia-se em estimar a gravidade dos possíveis Modos de Falha (“Severidade”), a sua probabilidade de “Ocorrência” e de “Deteção”. Ao facto destas estimativas serem desenvolvidas por uma Equipa de Análise de Risco e consequentemente dependerem do historial profissional e pessoal de cada interveniente no processo, tornando-as, inevitavelmente, subjetivas, acresce o facto de a indústria da construção não dispor de sistemas de trabalho automatizados, como se verifica noutras indústrias onde a FMEA é aplicada, o que torna algumas das formatações habitualmente usadas na avaliação dos riscos algo desajustadas ao contexto desta indústria. É desta panorâmica que resultam opiniões divergentes quanto à utilização do método em projetos de construção. Ainda assim, a FMEA é considerada como uma das metodologias de Análise de Risco mais eficiente na indústria da construção, surgindo em diversas publicações e artigos (CIB, 2005 e Nielsen, 2002).

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

A realização de um empreendimento de construção corresponde a uma atividade que envolve um número muito elevado de intervenientes, pelo que a estratégia de Análise de Risco pode ser aplicada em vários níveis e segundo diferentes perspetivas, envolvendo diversas questões relevantes para a fase/âmbito do trabalho a desenvolver por cada membro da Equipa.

No caso desta dissertação, por motivos de condicionamento de tempo para o seu desenvolvimento decidiu-se efetuar o estudo assumindo os interesses do Dono de Obra (eventualmente assessorado por um Gestor de Projeto por aquele contratado). Desta forma, os riscos serão equacionados na perspetiva do que poderá correr mal em função das condições específicas que possam ter condicionado o desenvolvimento dos projetos técnicos e/ou influenciar negativamente o desenvolvimento da obra. A listagem de situações apresentadas não será exaustiva - em função da visão ainda académica da autora. Contudo, o modelo proposto será flexível, permitindo uma adaptação/expansão relativamente simples.

Assim, o objetivo central desta dissertação é demonstrar a aplicabilidade do método da FMEA à indústria da construção, apresentando uma proposta de graduação para a “Severidade” e “Ocorrência” ajustada ao contexto do setor da construção e que possa ser aplicada de forma clara e mais objetiva, qualquer que seja o empreendimento construtivo a desenvolver, comprovando que, com as devidas adaptações à realidade da indústria da construção, a FMEA representa uma ferramenta muito útil na Análise de Risco das diferentes fases dos projetos de construção.

É também objetivo desta dissertação apresentar uma sugestão para um possível modelo operacional que auxilie os membros da Equipa de Análise de Risco a avaliar os resultados da priorização que tenham atribuído aos riscos inerentes ao caso em estudo, com base na utilização das escalas de graduação propostas, conduzindo a um consenso entre as suas várias perspetivas.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, estando a presente Introdução inserida no primeiro onde se dá a conhecer o enquadramento geral do tema a desenvolver, fazendo referência aos principais objetivos a atingir e referindo algumas condicionantes e pressupostos adotados.

No segundo capítulo pretende-se desenvolver a temática da Análise de Risco numa perspetiva global, abordando os seus princípios, funções e dando a conhecer algumas das metodologias aplicáveis. Far-se-á também referência à forma como a Análise de Risco deve ser praticada no setor da construção e à importância que esta assume no sucesso dos projetos construtivos.

O terceiro capítulo tem como objetivo apresentar a técnica de Análise de Risco que está na base da temática a desenvolver nesta dissertação – FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). Dar-se-á a conhecer a sua metodologia num contexto geral e far-se-á uma contextualização da aplicação do método à indústria da construção.

No quarto capítulo será apresentado o principal objetivo do desenvolvimento desta dissertação, dando a conhecer as propostas de graduação para os parâmetros da “Severidade” e “Ocorrência”, essenciais à aplicação da FMEA, na forma de 24 fichas organizadas e adaptadas às necessidades dos projetos de construção. Serão ainda apresentadas sugestões de tratamento dos resultados obtidos através da utilização das fichas propostas na aplicação da FMEA, recorrendo ao programa Microsoft Excel.

O quinto e último capítulo da presente dissertação corresponderá a uma síntese do trabalho desenvolvido, enfatizando as principais conclusões resultantes do seu desenvolvimento e referindo possíveis desenvolvimentos futuros.

2

A ANÁLISE E GESTÃO DE RISCO

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O termo “risco”, inserido num qualquer contexto do quotidiano, denota a *possibilidade de um acontecimento futuro e incerto; perigo* (Infopédia, 2016). Analisando a terminologia no contexto da análise e gestão de risco pode descrever-se o risco do projeto como *um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto, tais como escopo, cronograma, custo e qualidade* (PMBOK, 2013). Por outras palavras e direcionando-as à indústria da construção, o “risco” refere-se ao perigo de ocorrer uma falha num episódio futuro sobre o qual não se tem completo controlo e que poderá influenciar negativamente o processo e produto final do projeto de construção em causa.

No contexto macroeconómico instável e complexo como aquele em que manobram atualmente as empresas portuguesas, em particular as empresas do ramo da construção, são inúmeros os riscos a que estas estão sujeitas durante toda a sua atividade. Assim, o papel da análise e gestão de risco tem vindo a ganhar grande expressão, sendo atualmente consensual a sua importância no bom desempenho das empresas. Como referido pelo departamento de gestão de risco britânico, *apesar de não ser possível eliminar por completo o risco, podemos geri-lo. O custo de uma gestão de risco eficaz é mínimo quando comparado com o custo de o fazer de forma errada. Quando é feita de uma forma errada é que realmente custa* (ENR, 2008 referido em Matos, 2013). Desta forma, justifica-se a necessidade de contemplar a análise e gestão de risco como parte integrante do projeto.

2.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

A Análise de Risco engloba um conjunto de ações que visam, numa fase inicial, permitir uma familiarização com as possíveis falhas inerentes ao projeto e, desta forma, elaborar um plano de operações que enfatize as atividades que requerem maior controle, assumindo, assim, uma atitude preventiva que possa impedir a materialização dos riscos. Simultaneamente, deverá preparar o cenário da materialização dessas falhas, passando a atuar na mitigação dos seus efeitos. Assim, o objetivo passa a ser o da gestão de risco propriamente dita: minimizar o impacto negativo ao nível da empresa e dos seus *stakeholders* e avaliar relações de retorno – risco tendo em vista a aplicação de soluções de otimização do portefólio de negócios (EDP, 2016). Desta forma, pode afirmar-se que o objetivo final da análise e gestão de risco é *aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e reduzir a probabilidade e os impactos dos eventos negativos do projeto* (PMBOK, 2013). Para alcançar os objetivos a que se propõe, a análise e gestão de risco, numa perspetiva generalista relativamente à sua área de aplicação, deverá desenvolver esforços no sentido de trabalhar os processos de planeamento da análise e gestão de risco, identificação dos riscos, avaliação dos riscos e gestão dos riscos.

2.3. PLANEAMENTO DA ANÁLISE E GESTÃO DE RISCO

O objetivo deste processo é definir a forma como se irão desenvolver as atividades de análise e gestão de risco do projeto, produzindo, no final deste planeamento, um plano de Análise e Gestão do Risco. Para além de aumentar a probabilidade de sucesso dos restantes processos a desenvolver na Análise e Gestão de Risco, a grande vantagem de contemplar esta etapa no projeto consiste na possibilidade de assegurar que o nível e tipo de análise e gestão de risco levadas a cabo sejam proporcionais aos riscos e à importância que o projeto representa para a empresa.

2.4. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

A identificação dos riscos corresponde à primeira abordagem relativa aos riscos levada a cabo pela Equipa de Análise de Risco. Nesta etapa, deve desenvolver-se um estudo alargado cujo objetivo é identificar e documentar todos os possíveis riscos que possam vir a verificar-se no decorrer do projeto em análise. Importa salientar a seriedade e exatidão com que deve ser conduzida esta fase do processo: falhar na identificação dos potenciais perigos que o projeto poderá enfrentar é impedir a sua consideração e comprometer o propósito da Análise de Risco.

Desta forma, o estudo a desenvolver deverá apoiar-se num processo de investigação vasto que poderá recorrer tanto a registos de ocorrências documentados pela própria empresa, ou outras, relativos a projetos anteriores, como ao testemunho de todos os profissionais intervenientes nas diversas fases do projeto que possam contribuir para o aprimoramento desta tarefa. A identificação de riscos é um processo iterativo, uma vez que, durante o ciclo de vida do projeto podem surgir ou evidenciar-se novos riscos. Clarificando a forma como deve ser desenvolvido o processo de identificação dos riscos, seguem-se algumas ferramentas e técnicas a considerar (PMBOK, 2008):

Revisão da documentação

Contempla uma revisão da documentação do projeto, incluindo planos, premissas, arquivos de projetos anteriores, acordos e outras informações pertinentes. A qualidade dos planos e a consistência entre eles, assim como os requisitos e premissas do projeto podem ser indicadores de riscos.

Técnicas de recolha de informação

- **Brainstorming:** O produto final será uma lista completa de todos os riscos do projeto. A equipa do projeto deve realizar um brainstorming com um conjunto multidisciplinar de especialistas que não fazem parte da equipa. As ideias sobre os riscos no projeto são geradas sob a liderança de um facilitador, podendo resultar de uma sessão tradicional de brainstorming de forma livre em que as ideias são fornecidas pelos participantes de forma espontânea, ou de uma sessão estruturada, usando técnicas de entrevista em grupo.
- **Técnica Delphi:** O objetivo é obter um consenso entre especialistas. Os especialistas em riscos do projeto participam anonimamente num processo onde o facilitador usa um questionário com o intuito de obter ideias sobre riscos importantes do projeto. As respostas são resumidas e redistribuídas aos especialistas para comentários adicionais. O consenso pode ser obtido após algumas rondas deste processo. As vantagens desta técnica residem no facto de reduzir a parcialidade nos dados e evitar que alguém possa influenciar indevidamente o resultado final.
- **Entrevistas:** Questionar participantes experientes do projeto, partes interessadas e especialistas no assunto que possam ajudar a identificar riscos.

Análise de listas de verificação

As listas de verificação de riscos são desenvolvidas com base no historial e conhecimento acumulado relativos a projetos anteriores semelhantes e outras fontes de informação. Embora simples e de rápida utilização estas fichas são inevitavelmente incompletas, pelo que não devem ser usadas em substituição de uma identificação dos riscos completa e adequada. É importante também que exista uma revisão e reestruturação da referida lista de verificação no decorrer e final do projeto para que esta se torne uma mais valia em projetos futuros.

Análise de premissas

Os planos dos projetos e os projetos em si são desenvolvidos com base num conjunto de premissas, cenários ou hipóteses. A análise de premissas explora a validade das premissas em relação ao projeto, identificando os riscos do projeto decorrentes do caráter incerto, instável, inconsistente ou incompleto das premissas.

Técnicas de diagramas

- **Diagrama de causa e efeito, de Ishikawa ou de espinha de peixe:** Serve para auxiliar na identificação das causas dos riscos.
- **Diagrama de sistema ou fluxograma:** Apresenta a forma como os vários elementos de um sistema se relacionam e o mecanismo de causalidade.
- **Diagrama de influência:** Apresenta através da representação gráfica influências causais, ordem cronológica dos eventos e outras relações entre variáveis e resultados.

Análise SWOT

Esta técnica permite analisar o projeto considerando todas as suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças com o objetivo de aumentar o número de riscos identificados. Inicialmente identificam-se as forças e fraquezas da organização responsável pelo projeto ou a área de negócio em geral. De seguida, a análise SWOT identifica as oportunidades do projeto provenientes das forças da organização, bem como as ameaças que resultam das suas fraquezas. É ainda analisado o grau com que as forças compensam as ameaças e as oportunidades que podem superar as fraquezas.

Opinião especializada

A identificação dos riscos pode ser da responsabilidade de especialistas com experiência relevante em projetos ou áreas de negócio semelhantes. Cabe ao responsável pelo projeto convidar os especialistas que deverão considerar todos os aspetos do projeto e sugerir os potenciais riscos com base na sua experiência e área de especialização. Neste processo, deve ser tida em conta a parcialidade dos especialistas.

2.5. AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Avaliar um risco implica considerar as duas dimensões que melhor o caracterizam: a probabilidade (P) associada à incerteza da sua ocorrência e o impacto (I) referente à gravidade com que afetará o projeto. Desta forma, o risco será o resultado do produto obtido dessas duas dimensões: $R = P \times I$ (Hillson e Hulett, 2004; Mitrut, 2005 referidos em Dumbrava, 2013). Assim, é fundamental que se desenvolva uma boa avaliação de ambas as dimensões consideradas para que a avaliação do risco possa ser igualmente bem sucedida.

Segundo o exposto no Guia PMBOK (2013) pelo PMI, idealmente, a avaliação dos riscos deverá contemplar uma análise qualitativa dos riscos seguida de uma análise quantitativa dos riscos. No entanto,

em certos projetos, esta última poderá não ser desenvolvida devido, por exemplo, à insuficiência de dados necessários à aplicação dos modelos apropriados para desenvolver a referida análise. Será da responsabilidade do gestor de projeto avaliar a necessidade e viabilidade desta análise.

Assim, a análise qualitativa dos riscos tem como objetivo central estabelecer uma priorização dos riscos, avaliando a sua probabilidade de Ocorrência e impacto no projeto, permitindo ao gestor de projeto reduzir o nível de incerteza, focando-se nos riscos de prioridade mais elevada. A prioridade dos riscos identificados deverá resultar não só da probabilidade de Ocorrência e impacto, mas também de fatores como *o intervalo de tempo para resposta, a tolerância a riscos da organização associada com as restrições de custo, cronograma, escopo e qualidade do projeto*. Estas avaliações resultam não só da avaliação da equipa responsável pelo projeto como também das restantes partes interessadas do projeto face ao risco. Assim, uma avaliação eficaz requer uma identificação explícita e gestão das abordagens aos riscos dos principais intervenientes no projeto. É importante que se saiba lidar e corrigir possíveis situações de parcialidade resultantes desta intervenção. Encontram-se disponibilizadas pelo PMI no PMBOK (2013) algumas técnicas que poderão ser úteis nesta fase da análise e gestão de risco:

Avaliação da probabilidade e impacto dos riscos

Organizam-se entrevistas ou reuniões com elementos selecionados pela sua proximidade com a categoria dos riscos em avaliação, incluindo membros da equipa responsável pelo projeto e profissionais competentes não responsáveis pelo projeto com o objetivo de analisar a probabilidade de Ocorrência de cada risco em particular, assim como o impacto do risco sobre os objetivos do projeto: prazo, custo, qualidade ou desempenho. Os riscos são avaliados individualmente, analisando-se tanto as consequências negativas das potenciais falhas, como os efeitos positivos das oportunidades.

Matriz de probabilidade e impacto

O resultado final é a classificação de cada risco identificado de acordo com a sua prioridade. Para tal, é construída uma matriz que combina valores ou termos descritivos para a probabilidade e impacto relativamente aos objetivos em análise. É possível fazer uma classificação individual para cada objetivo (por exemplo, prazo, custo e escopo) ou determinar uma classificação geral para cada risco. É da responsabilidade da empresa estipular, na fase inicial de planeamento e gestão dos riscos, as combinações de probabilidade e impacto que devem resultar numa classificação de risco com prioridade baixa, moderada ou alta. A leitura do resultado final obtido é simples, uma vez que, de acordo com a prioridade os resultados das combinações aparecem sugestivamente coloridos, por exemplo: riscos de prioridade alta obtêm-se com combinações na matriz coloridas a cinza escuro, prioridade moderada num tom de cinza intermédio e prioridade baixa numa tonalidade de cinza mais claro. A pontuação obtida permite ainda auxiliar o processo de respostas aos riscos. Dependendo do nível de prioridade resultante, o risco deverá ser tratado em conformidade.

Quadro 1 - Exemplo de matriz de probabilidade e impacto (PMBOK, 2013)

Matriz de probabilidade e impacto										
Probabilidade	Ameaças					Oportunidades				
	0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05/ Muito baixo	0,10/ Baixo	0,20/ Moderado	0,40/ Alto	0,80/ Muito alto	0,80/ Muito alto	0,40/ Alto	0,20/ Moderado	0,10/ Baixo	0,05/ Muito baixo

Impacto (escala numérica) em um objetivo (por exemplo, custo, tempo, escopo ou qualidade)

Avaliação da qualidade dos dados sobre riscos

Esta técnica pretende avaliar em que medida os dados sobre os riscos são úteis para a gestão dos riscos, analisando a sua qualidade, precisão e confiabilidade. Só uma análise qualitativa de confiança e qualidade será efetivamente utilizada no projeto, aproveitando os recursos despendidos na sua elaboração.

Categorização de riscos

O objetivo é agrupar os riscos em categorias que se mostrem úteis na determinação das áreas do projeto com maiores incertezas. Poderá ser relevante agrupar os riscos por origem dos riscos, fase do projeto ou causas principais comuns. Esta técnica permite também fornecer informações importantes a serem utilizadas no desenvolvimento de respostas aos riscos.

Avaliação da urgência dos riscos

Neste procedimento pretende determinar-se quais os riscos que exigem respostas a curto prazo, considerando-se mais urgentes. A prioridade de tratamento dos riscos pode ser obtida avaliando a probabilidade de detetar o risco, o tempo de reposta ao risco, sintomas e sinais de alerta e a classificação do risco. Pode ser interessante combinar esta técnica com a matriz de probabilidade e impacto, gerando uma classificação final da gravidade dos riscos.

Opinião especializada

Este parâmetro pode ser relacionado e aplicado às técnicas anteriormente descritas. Recorrer a profissionais com experiência em projetos semelhantes é importante, particularmente no caso da elaboração da matriz de probabilidade e impacto.

Quando se justifica e é viável, deve, então, proceder-se à análise quantitativa dos riscos que consiste em avaliar numericamente as repercussões dos riscos identificados nos objetivos do projeto, permitindo diminuir o grau de incerteza dos projetos. Também neste âmbito o PMBOK sugere algumas técnicas auxiliares.

Recolha e apresentação de dados

- **Entrevistas:** Baseiam-se na experiência e em dados históricos para quantificar a probabilidade e impacto dos riscos. A informação a recolher vai depender do tipo de distribuição de probabilidade que, a seguir, será aplicada.

Quadro 2 – Exemplo do tipo de informação que pode ser recolhida em entrevistas sobre riscos: Faixas de estimativas de custos do projeto (PMBOK, 2013)

Faixas de estimativas de custos do projeto

Elemento da EAP	Baixo	Mais provável	Alto
Projetar	\$4M	\$6M	\$10M
Construir	\$16M	\$20M	\$35M
Teste	\$11M	\$15M	\$23M
Total do projeto	\$31M	\$41M	\$68M

- **Distribuições de probabilidade:** Muito usadas em modelagem e simulação, as distribuições contínuas permitem representar a incerteza em âmbitos do projeto como a duração do cronograma de atividades ou o custo de componentes do projeto. É possível usar distribuições uniformes quando não existir um valor óbvio mais provável que os outros.

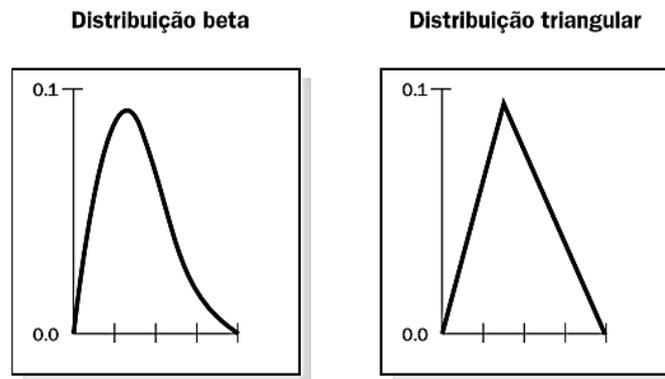


Fig. 1 - Exemplos de distribuições contínuas de probabilidades frequentemente utilizadas (PMBOK, 2013)

Modelagem e análise quantitativa dos riscos

- **Análise de sensibilidade:** Esta técnica ajuda a perceber quais os riscos com maior impacto potencial no projeto e de que forma a incerteza de cada componente do projeto afeta o objetivo deste, fixando todos os restantes elementos incertos em valores de linha de base. O diagrama de tornado é uma forma de representação muito usada nesta análise, pois permite comparar a importância relativa e o impacto de variáveis cujo nível de incerteza é elevado com aquelas mais estáveis. Este diagrama também é usado para analisar cenários de riscos onde se prevê que os impactos positivos sejam maiores que os prejuízos.

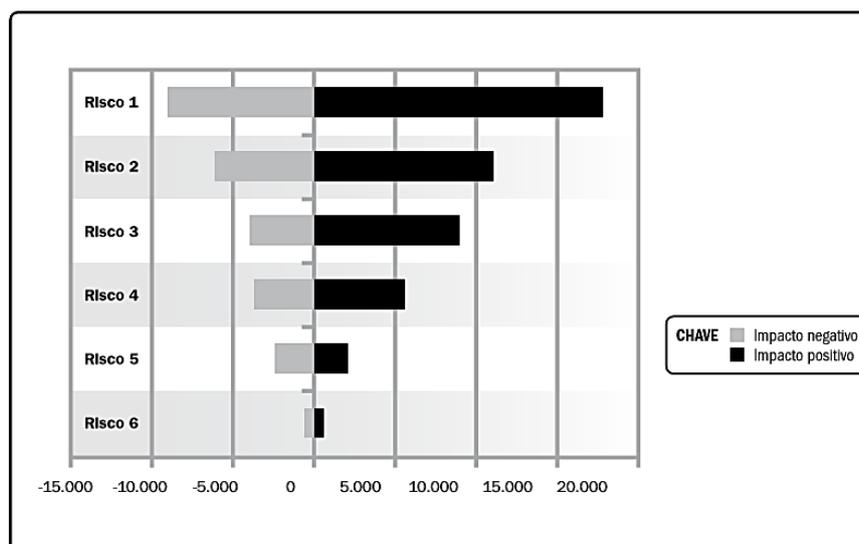


Fig. 2 - Exemplo de diagrama de tornado (PMOK, 2013)

- **Análise do valor monetário esperado:** A análise do valor monetário esperado (VME) é um método estatístico que prevê um resultado futuro para cenários que não são certos, isto é que tanto podem ocorrer como não. O VME das oportunidades apresenta-se com valores positivos e o dos riscos expressa-se com valores negativos. O VME final do projeto obtém-se multiplicando o valor de cada resultado possível pela sua probabilidade de Ocorrência e fazendo o somatório desses produtos. A árvore de decisão é uma representação muito utilizada neste tipo de análise.

Definição de decisão	Nó de decisão	Nó de probabilidade	Valor do caminho de rede
Decisão a ser tomada	Entrada: Custo de cada decisão Saída: Decisão tomada	Entrada: Probabilidade do cenário, Recompensar se ocorrer Saída: Valor monetário esperado (VME)	Calculado: Resultados menos custos ao longo do caminho

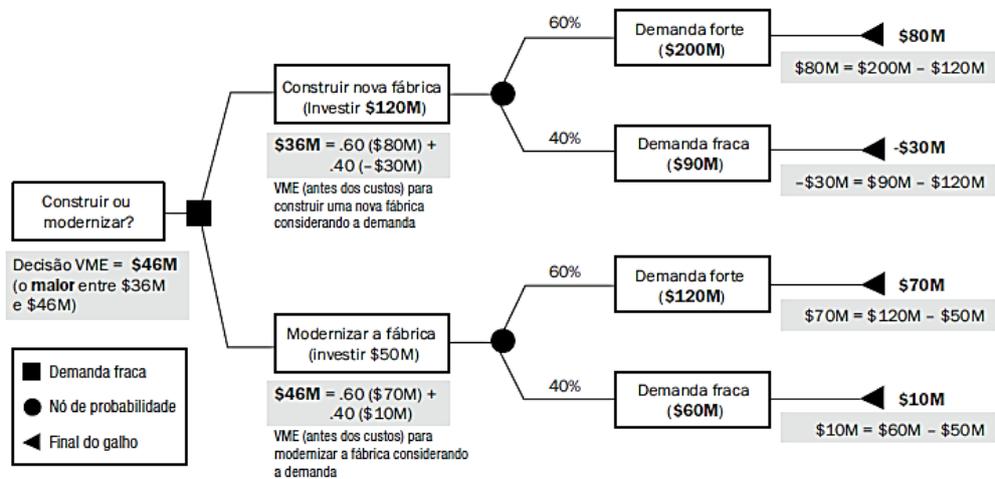


Fig. 3 - Exemplo de diagrama de árvore de decisão (PMBOK, 2013)

- **Modelagem e simulação:** Formulação de um modelo que traduz as incertezas detalhadas do projeto no possível impacto que causaram no objetivo do projeto. A técnica de Monte Carlo é usada neste contexto para efetuar as simulações. Em cada simulação o modelo do projeto é calculado iterativamente entrando com valores selecionados de forma aleatória para cada iteração das distribuições de probabilidades das variáveis. Por exemplo, o resultado de uma simulação de riscos de custos recorrendo ao modelo de três elementos ilustra a probabilidade de atingir certas metas de custos, como se percebe na figura a seguir apresentada.

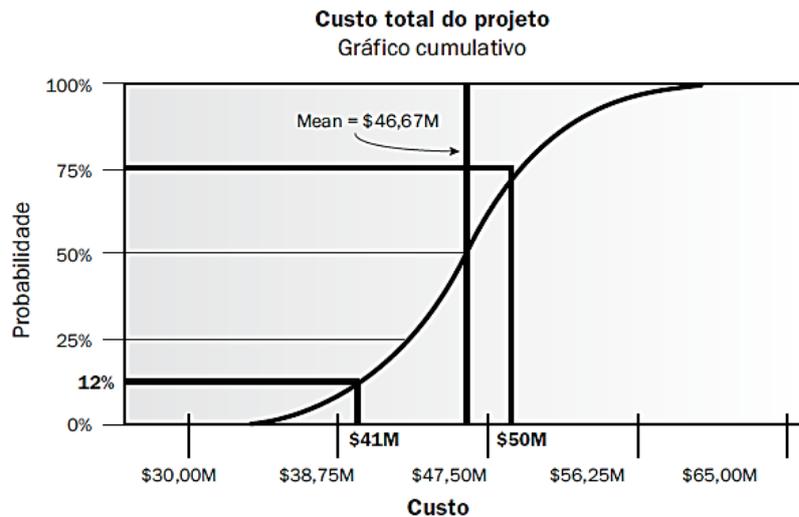


Fig. 4 - Exemplo da representação gráfica dos resultados da simulação de riscos de custos (PMBOK, 2013)

Opinião especializada

Recorrer à opinião de especialistas é uma prática que deve ser transversal às técnicas anteriormente descritas. A opinião de profissionais especializados com experiência em projetos semelhantes é importante para identificar os impactos potenciais ao nível do custo e cronograma, avaliar a probabilidade e definir os dados de entrada para as distribuições de probabilidades. Para além disto, a opinião especializada é muito útil na interpretação de resultados, identificando os pontos fortes e fracos das ferramentas e técnicas usadas e definindo a sua viabilidade para o projeto.

2.6. GESTÃO DOS RISCOS

A gestão dos riscos engloba dois processos importantes a considerar na Análise e Gestão do Risco: o planeamento das respostas aos riscos e o controlo dos riscos.

O planeamento das respostas aos riscos tem como objetivo *aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto*. Assim, durante esta etapa os riscos são abordados de acordo com a sua priorização, *injetando recursos e atividades no orçamento, no cronograma e no plano de gestão do projeto, conforme necessário* (PMBOK, 2013). Os planos de resposta aos riscos devem ser apropriados à importância do risco e geridos por um responsável que deverá analisar a sua eficácia.

Para responder às ameaças que possam materializar-se afetando negativamente o objetivo do projeto podem ser aplicadas as seguintes estratégias:

Prevenir

O objetivo é eliminar totalmente a ameaça ou proteger o projeto do seu impacto. Para tal, o plano de gestão do projeto sofre alterações, verificando-se alterações nos objetivos do projeto, como por exemplo: prolongar o cronograma, alterar a estratégia ou reduzir o escopo.

Transferir

Neste caso a equipa responsável pelo projeto não elimina o risco, transfere o impacto dessa ameaça para terceiros, juntamente com a responsabilidade da resposta a esse risco. Normalmente a transferência do

risco envolve um pagamento à entidade que assume o risco. As ferramentas de transferência incluem, por exemplo, a utilização de seguros, garantias, fianças, contratos ou acordos. Transferir o risco mostra-se mais eficaz face à exposição a riscos financeiros.

Mitigar

A mitigação dos riscos desenvolve ações para reduzir a probabilidade de Ocorrência ou impacto do risco, sendo por isso uma técnica de atuação preventiva que pretende manter essas probabilidades dentro de limites aceitáveis. Geralmente, é mais eficaz do que atuar na reparação depois do risco se ter materializado. Exemplos de medidas de mitigação são a adoção de processos menos complexos ou a escolha de fornecedores mais estáveis.

Aceitar

Optar por esta estratégia significa que a equipa responsável pelo projeto decide não alterar o plano de gestão para responder ao risco ou foi incapaz de encontrar outra estratégia de resposta adequada. Assim, reconhece-se a existência do risco e opta-se por não desenvolver qualquer ação, a menos que o risco se materialize. Neste caso, a aceitação pode ser passiva ou ativa. A estratégia de aceitação passiva apenas elabora a documentação da estratégia adotada, deixa a equipa responsável pelo projeto tratar dos riscos quando estes se verificarem e acompanha a ameaça para assegurar que não se verificam alterações significativas. A aceitação ativa, normalmente, faz uma reserva para contingências que inclui tempo, dinheiro e recursos.

Geralmente, estratégias de prevenção e mitigação aplicam-se com maior eficácia e viabilidade para ameaças críticas com impacto elevado. Estratégias de transferência e aceitação são usadas para riscos menos críticos, de impacto global baixo.

No que diz respeito ao processo de controlo dos riscos, os objetivos centram-se na verificação da implementação dos planos de resposta, supervisão dos riscos residuais e identificação de novos potenciais riscos. A principal vantagem da aplicação deste procedimento reside na melhoria do nível de eficiência da abordagem aos riscos ao longo de todo o projeto, permitindo atuar na melhoria contínua dos planos de resposta aos riscos. Segue-se uma descrição das propostas de técnicas a utilizar neste contexto pelo PMI no PMBOK (2013).

Reavaliação dos riscos

Controlar os riscos pressupõe uma revisão e atualização dos riscos tão frequente quanto a importância da análise e gestão de riscos para o projeto em questão. É importante identificar novos potenciais riscos, reavaliar os riscos já identificados e excluir os já desatualizados.

Auditorias de riscos

Uma auditoria de riscos examina e documenta a eficácia dos planos de resposta aos riscos bem como a generalidade do processo de gestão dos riscos. O formato da auditoria (incluídas nas reuniões de revisão de projeto ou reuniões separadas, por exemplo) e os seus objetivos devem definir-se antes da sua concretização. É da responsabilidade do gestor de projeto garantir que sejam executadas auditorias com a frequência definida no plano de gestão dos riscos do projeto.

Análise de variação e tendências

Esta análise visa comparar os resultados planeados com os resultados reais. Para isso, supervisionam-se e controlam-se os riscos, fazendo uma revisão às tendências na execução do projeto, usando as informações do desempenho. O desempenho geral do projeto pode avaliar-se considerando a análise do

valor agregado, por exemplo. Os resultados destas análises permitem antecipar desvios do projeto relativamente a metas de custos e prazos.

Medição do desempenho técnico

Pretende-se estabelecer uma comparação das metas idealizadas para as realizações técnicas durante a execução do projeto com os resultados reais do cronograma das referidas realizações técnicas. Para tal, é importante que se definam medidas objetivas e quantificáveis que permitam essa comparação. Desvios, maiores ou menores, favoráveis ou desfavoráveis, poderão indicar previsões sobre a probabilidade de atingir com sucesso o escopo do projeto.

Análise de reservas

Os impactos, positivos ou negativos, dos riscos nas reservas de contingências devem ser avaliados para que se perceba se a quantidade de reservas disponíveis está adaptada à quantidade de riscos restantes, em qualquer momento do ciclo de vida do projeto.

Reuniões

A gestão dos riscos deve constar da agenda de reuniões periódicas do projeto, variando a sua frequência e duração com o tipo de riscos identificados e a sua dificuldade de resposta. Discussões frequentes sobre riscos tornam a análise e gestão de risco mais fácil e eficiente.

2.7. A ANÁLISE E GESTÃO DE RISCO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Nos pontos abordados anteriormente neste capítulo, foram dadas a conhecer as sugestões apresentadas pelo PMI no PMBOK de possíveis técnicas e metodologias que podem auxiliar o processo da análise e gestão de risco. Porém, as propostas expostas constituem um referencial para a atividade de *project management* num contexto amplo, isto é, sem ser específico para nenhuma indústria: cada uma deverá adaptar as referidas sugestões aos seus objetivos e modos de produção.

Muitas das técnicas abordadas, especialmente as de natureza estatística, serão mais aproveitadas no caso de indústrias que apresentam amostras vastas, com processos produtivos fixos e produtos com características semelhantes. No caso da indústria da construção, algumas das técnicas e ferramentas apresentadas, podem ser úteis nas várias fases do processo de análise e gestão de risco. São exemplo disso, para a etapa da identificação de riscos, as recolhas de informação recorrendo à técnica Delphi e ao Brainstorming, a análise de listas de verificação baseadas em informações históricas e em conhecimentos resultantes de projetos anteriores e as técnicas de diagramas de riscos como o diagrama de causa e efeito, o digrama de sistema/ fluxograma e o diagrama de influência; mais à frente na avaliação dos riscos, a categorização e avaliação da urgência dos riscos e o diagrama da árvore de decisão; na fase de gestão do risco, a reavaliação de riscos, as auditorias de riscos e a análise de reservas. São todos exemplos de ferramentas que podem ser aplicadas para facilitar e aperfeiçoar o processo de Análise de Risco desenvolvido no contexto da indústria da construção.

É consensual a importância que uma análise e gestão de risco representam na minimização de desperdícios e ganho de rentabilidade nos processos construtivos. Contudo, na generalidade do setor da construção, prevalece ainda uma atitude algo conservadora no que respeita à aplicação prática das técnicas de Análise de Risco, duvidando-se da sua aplicabilidade à indústria da construção, mantendo abordagens baseadas na intuição individual e experiência adquirida em projetos anteriores (Akintoye, 1996). Ainda assim, têm-se verificado algumas mudanças de comportamento e mentalidades resultantes das restrições de custos e tempo que são atualmente o contexto vivido na indústria da construção.

A metodologia atualmente reconhecida como sendo uma das ferramentas de Análise de Risco mais eficientes na indústria da construção, é a FMEA. De facto, esta é a técnica que tem merecido maior

atenção por parte da comunidade científica dedicada ao setor da construção como se verifica, por exemplo, na publicação do CIB (2005) que reúne artigos de diferentes autores sobre a aplicabilidade do método ao setor da construção de edifícios e que vem fundamentar a permanência da utilização do método nas mais variadas indústrias. A FMEA permite fazer a Análise e Gestão de Risco de um projeto do sector da construção civil contemplando as etapas indicadas pelo PMI e usufruindo de algumas das suas sugestões de técnicas e ferramentas, nomeadamente a nível da identificação de riscos. Por se tratar da metodologia base desta dissertação, a FMEA e a sua contextualização à indústria da construção serão adiante devidamente apresentadas e detalhadas.

3

A FMEA

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

FMEA, *Failure Modes and Effects Analysis* ou Análise de Modos de Falha e Efeitos, é a sigla da conhecida metodologia de análise de situações de risco. O método surgiu em 1949, data das primeiras referências, tendo sido desenvolvido pelo exército norte-americano com a finalidade de determinar os efeitos das falhas dos sistemas e equipamentos, classificando-os de acordo com a sua influência no sucesso da missão e considerando as condições de segurança ao nível do pessoal e dos equipamentos.

Muito utilizado pela indústria e agências de pesquisa aeroespacial durante a década de 1960, é através da generalização do uso do método pela *Ford Motor Company*, tanto no desenvolvimento interno do produto como externamente ao nível dos fornecedores, que se verifica o maior destaque da utilização da FMEA até então registado. Este marco data a década de 1970, tendo a FMEA contribuído para o aumento do nível de desempenho da empresa.

Mais tarde, no final da década de 1980, uma equipa do setor automóvel constituída por representantes da *Chrysler Corporation*, da *Ford Motor Company* e da *General Motors Corporation* desenvolve, com base na FMEA, a norma QS 9000. Esta norma americana define o sistema da qualidade que as referidas empresas estipularam tanto para fornecedores internos como para fornecedores externos de produção, de materiais e de componentes (McCollin, 2002 referido em Silva et al, 2006).

Também na Europa surgem as normas técnicas ISO 9000 que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para empresas em geral. Estas recomendam a aplicação de medidas preventivas e a melhoria contínua de processos e produtos. A FMEA surge neste contexto como uma possível ferramenta capaz de auxiliar o sistema de gestão da qualidade da empresa.

Nos dias de hoje, são as indústrias automóvel, eletrónica e aeroespacial que mais têm aproveitado as potencialidades da aplicação do método da FMEA, tanto na fase de conceção e desenvolvimento do projeto como na fase de execução.

3.2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

Como o nome do método sugere, esta técnica de análise e gestão de risco pretende identificar os possíveis Modos de Falha e avaliar os seus efeitos sobre os objetivos do projeto em questão com a finalidade de desenvolver estratégias preventivas, atuando antes que os Modos de Falha se verifiquem, e medidas que minimizem as consequências da materialização dos possíveis Modos de Falha.

Entende-se por Modos de Falha as condições que, a ocorrerem, comprometem a possibilidade de se atingir o objetivo; no entanto, a sua probabilidade de Ocorrência não será igual, nem as suas consequências as mesmas (Costa, 2015).

Esta técnica de Análise de Risco pode ser usada em diferentes fases e tanto pode ser aplicada a produtos (FMEA de produto), como a processos (FMEA de processo) ou a procedimentos (FMEA de procedimento). Independentemente do tipo de FMEA e da fase em que é utilizada, a metodologia tem o mesmo tipo de procedimento.

A aplicação do método deverá ser desenvolvida por uma Equipa de Análise de Risco constituída, idealmente, por 3 a 5 elementos incluindo especialistas conhecedores da problemática a analisar e um elemento que deverá ter um nível de conhecimento limitado sobre o problema em estudo, nomeadamente das questões técnicas envolvidas, permitindo obter uma avaliação o mais objetiva e detalhada possível. No final da aplicação do método a Equipa de Análise de Risco deverá conseguir uma avaliação dos riscos tão consensual quanto possível.

Para que a aplicação da FMEA se traduza nos resultados pretendidos, a Equipa de Análise de Risco deve procurar analisar todos os parâmetros que se listam a seguir, respondendo de forma tão completa quanto possível às questões-chave de cada item. Poderá ser útil recorrer a algumas das ferramentas apresentadas no capítulo anterior.

a) Funções e Objetivos

Determinação do âmbito, requisitos funcionais, parâmetros do projeto e etapas do processo.

- Quais as características que o produto/serviço deve apresentar/realizar para satisfazer os objetivos do cliente?

b) Modos de Falha

Identificação das potenciais falhas que indiquem a perda de, pelo menos, um requisito funcional dos anteriormente determinados.

- De que forma as características do produto/serviço podem ser incapazes de realizar as funções para que foram concebidas?

c) Efeitos

Determinação dos potenciais efeitos que poderão decorrer de cada falha sobre outras entidades ou processos.

- Que consequências para o cliente podem ter os Modos de Falha identificados?

d) Causas

Análise e definição de todos os motivos que possam levar à Ocorrência dos Modos de Falha.

- Que razões podem existir para que se manifeste cada Modo de Falha?

e) Mecanismos de Controlo

Averiguação e identificação de todos os mecanismos de controlo a por em prática para eliminar ou mitigar a probabilidade de Ocorrência das potenciais falhas.

- Que tipo de monitorização já se encontra/pode ser implementada para alertar ou detetar as causas ou os Modos de Falha?

f) Prioridades

Priorização das ações corretivas com base num conjunto de critérios consistentes.

O método mais utilizado no desenvolvimento deste conceito designa-se *Risk Priority Number* (RPN), ou Número de Prioridade de Risco, e é calculado multiplicando os fatores Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).

$$RPN = S \times O \times D$$

Este resultado é calculado para cada Modo de Falha identificado, permitindo estabelecer uma ordem de prioridade de ação entre eles com base na gravidade (S) com que afeta o objetivo do produto/serviço, a probabilidade de Ocorrência (O) e a facilidade de Detecção (D) de cada Modo de Falha.

Severidade

Avaliação da gravidade do Modo de Falha, isto é, do nível de impacto causado.

- Qual o nível de consequência negativa do Modo de Falha?

Usualmente desenvolve-se uma avaliação em escala ordinal de 1 (sem efeito) a 10 (efeito perigoso), como por exemplo:

Quadro 3 – Escala de Severidade (adaptado de Costa, 2015)

Escala de Severidade	
1	O efeito não é detetável pelo cliente
2	Efeito muito ligeiro, detetável pelo cliente; no entanto, não perturba ou cria problemas ao cliente
3	Efeito ligeiro que cria alguma perturbação ao cliente; no entanto, não é suficiente para o levar a pedir assistência
4	Efeito ligeiro, mas com pedido de assistência por parte do cliente
5	Efeito limitado; o cliente exige assistência imediata
6	Efeito moderado; cria insatisfação no cliente
7	Efeitos moderados múltiplos; séria reclamação do cliente
8	Efeitos significativos; com interrupções no funcionamento do sistema
9	Efeito crítico; sistema completamente bloqueado; riscos de segurança
10	Efeito crítico com risco de vida

Ocorrência

Avaliação da probabilidade do Modo de Falha se verificar, isto é, da materialização da falha.

- Quais as probabilidades de, na realidade, acontecerem a causa ou o Modo de Falha?

Usualmente desenvolve-se uma avaliação semelhante à utilizada para o estudo da Severidade de 1 (remota probabilidade de ocorrer) a 10 (probabilidade muito alta de ocorrer), por exemplo:

Quadro 4 – Escala de Ocorrência (adaptado de Costa, 2015)

Escala de Ocorrência			
1	Extremamente remota	< 0.01 %	< 1 em 10000
2	Remota, muito pouco provável	0.011 – 0.20	1 em 10000
3	Probabilidade muito reduzida	0.21 – 0.60	1 em 500
4	Probabilidade reduzida	0.61 – 2.00	1 em 150
5	Ocasional	2.001 – 5.00	1 em 50
6	Moderada	5.001 – 9.999	1 em 20
7	Frequente	10.00 – 14.999	1 em 10
8	Alta	15.00 – 19.999	1 em 6.5
9	Muito alta	20.00 – 25.00	1 em 5
10	Certa	> 25.00 %	> 1 em 4

Deteção

Avaliação da possibilidade de detetar a potencial falha.

- Qual a probabilidade de atuar sobre o Modo de Falha antes da próxima atividade ou de ser entregue ao cliente?

Usualmente desenvolve-se uma avaliação também em escala, desta vez com variação inversa, isto é, de 10 (impossibilidade de deteção) a 1 (deteção certa), como por exemplo:

Quadro 5 - Escala de Detecção (adaptado de Costa, 2015)

Escala de Detecção		
10	Impossível de detetar	Sem sistema de deteção implementado; sem noção de garantia da qualidade; apoiado apenas na intuição
9	Remota	Totalmente reativa aos problemas; sem sistema formal de inspeção
8	Muito pouco provável	Inspeção pelo operador; sem noção ou sistema formal de garantia da qualidade
7	Pouco provável	Implementação parcial de metodologias da qualidade; planos de inspeção por amostragem
6	Baixa	Fases iniciais de sistemas de gestão da qualidade total implementadas
5	Média	Sistema parcial de inspeção automática
4	Moderada	Sistema de garantia da qualidade implementado e verificado; responsabilização do operador
3	Boa	Rastreabilidade do sistema; revisões de projeto formais; controlo de materiais
2	Alta	Sistema de qualidade estabilizado e em utilização corrente; atualização constante e formação obrigatória dos operadores
1	Certa	Sistemas de inspeção totalmente automatizados

Outra ferramenta útil é a representação gráfica do nível de risco num gráfico $S \times O$ que permite perceber quais os Modos de Falha com maior risco associado e assim proceder a priorização dos Modos de Falha e respetivas ações corretivas.

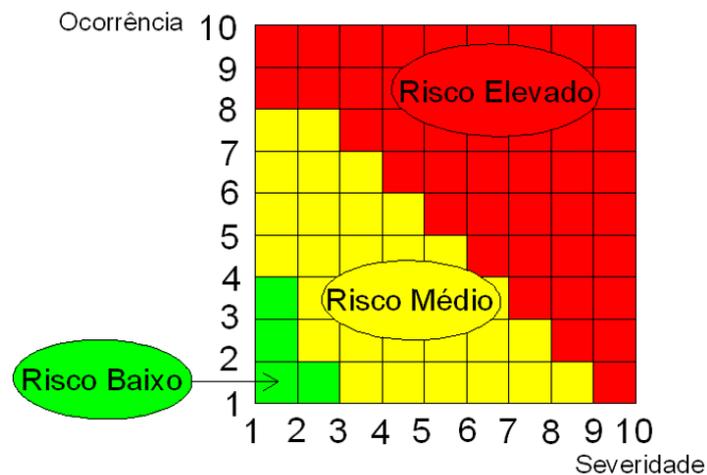


Fig.5 – Gráfico S x O (adaptado de Costa, 2015)

g) Recomendações

Identificação e gestão das ações corretivas necessárias à eliminação ou mitigação do risco associado a cada Modo de Falha para controlo da situação.

- Que ações podem ser desenvolvidas para:

- Evitar o Modo de Falha?
- Reduzir a Severidade?
- Reduzir a Ocorrência?
- Aumentar a Detecção?

Exemplos de recomendações de ações corretivas são a redução/eliminação da probabilidade de falha através da reconceção ou da deteção (recorrendo a listas de verificação e ordenação/priorização de causas de falhas a evitar) e a redução do impacte da falha através de ações previstas para o efeito durante a fase de conceção – Modo de Falha seguro.

h) Estado

Análise da necessidade de aprofundar o estudo recorrendo, por exemplo, a outras técnicas de Análise de Risco e estabelecimento do ponto de situação para aplicação das recomendações.

- As recomendações necessitam de maior investigação ou estudo? São aprovadas? Quais os passos para a sua implementação?

Segue-se um fluxograma que resume a metodologia da FMEA.

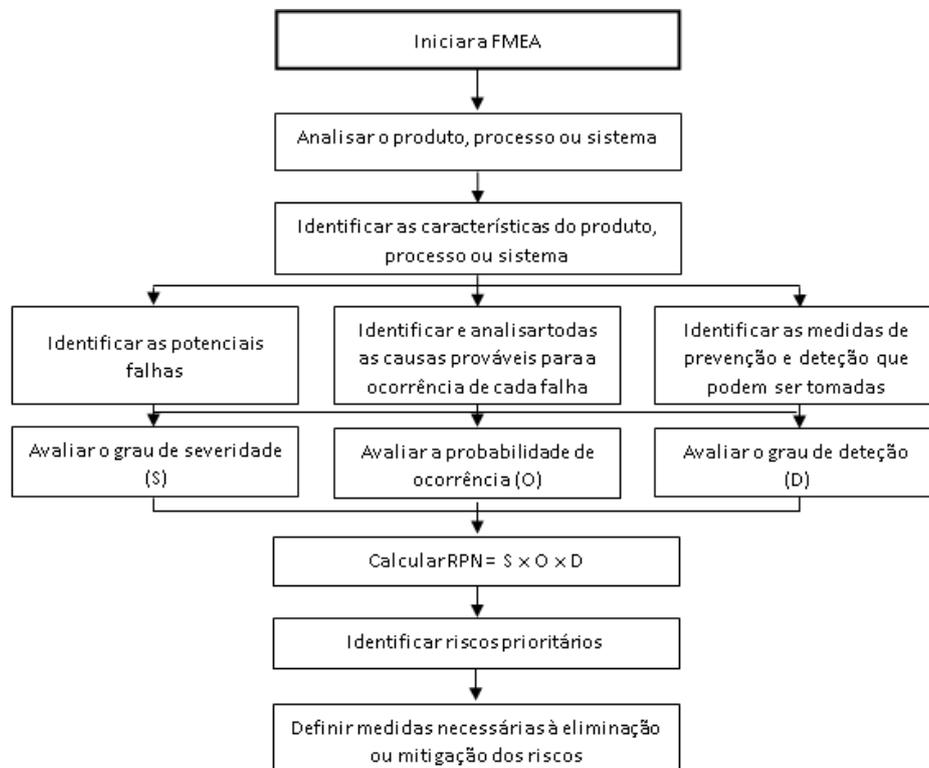


Fig. 6 – Fluxograma-resumo da metodologia de aplicação da FMEA (adaptado de Pinto-Faria, 2015)

3.3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES

As principais vantagens da aplicação do método estão associadas à capacidade de gerir de forma controlada e organizada as atividades de maior risco e simultaneamente implementar medidas preventivas que atuem na eliminação ou diminuição dos riscos, permitindo uma gestão da qualidade mais eficiente. Para além disto, o estudo desenvolvido atempadamente permite elaborar um planeamento de medidas corretivas preparadas para atuar na mitigação dos efeitos adversos das falhas ocorridas antes que estes cheguem ao cliente/utilizador.

Desta forma, diminui-se consideravelmente a probabilidade de ocorrerem falhas com consequências catastróficas e de difícil resolução, o que se traduz numa redução de desperdícios e recursos: mão-de-obra, tempo e custos.

Importa ainda salientar o aumento da satisfação do cliente/utilizador resultado da confiança no produto ou serviço gerada pela aplicação da metodologia da FMEA.

No que diz respeito às limitações desta técnica de análise e gestão de risco, destaca-se o seu carácter maioritariamente qualitativo, isto é, dependente da experiência dos elementos da Equipa de Análise de Risco. Este facto deve-se sobretudo à carência de bases de dados com informação histórica de atividades antecedentes e que permitiriam análise mais objetivas, menos complexas e, conseqüentemente, envolvendo menos custos de aplicação.

3.4. APLICAÇÃO À INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Como já referido anteriormente, hoje em dia, são as indústrias automóvel, eletrónica e aeroespacial que mais têm usufruído das potencialidades da aplicação da FMEA em procedimentos de Análise de Risco. Relativamente à indústria da construção, apesar das recentes publicações sobre a aplicabilidade do método à Análise de Riscos em projetos de construção e de a FMEA ser reconhecida como a ferramenta de Análise de Risco mais eficiente no setor da construção, a sua utilização nesta indústria ainda está aquém pelas indústrias acima referidas.

Um dos motivos que poderá justificar o descrito anteriormente está relacionado com os parâmetros “Severidade” e “Ocorrência” contemplados numa das mais importantes etapas do método - priorização dos riscos. De facto, as escalas habitualmente usadas para classificar estes parâmetros, como as já apresentadas mais atrás, mostram-se bastante ajustadas à tipologia de indústria como a das referidas no parágrafo inicial, cujos processos produtivos são maioritariamente automatizados, sistemáticos e, conseqüentemente, mais constantes, que não são características dos processos desenvolvidos na indústria da construção.

Assim, e no seguimento dos objetivos desta dissertação, serão apresentadas no capítulo que se segue propostas para a graduação da “Severidade” e “Ocorrência”, tendo em consideração o contexto em que o setor da construção se insere. As escalas sugeridas poderão ser usadas no desenvolvimento da análise e gestão de risco de projetos de construção recorrendo à FMEA tal como serão aqui apresentadas ou aproveitadas como modelo, introduzindo as alterações que a Equipa de Análise de Risco entenda serem pertinentes face à obra em questão. Em qualquer um dos casos a experiência dos profissionais envolvidos na Análise de Risco será uma mais valia.

No que diz respeito ao parâmetro “Deteção”, também incluído na etapa da priorização dos riscos, entende-se que a sua consideração no âmbito da indústria da construção não é vantajosa. Os processos construtivos envolvem um número elevado de tarefas executadas manualmente, o que, por um lado, não permite a realização de inspeções automatizadas e sistemáticas e, por outro, pelo facto dessa inspeção ter de ser concretizada manualmente por alguém, levaria à consideração de níveis de deteção baixos

(associados a probabilidades de deteção altas). O que acontece, em contexto real, é a existência de uma probabilidade elevada dessa deteção não vir a verificar-se, atendendo às circunstâncias que condicionam os processos construtivos, nomeadamente os prazos estreitos para execução de tarefas. Desta forma, um Modo de Falha que inicialmente aparenta ter um nível de deteção baixo, resultando num nível de risco mais baixo, poderá ter o seu verdadeiro nível de risco camuflado pelo parâmetro da “Deteção”. Assim, opta-se por não considerar este critério na aplicação da metodologia da FMEA ao caso da indústria da construção, preferindo atuar pelo lado segurança como é política das práticas da Engenharia Civil.

4

PROPOSTAS DE GRADUAÇÃO PARA A SEVERIDADE E OCORRÊNCIA

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS - APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

No seguimento do explicitado anteriormente, surgem neste capítulo propostas para o desenvolvimento de escalas de graduação para os parâmetros “Severidade” e “Ocorrência” a utilizar na metodologia da FMEA, tendo em consideração o contexto da indústria da construção. Como referido no capítulo da Introdução, **o estudo apresentado coloca-se na posição dos interesses do Dono de Obra (eventualmente assessorado por um Gestor de Projeto por ele contratado e/ou elementos da Equipa de Projeto), equacionando os riscos a que o desenvolvimento da construção estará sujeito, assumindo como concluídos os procedimentos relativos ao desenvolvimento do Projeto das diferentes especialidades e à procura (concurso, em terminologia corrente) para a escolha do Adjudicatário, tendo em conta as condicionantes que existiram no desenrolar dessas fases.**

A fim de desenvolver as escalas de graduação referidas, efetuou-se uma pesquisa visando perceber quais os Modos de Falha associados aos riscos a que o desenvolvimento da construção se encontrará sujeito e que podem levar ao seu insucesso, nomeadamente ao nível do cumprimento do plano de trabalhos e consequentemente das metas relativas a prazos, custos e qualidade do empreendimento.

Posto isto, procedeu-se à criação e organização de fichas que incluem descrições detalhadas de auxílio ao processo de graduação dos parâmetros “Severidade” e “Ocorrência” para a aplicação da FMEA como técnica de Análise de Risco. Estas fichas poderão ser usadas como aqui serão apresentadas pela Equipa de Análise de Risco, uma vez que, embora não abranjam a totalidade dos riscos associados à construção de empreendimentos, encontram-se presentes os principais “Modos de Falha”, podendo ainda servir de modelo, introduzindo as alterações que se considerem pertinentes, nomeadamente inserindo outros Modos de Falha que aqui não tenham sido incluídos e que sejam identificados pela Equipa de Análise de Risco para a obra em análise.

A utilização destas fichas permitirá classificar a “Severidade” e “Ocorrência” para cada Modo de Falha identificado de forma clara, uma vez que a apresentação visual das fichas torna a sua leitura e utilização intuitivas; mais objetiva, pois embora a subjetividade de cada elemento da Equipa influencie a avaliação desenvolvida, todos eles atribuirão níveis de “Severidade” e “Ocorrência” com base nas mesmas descrições detalhadas de situações que influenciam os Modos de Falha no que diz respeito aos parâmetros da “Severidade” e “Ocorrência”; organizada, uma vez que as fichas estarão agrupadas segundo os contextos em que os Modos de Falha podem surgir. Isto é, existirão cinco grupos de contextos conforme os Modos de Falha estejam relacionados com cada etapa do processo construtivo:

- A - Condicionantes Prévias
- B - Condicionantes de Projeto

- C - Condicionantes de Execução
- D - Condicionantes de Estaleiro
- E - Condicionantes de Fornecimento

Com o intuito de tratar os resultados obtidos pela utilização das fichas, sugere-se o recurso ao programa *Microsoft Excel*. Assim, será possível introduzir os valores que cada elemento da Equipa de Análise de Risco tenha definido para a “Severidade” e “Ocorrência” através da utilização das fichas apresentadas e que se traduzam em:

- Gráficos S x O, permitindo tirar conclusões sobre o nível de risco de cada Modo de Falha com base numa média calculada sobre as avaliações de cada elemento da Equipa para cada Modo de Falha;
- Gráficos de radar, que permitirão perceber em que medida a Equipa de Análise de Risco estará próxima, ou não, de uma avaliação consensual.

Para além disto, será possível atribuir, previamente, pesos distintos para cada grupo de contextos segundo a importância considerada por cada elemento da Equipa para cada um dos contextos, conforme a relevância para a obra em análise e em função da experiência de cada um.

4.2. APRESENTAÇÃO DAS FICHAS PROPOSTAS PARA A GRADUAÇÃO DA SEVERIDADE E OCORRÊNCIA

4.2.1. CONDICIONANTES PRÉVIAS (A)

Neste contexto pretende-se avaliar os Modos de Falha que possam verificar-se antes do início do desenvolvimento da Obra, analisando um conjunto de atividades que podem acarretar problemas devido ao seu desenvolvimento inadequado ou limitado, tanto em relação à Obra em si como ao desenvolvimento dos Projetos Técnicos que lhe servem de suporte. Serão analisados:

- A.1. - Estudos Prévios
- A.2. - Levantamento Topográfico
- A.3. - Estudo Geológico-Geotécnico
- A.4. - Processos de Aquisição ou Expropriação
- A.5. - Declaração de Impacte Ambiental
- A.6. - Consignaões

4.2.2. CONDICIONANTES DE PROJETO (B)

Neste contexto serão analisados Modos de Falha que resultem de situações que possam ter impacto no Projeto em si, seja em relação ao detalhe e rigor do seu desenvolvimento, seja em relação a alterações de contexto que possam levar a que as soluções inicialmente projetadas se revelem desajustadas. Analisar-se-ão:

- B.1. - Trabalhos a Mais, Imprevistos e de Oportunidade
- B.2. - Tipo de Intervenção
- B.3. - Perfil dos Destinatários da Obra
- B.4. - Experiência da Equipa de Projeto
- B.5. - Revisão de Projeto

4.2.3. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO (C)

Serão analisados neste contexto acontecimentos ou factos que ponham em causa a correta execução dos trabalhos, assim como o cumprimento do plano de trabalhos. Serão analisados:

- C.1. - Condições Climatéricas
- C.2. - Experiência do Adjudicatário e Equipas de Trabalho
- C.3. - Comprometimento do Adjudicatário
- C.4. - Composição das Equipas de Trabalho
- C.5. - Responsabilidade dos Subempreiteiros
- C.6. - Máquinas e Equipamentos a Utilizar
- C.7. - Segurança/ Acidentes de Trabalho

4.2.4. CONDICIONANTES DE ESTALEIRO (D)

Neste contexto serão avaliados Modos de Falha decorrentes de incidentes devidos à características e condições do estaleiro de obra. Serão analisados:

- D.1. - Condições da Área do Estaleiro
- D.2. - Acessibilidades
- D.3. - Existência/ Presença de Animais

4.2.5. CONDICIONANTES DE FORNECIMENTO (E)

Serão analisados neste contexto acontecimentos ou factos imprevistos que ponham em causa a utilização planeada dos materiais, afetando o plano de trabalhos. Analisar-se-ão:

- E.1. - Fornecimento/ Entrega de Materiais
- E.2. - Tipologia dos Materiais Utilizados
- E.3. - Adiantamentos

4.3. FICHAS PROPOSTAS PARA A GRADUAÇÃO DA SEVERIDADE E OCORRÊNCIA

A utilização destas fichas requer uma interpretação prévia dos parâmetros em análise, para que a escolha do nível de risco seja o mais criteriosa possível. Deve ler-se o Modo de Falha complementando essa descrição com as observações indicadas no final de cada ficha, a fim de se interiorizar o contexto do risco que está em estudo. Na avaliação do parâmetro “Severidade” a pergunta deverá ser **“Qual a gravidade das consequências sobre os objetivos e planeamento do projeto de construção caso o Modo de Falha se manifeste?”**, enquanto que no parâmetro “Ocorrência” deverá ser equacionada a questão **“Qual a probabilidade do Modo de Falha se manifestar?”**.

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	A. CONDICIONANTES PRÉVIAS
ÂMBITO	A.1. ESTUDOS PRÉVIOS
MODO DE FALHA	Perturbação no decurso dos trabalhos de obra por deficiências no desenvolvimento da fase de Estudo Prévio.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> A obra consiste numa intervenção de características correntes, sem complexidades particulares, tanto no que respeita à construção em si como ao local de implantação. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra tem características correntes mas integra soluções técnicas com alguma complexidade. O local de implantação levanta algumas condicionantes na relação com construções vizinhas e/ou ligação com infraestruturas públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra envolve soluções técnicas pouco correntes e/ou de implementação complexa. A integração com as construções vizinhas e/ou com as infraestruturas públicas irá requerer uma interação intensa com os responsáveis destas. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra envolve soluções técnicas muito inovadoras e ainda com muito pouca ou nenhuma experiência de implementação. A informação possível de recolher sobre as construções vizinhas e infraestruturas revelou-se muito limitada.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Gestão do Projeto e Equipa Projetista com larga experiência técnica em relação ao tipo de empreendimento a construir e com bons contactos profissionais anteriores. Obra em local em que já existe conhecimento anterior das condicionantes legais e sociais existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipa incluindo alguns elementos novos e/ou com experiência limitada em relação ao tipo de empreendimento. Obra em local já conhecido mas que entretanto sofreu algumas alterações na sua gestão pública. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipa em grande medida nova e/ou sem experiência de contactos anteriores. Obra em local novo e/ou com contactos limitados em relação ao tecido público e social. 	<ul style="list-style-type: none"> Empreendimento em local novo, gerido e desenvolvido por Equipa igualmente nova.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- É na fase do Estudo Prévio que se procuram soluções para desenvolver as ideias do Dono de Obra, sendo por isso a etapa delineadora daquilo que será o sucesso/insucesso do projeto.
- Este Modo de Falha pretende avaliar as consequências de deficiências no desenvolvimento do Estudo Prévio que se equacionam em duas vertentes: soluções técnicas do Projeto e integração no local da obra.
- A Severidade é incrementada em função da maior ou menor complexidade da componente técnica (maior possibilidade de algumas questões relevantes terem sido estudadas menos bem) e, também, de eventuais problemas que possam surgir em relação a construções/proprietários vizinhos ou da relação com as entidades gestoras de infraestruturas públicas (por exemplo, abastecimento de água e drenagem de águas residuais).

- Por outro lado, a probabilidade de ocorrência depende inversamente da maior experiência da Equipa de Gestão e Projetista e, aspeto muito relevante, de relações profissionais anteriores com sucesso, uma vez que muitas das questões surgem, exatamente, de discussões abertas entre os vários elementos, conciliando as suas várias perspetivas, especializações e ideias.
-

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	A. CONDICIONANTES PRÉVIAS
ÂMBITO	A.2. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO
MODO DE FALHA	Deteção de inconsistências entre a implantação projetada e o terreno, afetando o desenvolvimento planejado dos trabalhos.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Terreno pouco acidentado e de forma em planta regular e/ou balizado por confrontações fisicamente já estabelecidas. Implantação totalmente definida por limites/ elementos fisicamente já presentes no terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> Terreno com algum relevo e/ou com algumas confrontações definidas de forma menos estabilizada. Implantação apenas em parte definida por limites/ elementos presentes no terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> Terreno bastante acidentado e de forma muito irregular. Implantação afastada de limites/ elementos presentes no terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> Terreno bastante acidentado e de forma muito irregular. Implantação afastada de limites/ elementos presentes no terreno e/ou requerendo ajustamentos rigorosos com os mesmos.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento topográfico realizado por empresa de referência. Elementos a construir apresentam formas regulares. 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento topográfico realizado por empresa sem credenciais conhecidas. Elementos a construir com formas apresentando alguma irregularidade. Controlo genérico do levantamento realizado por elementos da Equipa de Projeto ou da Gestão do Empreendimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento topográfico fornecido por entidade externa e de origem desconhecida. Elementos a construir com formas bastante irregulares. 	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de levantamento topográfico antes do início da obra.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- A existência de um Levantamento Topográfico rigoroso é essencial para que a fase de Projeto, nomeadamente da especialidade de Arquitetura, se possa desenvolver com a confiança que os volumes e modelação de terreno propostos se encontram adequadamente ajustados à realidade.
- Este Modo de Falha procura equacionar as consequências que possam advir do facto de não estar disponível esta informação ou o seu rigor possa levantar algumas dúvidas.
- Por outro lado, as implicações deste facto poderão ser mais gravosas se o projeto envolver a implantação de volumes ou modelações de terreno com alguma complexidade, bem como existir a necessidade de se ajustarem e conciliarem com elementos pré-existentes.

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	A. CONDICIONANTES PRÉVIAS									
ÂMBITO	A.3. ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO									
MODO DE FALHA	Deteção de inconsistências entre solo previsto em projeto e o efetivamente existente, afetando o desenvolvimento planeado dos trabalhos									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>			<i>Médio Baixo</i>		<i>Médio Alto</i>			<i>Alto</i>	
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Local da obra em zona já extensamente edificada, com possibilidade de observação visual das características dos solos. Informação detalhada obtida de outras obras realizadas na vizinhança sobre as características dos solos, transmitidas atempadamente à Equipa de Projeto. 			<ul style="list-style-type: none"> Local da obra algo afastada de zonas já edificadas, com possibilidade de observação visual algo limitada sobre as características dos solos. Informação genérica obtida de outras obras realizadas na vizinhança sobre as características dos solos, transmitidas atempadamente à Equipa de Projeto. 		<ul style="list-style-type: none"> Obra a realizar em local praticamente virgem, com possibilidade de observação visual muito limitada sobre as características dos solos. Informação sobre as características dos solos unicamente de ordem muito geral e/ou não transmitida atempadamente à Equipa de Projeto. 			<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de qualquer informação credível sobre esta questão. 	
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Estudo Geológico-Geotécnico (EGG) realizado por empresa de referência. Malha de prospeção com pontos de sondagem coincidentes com os locais da obra de maior relevância estrutural, incluindo sondagens a trado. 			<ul style="list-style-type: none"> EGG realizado por empresa sem credenciais conhecidas. Malha de prospeção com pontos de sondagem relativamente alargados e/ou incluindo apenas sondagens por poços. 		<ul style="list-style-type: none"> EGG fornecido por entidade externa e de origem desconhecida. Malha de prospeção desajustada da implantação do edifício. 			<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de EGG realizado antes do início da obra. 	
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> O desconhecimento das reais características do solo traduz-se numa probabilidade elevada de surgirem imprevistos que podem levar ao incumprimento do plano de execução de trabalhos. A probabilidade de surgirem imprevistos relacionados com as características do solo será tanto maior quanto menor a eficiência do desenvolvimento do Estudo Geológico-Geotécnico. Contribuem para essa eficiência a credibilidade da empresa responsável pelo EGG e a área abrangida pelo estudo. A gravidade do impacto deste Modo de Falha sobre os objetivos do projeto será tanto menor quanto o detalhe da informação sobre as características do solo e antecedência com que esta for disponibilizada à Equipa de Projeto, assim como quanto maior for a facilidade de observação visual das características do terreno. 										

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	A. CONDICIONANTES PRÉVIAS
ÂMBITO	A.4. PROCESSOS DE AQUISIÇÃO OU EXPROPRIAÇÃO
MODO DE FALHA	Atrasos na concretização da posse efetiva dos terrenos de implantação da obra, condicionando o planeamento da execução dos trabalhos.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Processo totalmente instruído, dependendo apenas de validação administrativa final. 	<ul style="list-style-type: none"> Processo quase totalmente instruído, dependendo apenas de validação administrativa final. Parcelas ainda em discussão não coincidem com a implantação dos elementos principais da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Processo em curso mas ainda em fase de negociação com os atuais proprietários, embora já com acordo preliminar estabelecido (contrato de promessa de compra e venda, direito de superfície ou similar). 	<ul style="list-style-type: none"> Processo em fase de negociação ainda sem acordo estabelecido.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Terreno já da propriedade do Dono de Obra ou, se não na sua totalidade, a parcela em falta não coincide com a implantação principal. Um único proprietário privado, com residência em Portugal, ou entidade pública. 	<ul style="list-style-type: none"> Mais do que um proprietário privado com identidade conhecida e residência em território nacional. Cedência de terreno público dependendo da intervenção de mais que uma entidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Mais do que um proprietário privado, todos devidamente identificados, tendo algum deles residência no estrangeiro. 	<ul style="list-style-type: none"> Mais do que um proprietário privado, estando algum deles ainda por identificar ou sendo uma herança indivisa.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- Este Modo de Falha equaciona as dificuldades de negociação no que diz respeito aos processos de aquisição do terreno onde a obra será implantada em função das características dos proprietários bem como a gravidade de possíveis atrasos resultantes dessas negociações dependendo da fase de negociação e acordo estabelecido.
- Será mais provável verificarem-se falhas neste âmbito em casos de acordos mais morosos devido à dificuldade em contactar e/ou negociar com os proprietários em função das suas características
- As consequências da manifestação deste Modo de Falha serão tão mais gravosas quanto maior for o tempo que se escoe entre a fase de negociação e o ato de validação administrativa final e/ou à inexistência de acordos que assegurem alguma confiança nessa concretização.

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	A. CONDICIONANTES PRÉVIAS									
ÂMBITO	A.5. DECLARAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL									
MODO DE FALHA	Atrasos na submissão e/ou decisão sobre implicações de carácter ambiental relativos ao local da obra, condicionando o planeamento da execução dos trabalhos									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>			<i>Médio Baixo</i>		<i>Médio Alto</i>		<i>Alto</i>		
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> O local da obra e/ou tipo de intervenção não se encontram, no momento, abrangidos por exigências legais relativas à DIA (Declaração de Impacte Ambiental). É exigida uma DIA mas a mesma encontra-se devidamente submetida e instruída e o tipo de intervenção não levanta preocupações particulares sobre a sua aprovação. 			<ul style="list-style-type: none"> O local da obra e/ou tipo de intervenção requerem uma DIA, estando a mesma submetida e em fase de análise, existindo algumas circunstâncias que podem levar a exigências particulares para a sua aprovação. 		<ul style="list-style-type: none"> O local da obra e/ou tipo de intervenção requerem uma DIA, estando a mesma submetida e em fase de análise, existindo circunstâncias que podem levar a exigências particulares para a sua aprovação, com consequências a nível de implantação e/ou escala da intervenção. 		<ul style="list-style-type: none"> É exigida uma DIA mas a mesma ainda se encontra em fase de estudo para submissão, sendo previsível algumas consequências de dimensão considerável a nível de implantação e/ou escala da intervenção. 		
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto com vasta experiência no desenvolvimento e submissão de pedidos de DIA. Competência para análise do pedido, atribuída a entidade local. 			<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto com alguma experiência no desenvolvimento e submissão de pedidos de DIA. Competência para análise do pedido atribuída a entidade local, embora necessitando de pareceres a obter a nível central. 		<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto com alguma experiência no desenvolvimento e submissão de pedidos de DIA. Competência para análise do pedido atribuída a entidade local, embora necessitando de pareceres a obter a nível central. 		<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto com pouca experiência no desenvolvimento e submissão de pedidos de DIA. Organismo competente para análise do pedido localizado a nível governamental central. 		
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> As intervenções localizadas em zonas com especial relevância para a preservação do ambiente devem preocupar-se atempadamente com a exploração e obtenção de informação que possa condicionar o desenvolvimento do projeto. Estas circunstâncias estão, frequentemente, já identificadas pelos serviços competentes, sendo de conhecimento relativamente generalizado – pelas equipas e/ou organismos licenciadores – a necessidade de obter a respetiva DIA. No entanto, nem sempre isso acontece, pelo que proximidade de linhas de água, vegetação de características particulares e/ou conhecimento da existência de fauna local e/ou de espécie protegida, deverá ser um sinal para que estas investigações e respetivos estudos sejam realizados em tempo útil, uma vez que a obtenção das decisões finais, frequentemente embatem com processos administrativos longos e envolvendo muitas entidades. 										

- A probabilidade de ocorrência deste Modo de Falha será menor quando exista experiência no desenvolvimento de pedidos de DIA por parte da Equipa de Projeto e a análise do pedido não requeira a intervenção de entidades de responsabilidades superiores.
 - As consequências da manifestação do Modo de Falha serão mais severas em função da fase em que se encontre a avaliação da DIA e das circunstâncias que poderão levar a atrasos na sua aprovação.
-

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	CONDICIONANTES PRÉVIAS									
ÂMBITO	A.6. CONSIGNAÇÕES									
MODO DE FALHA	Atrasos nos procedimentos administrativos que obrigatoriamente têm de anteceder a autorização para o início dos trabalhos.									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>	<i>Médio Baixo</i>	<i>Médio Alto</i>	<i>Alto</i>						
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prazos previstos para a obra relativamente confortáveis. ▪ Penalizações reduzidas ou inexistentes para o Dono de Obra devido a atrasos no arranque da mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prazos previstos para a obra relativamente confortáveis embora possam influenciar as condições de realização de tarefas mais tardias. ▪ Penalizações de pequena expressão para o Dono de Obra a devido a atrasos no arranque da mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prazos previstos para a obra relativamente constrangidos. ▪ Penalizações apreciáveis para o Dono de Obra devido a atrasos no arranque da mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prazos para a obra muito apertados. ▪ Fortes penalizações para o Dono de Obra devido a atrasos no arranque da mesma. 						
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra privada suportada exclusivamente por capitais próprios. ▪ Obra pública sem necessidade de autorizações centrais (p.ex. TC), suportada por financiamento próprio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra privada com reduzido recurso a financiamento externo. ▪ Obra pública sem necessidade de autorizações centrais (p.ex. TC), e suportada, em alguma parte, por financiamento de programas do foro nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra privada com elevado recurso a financiamento externo. ▪ Obra pública com necessidade de autorizações centrais (p.ex. TC), e suportada, em alguma parte, por financiamento de programas nacionais e internacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra privada com total recurso a financiamento externo. ▪ Obra pública com necessidade de autorizações centrais (p.ex. TC), e totalmente suportada por financiamento de programas nacionais e internacionais. 						
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> ▪ A autorização para o arranque da obra, frequentemente, não depende da vontade do Dono de Obra, mas antes de processos burocráticos associados, por exemplo, à necessidade de recorrer a financiamentos externos ou à obrigatoriedade de obter a aprovação de entidades centrais, como por exemplo, o Tribunal de Contas (TC) no caso de obras públicas. ▪ A probabilidade de se verificarem atrasos nos procedimentos administrativos será tanto maior quanto o recurso a capitais não próprios e a necessidade de autorizações centrais. ▪ As consequências de atrasos nas consignações serão tão mais severas quanto as restrições para o cumprimento de prazos e as penalizações para o Dono de Obra pré-estabelecidas. 										

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	B. CONDICIONANTES DE PROJETO
ÂMBITO	B.1. TRABALHOS A MAIS, IMPREVISTOS E DE OPORTUNIDADE
MODO DE FALHA	Necessidade ou conveniência da realização de trabalhos não contemplados no Projeto original.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Projetos desenvolvidos tendo em consideração eventuais condicionantes que pudessem surgir. Trabalhos a mais ou imprevistos que não fogem ao praticado na obra (mantêm-se as tipologias de materiais e técnicas usadas na obra/previstas em projeto). 	<ul style="list-style-type: none"> Apenas alguns projetos foram desenvolvidos tendo em consideração eventuais condicionantes que pudessem surgir. Trabalhos a mais ou imprevistos com características semelhantes aos trabalhos realizados/ previstos (materiais e técnicas mantêm-se). 	<ul style="list-style-type: none"> Consideração de eventuais condicionantes que possam surgir apenas contempladas a nível conceptual, sem reflexos nas soluções projetadas. Trabalhos a mais ou imprevistos com utilização de certos materiais e técnicas distintos dos utilizados/ previstos. 	<ul style="list-style-type: none"> Projetos desenvolvidos unicamente com base no programa inicial. Trabalhos a mais ou imprevistos de caráter completamente distinto dos trabalhos realizados na obra (materiais e técnicas diferentes).
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos da intervenção totalmente estabilizados, não estando em curso outras perspetivas que possam levar a alterações de contexto e/ou escala. Foi desenvolvida uma revisão individual de todos os projetos de especialidade e respetiva análise transversal a todos, sem limitações de tempo relevantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos da intervenção estabilizados, podendo existir outras perspetivas que possam levar a alterações de contexto e/ou escala, mas sempre de pequena expressão. Foi desenvolvida uma revisão individual de todos os projetos de especialidade e respetiva análise transversal a todos, embora com alguma limitação de tempo para a mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> Objetivos da intervenção ainda não totalmente fechados, estando em estudo outras perspetivas que podem levar a alterações de contexto e/ou escala, com alguma expressão. Foi desenvolvida uma revisão individual de apenas alguns dos projetos de especialidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Intervenção lançada com base em objetivos ainda em definição, essencialmente por motivos de utilização de recursos disponíveis, sendo provável alterações profundas na mesma. Não foi realizada qualquer Revisão de Projeto.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- Existindo trabalhos a mais, imprevistos ou de oportunidade, o cumprimento do prazo para a conclusão do plano de trabalhos fica comprometido.
- A probabilidade de se verificar a necessidade de execução de trabalhos extra (não contemplados em Projeto) será tão menor quanto o desenvolvimento de uma Revisão de Projeto completa e atempada (tanto individual como transversalmente entre todos os Projetos de especialidade e sem restrições de tempo) e quanto a estabilização dos objetivos da intervenção, isto é, sem grande probabilidade de virem a ocorrer alterações.

- As consequências da manifestação deste Modo de Falha serão menores quando a natureza dos trabalhos extra seja semelhante à dos previstos em Projeto, ou seja, utilizando as mesmas técnicas e materiais. Por outro lado, o desenvolvimento do Projeto tendo em consideração a possibilidade de alterações resultantes da alteração dos objetivos da intervenção trará igualmente consequências menores no cumprimento do planeamento previsto.
-

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	B. CONDICIONANTES DE PROJETO
ÂMBITO	B.2. TIPO DE INTERVENÇÃO
MODO DE FALHA	Condições previstas em Projeto, para implementação das diversas soluções técnicas, diversas das constatadas em obra.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto						
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Obra de raiz de pequena dimensão. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de raiz de grande dimensão. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de reabilitação de pequena dimensão e/ou edifício com data de construção relativamente recente. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de reabilitação de grande dimensão e/ou edifício com data de construção muito antiga. 						
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Projeto desenvolvido por Equipa Projetista com larga experiência técnica incluindo obras com as características do empreendimento em questão. Adjudicatário com larga experiência no tipo de intervenção em causa. 	<ul style="list-style-type: none"> Projeto desenvolvido por Equipa Projetista composta por alguns elementos novos, mas com experiência técnica considerável. Adjudicatário com alguma experiência no tipo de intervenção em causa. 	<ul style="list-style-type: none"> Projeto desenvolvido por Equipa Projetista com elementos novos e/ou sem experiência em obras com as características do empreendimento em questão. Adjudicatário com reduzida experiência no tipo de intervenção em causa. 	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de Projeto ou Projeto muito incompleto. Adjudicatário sem experiência no tipo de intervenção em causa. 						
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

OBSERVAÇÕES

- A constatação de divergências entre as soluções técnicas previstas e as verificadas em obra será menos provável se o Projeto for desenvolvido por uma Equipa Projetista com experiência e executado por Adjudicatário igualmente experiente.
- A gravidade das consequências da manifestação deste Modo de Falha está relacionada com a dimensão da obra e o tipo de intervenção. Em obras de reabilitação poderão surgir surpresas maiores.

ANÁLISE DE RISCO - GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	B. CONDICIONANTES DE PROJETO									
ÂMBITO	B.3. PERFIL DOS DESTINATÁRIOS DA OBRA									
MODO DE FALHA	Alteração do conceito da intervenção devido a uma modificação expectável do perfil dos seus ocupantes.									
REFERENCIAIS										
<i>Nível</i> →	<i>Baixo</i>		<i>Médio Baixo</i>			<i>Médio Alto</i>		<i>Alto</i>		
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Intervenção de reabilitação em edifício único, com possibilidades de cancelamento ou alteração de conceito. Financiamento exclusivo com capitais próprios. 		<ul style="list-style-type: none"> Intervenção de reabilitação em parte de edifício, com algumas possibilidades de cancelamento ou alteração de conceito. Financiamento com algum recurso a capitais externos. 			<ul style="list-style-type: none"> Construção nova de pequena dimensão. Financiamento com grande recurso a capitais externos e/ou fundos públicos. 		<ul style="list-style-type: none"> Construção nova de grande dimensão. Financiamento com total recurso a capitais externos e/ou fundos públicos. 		
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Intervenção de cariz público ou privado destinada a suprir necessidades perfeitamente identificadas e com destinatários igualmente estabilizados (p.ex. hospital, centro de saúde). 		<ul style="list-style-type: none"> Intervenção de cariz público ou privado destinada a faixas etárias específicas (p.ex. escola). Intervenção de cariz privado com componente comercial em local com pouca concorrência. 			<ul style="list-style-type: none"> Intervenção de cariz público ou privado de utilização dependente de estratégias do governo central. Intervenção de cariz privado com componente comercial em local com alguma concorrência. 		<ul style="list-style-type: none"> Intervenção de cariz público ou privado de utilização muito dependente de estratégias do governo central e de contextos sociais. Intervenção de cariz privado com componente comercial em local com alguma concorrência. 		
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> A probabilidade de surgirem alterações às características do público-alvo da intervenção será maior em intervenções com públicos em grande medida influenciados pelas estratégias do governo central e contextos sociais e menor no caso de intervenções destinadas a suprir necessidades permanentes. As consequências da manifestação deste Modo de Falha serão menos severas em situações que não seja necessário o recurso a financiamentos externos e em casos de empreendimentos de reabilitação, uma vez que, neste último caso, uma parte da intervenção tem em consideração pré-existências e as condicionantes serão similares para as diversas alternativas, logo, eventuais alterações irão concentra-se no destino a dar-lhes. No caso de obras de raiz toda a conceção surge com um objetivo específico, sem tantos constrangimentos, pelo que uma eventual mudança de direção envolverá uma escala muito maior e com consequências muito mais vastas. 										

ANÁLISE DE RISCO - GRADUAÇÕES

CONTEXTO	B. CONDICIONANTES DE PROJETO
ÂMBITO	B.4. EXPERIÊNCIA DA EQUIPA DE PROJETO
MODO DE FALHA	Dificuldade da Equipa de Projeto em dar resposta, em tempo útil, a pedidos de informação submetidos pelo Adjudicatário ou a situações inesperadas com impacto nas soluções projetadas.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Obra de pequena dimensão que envolve técnicas e tecnologias comuns. Equipa de Projeto sediada até 100 km da obra e concentrando numa mesma empresa as especialidades mais relevantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de dimensão considerável que envolve técnicas e tecnologias comuns. Equipa de Projeto sediada até 100 km da obra, mas com especialidades dispersas por várias empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de pequena dimensão que envolve algumas técnicas e tecnologias ainda pouco disseminadas ou inovadoras. Equipa de Projeto sediada a mais de 100 km da obra, mas concentrando na mesma empresa as especialidades mais relevantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de dimensão considerável que envolve algumas técnicas e tecnologias ainda pouco disseminadas ou inovadoras. Equipa de Projeto sediada a mais de 100 km da obra, mas com especialidades dispersas por várias empresas.
S	1 2 3	4 5	6 7	8 9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto composta por profissionais com larga experiência, conhecedores das técnicas e tecnologias projetadas e igualmente com vasta prática no tipo de obra a desenvolver. Obra acompanhada por Equipa de Gestão/Fiscalização residente e experiente, com circuitos de circulação de informação bem definidos e rotinados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto composta na sua maioria por profissionais com experiência apreciável, conhecedores das técnicas e tecnologias projetadas e com alguma prática no tipo de obra a desenvolver. Obra acompanhada por Equipa de Gestão/Fiscalização em tempo parcial, mas experiente, ou representante técnico do Dono de Obra, com circuitos de circulação de informação bem definidos e rotinados. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto com alguma experiência, mas prática limitada no tipo de obra a desenvolver. Acompanhamento da obra realizado pelo Diretor de Obra do Adjudicatário, responsável pelo circuito de informação e comunicação. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipa de Projeto pouco experiente. Acompanhamento da obra realizado por representante não-técnico do Dono de Obra, responsável pelo circuito de informação e comunicação.
O	1 2 3	4 5	6 7	8 9 10

OBSERVAÇÕES

- A capacidade de resposta por parte da Equipa Projetista face à ocorrência de imprevistos ou novos pedidos é fundamental no cumprimento dos objetivos do projeto.

- A probabilidade de surgirem dificuldades em dar resposta a situações inesperadas por parte da Equipa Projetista será tanto maior quanto a sua falta de experiência. Também o tipo de Gestão/Fiscalização em obra terá grande influência na probabilidade de ocorrer este Modo de Falha.
 - As consequências da dificuldade da Equipa de Projeto em responder às necessidades e imprevistos será tanto maior quanto maior a dimensão da obra e suas características mais peculiares. A proximidade da Equipa de Projeto à obra, assim como a concentração das especialidades mais relevantes do Projeto numa mesma empresa, reduzirão as consequências negativas da manifestação deste Modo de Falha.
-

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	B. CONDICIONANTES DE PROJETO
ÂMBITO	B.5. REVISÃO DE PROJETO
MODO DE FALHA	Constatação de deficiências e/ou omissões de Projeto com impacto no planeamento e orçamentação da obra.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto						
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Deficiências e/ou omissões em tarefas pontuais da obra, de reduzida dimensão e envolvendo materiais/trabalhos correntes e/ou em tarefas complementares finais da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Deficiências e/ou omissões em tarefas envolvendo alguns materiais/trabalhos com alguma especificidade e/ou com implicação em outros trabalhos importantes para o cumprimento do planeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Deficiências e/ou omissões em tarefas envolvendo materiais/trabalhos com alguma especificidade e/ou com implicação em vários outros trabalhos situados no caminho crítico. 	<ul style="list-style-type: none"> Deficiências e/ou omissões em tarefas iniciais da obra, com elevadas repercussões no planeamento seguinte da mesma. 						
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Revisão individual de todos os Projetos de especialidade incluídos na obra, tendo por base uma análise transversal entre todos eles. Inexistência de limitação de recursos (p.ex. tempo, financiamento) para uma Revisão de Projeto completa. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisão individual de todos os Projetos de especialidade incluídos na obra, desenvolvendo-se uma análise transversal apenas entre alguns deles. Alguma limitação de recursos para o desenvolvimento da Revisão de Projeto 	<ul style="list-style-type: none"> Revisão individual de todos os Projetos de especialidade incluídos na obra, sem análise transversal entre eles. Grande limitação de recursos para o desenvolvimento da Revisão de Projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de Revisão de Projeto. Inexistência de recursos disponíveis para execução da Revisão de Projeto 						
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

OBSERVAÇÕES

- A Revisão de Projeto é uma etapa fundamental no que diz respeito à redução de custos, tempo e obtenção da qualidade pretendida para o empreendimento. Uma das principais causas de anomalias nos empreendimentos são os erros e omissões ao nível do Projeto.
- O tipo de Revisão de Projeto desenvolvida ditará a sua eficiência na deteção de deficiências: a uma análise individual a cada projeto de especialidade acresce a importância de cruzar a informação de todas as especialidades para uma revisão completa, sendo que uma análise transversal a todas diminuirá a probabilidade de mais tarde ocorrerem anomalias.
- A existência de limitação de recursos, nomeadamente escassez de tempo, contribui largamente para o desenvolvimento de Revisões de Projeto incompletas/ineficientes ou até mesmo levar ao descarte desta etapa de grande importância.
- As consequências da manifestação deste Modo de Falha serão tão mais gravosas conforme as deficiências detetadas se verifiquem em tarefas de maior importância/influência no plano de trabalhos da obra.

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES				
CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO			
ÂMBITO	C.1. CONDIÇÕES CLIMATÉRICAS			
MODO DE FALHA	Ocorrência de situações climáticas adversas, com impacto no desenvolvimento de tarefas críticas do planeamento da obra.			
REFERENCIAIS				
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>	<i>Médio Baixo</i>	<i>Médio Alto</i>	<i>Alto</i>
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Obra não condicionada pelas condições climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra pouco condicionada pelas condições climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra algo condicionada pelas condições climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra muito condicionada pelas condições climáticas.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Obra localizada em zona de clima com características altamente previsíveis. Obra com início coincidente com o planeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra localizada em zona de clima com características maioritariamente previsíveis. Obra com início ligeiramente atrasado ou adiantado em relação ao planeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra localizada em zona de clima algo imprevisível. Obra com início algo atrasado ou adiantado em relação ao planeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra localizada em zona de clima especialmente imprevisível. Obra com início consideravelmente atrasado ou adiantado em relação ao planeamento.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OBSERVAÇÕES				
<ul style="list-style-type: none"> A consideração das condições climáticas poderá ser um elemento crucial ao cumprimento do planeamento da obra. A probabilidade deste Modo de Falha ocorrer e afetar o planeamento da obra será maior em casos em que a localização da obra corresponda a uma zona onde não é possível prever minimamente as condições do clima devido à sua imprevisibilidade, não sendo possível a sua consideração exata no planeamento da obra. A ocorrência de situações climáticas adversas terá consequências maiores sobre obras cuja execução das técnicas dependa largamente das condições climáticas. 				

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO
ÂMBITO	C.2. EXPERIÊNCIA DO ADJUDICATÁRIO E EQUIPAS DE TRABALHO
MODO DE FALHA	Discordância entre as competências esperadas do Adjudicatário e suas equipas para a execução dos trabalhos projetados e planeados.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Obra de pequena dimensão com soluções técnicas de características exclusivamente correntes, sem complexidades particulares. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de dimensão considerável com soluções técnicas de características exclusivamente correntes, sem complexidades particulares. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de pequena dimensão que envolve um número considerável de soluções técnicas pouco correntes e/ou de implementação complexa. 	<ul style="list-style-type: none"> Obra de grandes dimensões que envolve um número considerável de soluções técnicas pouco correntes e/ou de implementação complexa.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Adjudicatário e equipas de trabalho com larga experiência em obras com as características do empreendimento em questão e está confortável com as técnicas envolvidas. Elevado nível de confiança no Adjudicatário em função de experiências anteriormente compartilhadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Adjudicatário com alguma experiência em obras com as características semelhantes do empreendimento em questão. Embora não faça parte do seu currículo habitual, a maioria dos elementos das equipas de trabalho estão confortáveis com as técnicas envolvidas. Nível de confiança considerável baseado no relato de entidades de confiança. 	<ul style="list-style-type: none"> Adjudicatário com alguma/pouca experiência em obras com as características do empreendimento em questão. Equipas de trabalho incluem elementos novos/não familiarizados com as técnicas envolvidas. Nível de confiança razoável baseado no relato de entidades de confiança. 	<ul style="list-style-type: none"> Adjudicatário com pouca/nenhuma experiência em obras com características do empreendimento em questão. Equipas de trabalho constituídas por elementos novos/não familiarizados com as técnicas envolvidas. Inexistência de experiências anteriores ou relatos que possibilitem o equacionamento de um nível de confiança no Adjudicatário.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- A probabilidade de surgirem imprevistos ao planeamento da obra da responsabilidade do Adjudicatário será tanto maior quanto a sua falta de experiência e o baixo nível de confiança nele depositado, quer com base em experiência própria quer com base em relatos de outras parcerias.
- O impacto das consequências resultantes das falhas da responsabilidade do Adjudicatário será tanto maior quanto for a envergadura do empreendimento e a dificuldade das técnicas envolvidas.

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO									
ÂMBITO	C.3. COMPROMETIMENTO DO ADJUDICATÁRIO									
MODO DE FALHA	Prestação do Adjudicatário abaixo das expectativas em relação à atenção dedicada ao planeamento e acompanhamento da mesma e/ou mobilização de recursos/competência técnica requerida.									
REFERENCIAIS										
Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto						
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra de complexidade baixa. ▪ Prazo confortável para a sua realização. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra de complexidade baixa/média. ▪ Planeamento temporal com algum constrangimento em tarefas pontuais do desenvolvimento da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra de complexidade média. ▪ Planeamento temporal bastante constrangido numa parte importante do desenvolvimento da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra de complexidade elevada. ▪ Planeamento temporal muito apertado em todo o desenvolvimento da obra. 						
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adjudicatário está exclusivamente comprometido com a obra. ▪ Adjudicatário encara esta obra como essencial na sua estratégia de posicionamento no mercado. ▪ Produção quase que exclusiva com meios próprios. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adjudicatário está comprometido com várias obras de importância similar entre si. ▪ Adjudicatário com posição no mercado relativamente estável. ▪ Produção com recurso a Subempreiteiros apenas em especialidades técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adjudicatário está comprometido com, pelo menos, uma obra de importância mais elevada. ▪ Adjudicatário com posição no mercado relativamente estável e sem concorrência com expressão. ▪ Recurso limitado a subempreitadas em todas as áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adjudicatário está comprometido com várias obras de importância mais elevada. ▪ Adjudicatário com posição no mercado muito estável e sem concorrência com expressão. ▪ Recurso intensivo a subempreitadas. 						
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> ▪ O nível de comprometimento do Adjudicatário face à obra em questão poderá ter grande influência na forma como se dedica a ela e na mobilização dos seus recursos. ▪ Quanto maior o número de projetos em que o Adjudicatário está envolvido e quanto maiores forem os lucros associados aos restantes projetos, menor será o seu comprometimento com a obra em análise, podendo esta ser colocada num nível de prioridade mais baixo que as restantes obras e consequentemente falhar no cumprimento do plano de tarefas previsto. Será tão mais provável a manifestação deste Modo de Falha quanto menor for o seu interesse financeiro na obra em questão e quanto melhor for a sua posição no mercado. ▪ A probabilidade de existirem falhas na prestação do Adjudicatário poderá também ser condicionada pela necessidade de recorrer a Subempreiteiros. ▪ As consequências da manifestação deste Modo de Falha serão tão mais graves quanto o nível de complexidade da obra e o constrangimento do planeamento a nível de prazos. 										

ANÁLISE DE RISCO - GRADUAÇÕES				
CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO			
ÂMBITO	C.4. COMPOSIÇÃO DAS EQUIPAS DE TRABALHO			
MODO DE FALHA	Insuficiência das equipas de trabalho do Adjudicatário, em número, dimensão e/ou qualificações, com impacto no desenvolvimento planeado dos trabalhos.			
REFERENCIAIS				
Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> A obra consiste numa intervenção com soluções técnicas de características exclusivamente correntes, sem complexidades particulares. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra tem características correntes, mas integra algumas soluções técnicas de alguma complexidade. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra envolve um número considerável de soluções técnicas pouco correntes e/ou de implementação complexa. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra envolve um número elevado de soluções técnicas pouco correntes e/ou muito inovadoras e/ou com muito pouca ou nenhuma experiência de implementação.
S	1 2 3	4 5	6 7	8 9 10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Equipas de trabalho compostas por um elevado número de elementos. Equipas de trabalho constituídas por vários elementos com competências/especialização técnica para a realização das tarefas. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipas de trabalho compostas por um número de elementos razoável/suficiente. Equipas de trabalho dispõem de mais de 2 elementos com competências/especialização técnica para a realização das tarefas. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipas de trabalho compostas por um número de elementos reduzido. Equipas de trabalho dispõem de 2 elementos tecnicamente competentes para a realização das tarefas. 	<ul style="list-style-type: none"> “Equipas” de trabalho compostas por um único elemento. Equipas de trabalho dispõem apenas de um único elemento com competência/especialização técnica para a realização das tarefas
O	1 2 3	4 5	6 7	8 9 10
OBSERVAÇÕES				
<ul style="list-style-type: none"> A probabilidade de existirem dificuldades ao nível da reestruturação de uma equipa no caso de ocorrerem imprevistos que alterem a forma da execução de trabalhos prevista (como por exemplo a falha de algum elemento por motivos pessoais ou de saúde) será menor em casos de equipas numerosas, uma vez que, será possível executar o plano de trabalhos reorganizando a distribuição de tarefas entre os restantes elementos da equipa, reduzindo a probabilidade de manifestação deste Modo de Falha já que a insuficiência ao nível da dimensão da equipa não será sentida na generalidade. Também a existência de vários elementos com aptidão técnica para desenvolver tarefas com determinadas características diminuirá a probabilidade de se manifestarem insuficiências ao nível das qualificações da equipa, já que será possível substituir elementos da equipa sem que a continuidade dos trabalhos seja comprometida. No caso deste Modo de Falha se manifestar, sentindo-se então insuficiências nas equipas de trabalho, tanto ao nível da sua dimensão como ao nível das qualificações, as consequências serão tão mais graves quanto a complexidade e/ou inovação das soluções técnicas envolvidas. 				

ANÁLISE DE RISCO - GRADUAÇÕES				
CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO			
ÂMBITO	C.5. RESPONSABILIDADE DOS SUBEMPREENHEIROS			
MODO DE FALHA	Atividade desajustada dos Subempreiteiros contratados pelo Adjudicatário, envolvendo a sua orientação, chefia, competência e/ou comprometimento com a obra.			
REFERENCIAIS				
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>	<i>Médio Baixo</i>	<i>Médio Alto</i>	<i>Alto</i>
SEVERIDADE	▪ Existência de inúmeras alternativas sólidas de Subempreiteiros no mercado.	▪ Existência de, pelo menos, 3 alternativas de Subempreiteiros de confiança no mercado para as especialidades mais relevantes.	▪ Existência de apenas 2 alternativas de Subempreiteiros de confiança no mercado para as especialidades mais relevantes.	▪ Existência de apenas um Subempreiteiro no mercado para várias das especialidades mais relevantes.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OCORRÊNCIA	▪ Relação de confiança entre Adjudicatário e Subempreiteiros com base na experiência de colaborações anteriores.	▪ Relação de confiança entre Adjudicatário e Subempreiteiros com base em relatos positivos de entidades/parceiros de confiança.	▪ Subempreiteiros com histórico no mercado, mas sem referências de confiança.	▪ Subempreiteiros em início de atividade no mercado, sem referências.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OBSERVAÇÕES				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ A probabilidade de ocorrerem imprevistos consequentes da atividade desajustada dos Subempreiteiros contratados pelo Adjudicatário, será menor em casos de relações de confiança nos Subempreiteiros com base em experiências positivas anteriores ou em relatos de entidades de confiança. ▪ As consequências da manifestação deste Modo de Falha para o cumprimento do plano de trabalhos serão tão mais graves quanto menos forem as alternativas de Subempreiteiros disponíveis no mercado. 				

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES				
CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO			
ÂMBITO	C.6. MÁQUINAS E EQUIPAMENTO A UTILIZAR			
MODO DE FALHA	Dificuldade na reparação de avarias em equipamento e maquinaria pesada provocada pelas exigências das condições de execução da obra.			
REFERENCIAIS				
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>	<i>Médio Baixo</i>	<i>Médio Alto</i>	<i>Alto</i>
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Trabalhos desenvolvidos com recurso a equipamento pertencente à empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de recorrer a equipamento especial localizado na zona da obra em questão. 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de recorrer a equipamento especial não disponível na região do local de implantação da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de recorrer a equipamento especial não disponível em Portugal.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um responsável pelo cumprimento do plano de verificação e manutenção das máquinas e equipamentos em obra, com procedimentos estabilizados para o mesmo. 	<ul style="list-style-type: none"> Existência de um responsável pela verificação e manutenção das máquinas e equipamentos em obra, mas não existe um procedimento estabilizado para a mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> Existência de vários responsáveis pela verificação e manutenção das máquinas e equipamentos em obra, sem funções objetivamente divididas e sem procedimentos estabilizados para a mesma. 	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de responsável pelo cumprimento do plano de verificação e manutenção das máquinas e equipamentos em obra.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OBSERVAÇÕES				
<ul style="list-style-type: none"> A probabilidade de ocorrerem dificuldades ao nível da reparação da maquinaria e equipamento é tanto menor quanto a importância atribuída aos procedimentos de verificação e manutenção dos mesmos. A existência de responsáveis e planos de verificação e manutenção permite uma maior familiarização com a problemática em estudo, o que se traduz numa maior capacidade de resposta, reduzindo a probabilidade de se verificarem dificuldades ao nível das manutenções e reparações, quando necessárias. A atribuição dessa responsabilidade a uma única pessoa reduz igualmente essa probabilidade, uma vez que, existindo vários responsáveis para a mesma tarefa o sentido de responsabilidade de cada um diminuirá devido à partilha de responsabilidade nessa tarefa, podendo ocorrer falhas na verificação e manutenção de máquinas e equipamento. A reparação de avarias em maquinaria e equipamento terá consequências menos graves quando a empresa trabalha com equipamento próprio, havendo a possibilidade de conhecer atempadamente o estado em que se encontra e da disponibilidade em stock de peças para eventuais necessidades de substituição. A necessidade de recorrer a equipamento não próprio conduz a maiores dificuldades em solucionar possíveis imprevistos, uma vez que tanto manutenções como reparações, levarão mais tempo a serem resolvidas, interferindo no plano de trabalhos. 				

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	C. CONDICIONANTES DE EXECUÇÃO									
ÂMBITO	C.7. SEGURANÇA/ ACIDENTES DE TRABALHO									
MODO DE FALHA	Ocorrência de incidentes de segurança dando origem a acidentes com impacto no desenrolar da obra e condições psicológicas dos trabalhadores.									
REFERENCIAIS										
Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto						
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informação e formação dos trabalhadores. ▪ Elaboração de PSS (plano de segurança e saúde) em fase de projeto, validação e cumprimento do mesmo em fase de obra. ▪ Nomeação de coordenador de segurança competente pelo Dono de Obra para a fase de projeto (CSP) e para a fase de obra (CSO). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informação e formação dos trabalhadores. ▪ Elaboração de PSS apenas em fase de projeto. ▪ Nomeação de CSP pelo Dono de Obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inexistência de informação e formação de trabalhadores. ▪ Elaboração de PSS apenas em fase de projeto. ▪ Nomeação de CSP pelo Dono de Obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inexistência de informação e formação dos trabalhadores. ▪ Inexistência de PSS; ▪ Inexistência de nomeação de qualquer coordenador de segurança 						
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 8 horas de trabalho diárias sem exposição a riscos especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra com necessidade de recurso a trabalho suplementar com algumas horas de exposição a riscos especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 8 horas de trabalho diárias com exposição a um elevado número de riscos especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obra com necessidade de recurso a trabalho suplementar com exposição a um elevado número de riscos especiais. 						
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consideram-se exemplos de riscos especiais: o risco de soterramento, queda em altura, afundamento, exposição a químicos e radiação ionizante, proximidade a linhas elétricas de média e alta tensão, trabalhos em ferrovias ou rodovias em utilização ou na proximidade da obra, utilização de explosivos, trabalhos em poços, túneis, galerias ou caixas de ar comprimido, entre outros. Conferir Artigo 7º do DL nº 273/2003 de 29 de outubro, consideram-se riscos especiais); ▪ O Dono de Obra é responsável por garantir a elaboração do PSS (plano de segurança e saúde) e pela nomeação do CSP (coordenador da segurança em fase de projeto) e CSO (coordenador da segurança em fase de obra); ▪ O PSS é um <i>instrumento de coordenação da segurança e saúde que define métodos e opções consonantes com o projeto e visa estabelecer uma análise preliminar de riscos e inerentes medidas de prevenção, desenvolvendo as especificações necessárias, em função quer das definições iniciais, quer das definições constantes da fase de organização, quer das alterações ao projeto a executar em obra. Deve ser iniciado em simultâneo com o projeto, desenvolver-se a par e passo com aquele, a fim de que a execução da obra seja acompanhada de um instrumento que identifique os riscos em cada momento</i> (Luís Conceição Freitas, <i>Manual de Segurança e Saúde do Trabalho</i>). ▪ A probabilidade de ocorrerem incidentes ao nível da segurança será tanto maior quanto a exposição a maior número de riscos considerados especiais. 										

- As consequências da manifestação deste Modo de Falha serão tão menos severas quanto a preocupação em informar e formar os trabalhadores sobre a segurança em obra, assim como a contemplação do PSS e preocupação com o seu cumprimento em fase de execução de tarefas com capacidade para dar resposta à manifestação do Modo de Falha.
-

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	D. CONDICIONANTES DE ESTALEIRO									
ÂMBITO	D.1. CONDIÇÕES DA ÁREA DO ESTALEIRO									
MODO DE FALHA	Espaço destinado ao estaleiro condicionante da movimentação de veículos, transporte de materiais e/ou deslocações de trabalhadores.									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>			<i>Médio Baixo</i>		<i>Médio Alto</i>			<i>Alto</i>	
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Existência de plano estruturado e validado por pessoa competente para a organização e limpeza do estaleiro. Responsabilidade pelo cumprimento do plano atribuída a um elemento da equipa, com número de horas acordado para o desenvolvimento da tarefa. 			<ul style="list-style-type: none"> Existência de conjunto de regras destinadas à organização e limpeza do estaleiro organizadas num plano não validado. Responsabilidade pelo cumprimento do plano generalizada a toda a equipa com atribuição de tarefas a alguns elementos em particular. 		<ul style="list-style-type: none"> Existência de algumas regras destinadas a toda a equipa relativamente à organização e limpeza do estaleiro, sem existência de responsabilidades objetivamente definidas e atribuídas aos elementos da equipa. 			<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de regras destinadas à organização e limpeza do estaleiro. 	
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Estaleiro com áreas definidas e suficientemente espaçosas (normalmente fora de zona urbana) destinadas ao armazenamento e preparação de cofragens, armaduras, betões e argamassas, parque para máquinas e equipamentos. Vias de circulação interna definidas, com boa área e sinalização capaz de assegurar a fluidez e segurança do trânsito. Inexistência de linhas de água, linhas de alta tensão e redes subterrâneas (água, gás e eletricidade). 			<ul style="list-style-type: none"> Estaleiro com espaço disponível (normalmente fora de zona urbana), mas sem áreas definidas para as diferentes atividades. Vias de circulação interna definidas, mas áreas limitadas que provocam alguns constrangimentos no trânsito, embora com boa sinalização. Inexistência de linhas de água, linhas de alta tensão e redes subterrâneas (água, gás e eletricidade). 		<ul style="list-style-type: none"> Estaleiro com algumas limitações de espaço (normalmente em zona urbana) e apenas algumas áreas de atividade definidas. Algumas vias de circulação interna definidas, com pouca sinalização e áreas muito limitadas. Existência de linha de água e/ou linhas de alta tensão e/ou rede subterrâneas (água, gás e eletricidade). 			<ul style="list-style-type: none"> Estaleiro com muitas limitações de espaço (normalmente em zona urbana) e inexistência de áreas definidas. Inexistência de vias de circulação definidas (utilização espontânea de caminhos não designados para o efeito). Existência de linha de água e/ou linhas de alta tensão e/ou rede subterrâneas (água, gás e eletricidade). 	
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

OBSERVAÇÕES

- A gravidade das consequências da verificação deste Modo de Falha está diretamente relacionada com a existência/inexistência de responsáveis pela aplicação de medidas de organização do estaleiro, aptos a atuar rápida e eficientemente face a manifestação do Modo de Falha.
 - A probabilidade deste Modo de Falha acontecer será tão menor quanto se verifique a existência de áreas definidas destinadas a funções específicas, utilização de vias de circulação com as características essenciais à fluidez e segurança do trânsito no estaleiro e a inexistência de elementos perturbadores que exijam cuidados adicionais.
-

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	D. CONDICIONANTES DE ESTALEIRO									
ÂMBITO	D.2. ACESSIBILIDADES									
MODO DE FALHA	Acessos ao estaleiro condicionantes da circulação de veículos pesados e do transporte de materiais e equipamento.									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>			<i>Médio Baixo</i>		<i>Médio Alto</i>			<i>Alto</i>	
SEVERIDADE	▪ Várias vias de acesso em boas condições de utilização.			▪ Duas vias de acesso, uma delas em boas condições de utilização.		▪ Duas vias de acesso, ambas em condições de utilização instáveis.			▪ Uma única via de acesso em condições de utilização instáveis (por exemplo: caminho de terra batida).	
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	▪ Obra localizada fora de zona urbana.			▪ Obra localizada em zona urbana com nível de tráfego baixo.		▪ Obra localizada em zona urbana com nível de tráfego esporadicamente elevado.			▪ Obra localizada em zona urbana com nível de tráfego diário muito elevado.	
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quanto maior a proximidade do local de implantação da obra a zonas com elevado volume de tráfego, maior a probabilidade de ocorrerem imprevistos que se traduzam em condicionalismos ao nível da circulação dos veículos pesados essenciais ao desenvolvimento do plano de trabalhos. ▪ A existência de boas alternativas de acessos ao local de implantação da obra traduz-se em impactos negativos menores no cumprimento do plano de trabalhos previsto, uma vez que, há a possibilidade de lhe dar continuidade optando pela utilização de outras vias de acesso no caso de ocorrerem imprevistos relativamente à via de acesso normalmente utilizada. 										

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES

CONTEXTO	D. CONDICIONANTES DE ESTALEIRO
ÂMBITO	D.3. EXISTÊNCIA/PRESENÇA DE ANIMAIS
MODO DE FALHA	Penetração de animais na zona do estaleiro com impacto no desenrolar dos trabalhos planeados.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	▪ Presença improvável de qualquer tipo de animais.	▪ Possibilidade de presença de animais domésticos.	▪ Possibilidade de presença de animais de médio porte.	▪ Possibilidade de presença de animais de porte considerável.
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10
OCORRÊNCIA	▪ Obra localizada em meio urbano.	▪ Obra localizada na zona limítrofe do meio urbano, com proximidade a áreas florestais.	▪ Obra localizada em zona isolada, na periferia do centro urbano, com proximidade a áreas florestais.	▪ Obra localizada em zona florestal.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- A probabilidade dessa interferência ocorrer será tanto maior quanto a proximidade do local de implantação da obra a zonas onde é comum existirem animais.
- As consequências sobre o desenrolar do plano de trabalhos devido à interferência de animais serão tão mais gravosas quanto a sua natureza e comportamento típico.

ANÁLISE DE RISCO - GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	E. CONDICIONANTES DE FORNECIMENTO									
ÂMBITO	E.1. FORNECIMENTO/ ENTREGA DE MATERIAIS									
MODO DE FALHA	Dificuldade em obter fornecimentos alternativos de materiais perante incumprimentos dos fornecedores previstos.									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>		<i>Médio Baixo</i>		<i>Médio Alto</i>		<i>Alto</i>			
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Estudo exaustivo do mercado, estabelecimento de contactos e elaboração de plano estruturado contendo possíveis alternativas de fornecedores. 		<ul style="list-style-type: none"> Estudo do mercado e estabelecimento prévio de alguns contactos para possíveis alternativas de fornecedores. 		<ul style="list-style-type: none"> Pesquisa superficial da oferta de possíveis alternativas de fornecedores sem estabelecimento de contactos. 		<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de medidas previstas para a necessidade de substituição de fornecedores. 			
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Existe uma relação de confiança com o fornecedor com base na experiência de colaborações anteriores. Existência de inúmeras alternativas sólidas de fornecimento no mercado. 		<ul style="list-style-type: none"> Existe uma relação de confiança no fornecedor com base em relatos positivos de entidades de confiança. Existência de, pelo menos, 3 alternativas de fornecedores de confiança no mercado. 		<ul style="list-style-type: none"> Fornecedor com histórico no mercado, mas sem referências de confiança. Existência de apenas 2 alternativas de fornecedores de confiança no mercado. 		<ul style="list-style-type: none"> Fornecedor em início de atividade no mercado, sem referências. Fornecedor único no mercado. 			
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> A escassez de fornecedores poderá significar uma dificuldade acrescida em caso de necessidade de recorrer a alternativas devido a incumprimentos por parte dos fornecedores previstos. A probabilidade deste Modo de Falha ocorrer será tanto menor quanto o nível de confiança existente relativamente aos fornecedores previstos e quanto menor o número de alternativas de fornecedores disponíveis no mercado. Um estudo sobre as possíveis alternativas de fornecedores disponíveis no mercado, bem como o estabelecimento de contactos com os respetivos fornecedores alternativos, diminuirá a gravidade das consequências da manifestação deste Modo de Falha, uma vez que, haverá maior capacidade de resposta. 										

ANÁLISE DE RISCO - GRADUAÇÕES

CONTEXTO	E. CONDICIONANTES DE FORNECIMENTO
ÂMBITO	E.2. TIPOLOGIA DOS MATERIAIS UTILIZADOS
MODO DE FALHA	Dificuldade em adaptar as soluções projetadas para materiais alternativos em situações de falha no fornecimento.

REFERENCIAIS

Nível →	Baixo	Médio Baixo	Médio Alto	Alto
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Soluções projetadas incluem apenas a utilização de materiais genéricos (correntes no mercado). Utilização de materiais exclusivamente em linha de produção nova ou recente (probabilidade muito escassa de serem descontinuados). 	<ul style="list-style-type: none"> Soluções projetadas incluem a utilização de materiais específicos (materiais com alterações aos que saem da linha de produção do fornecedor). Utilização de materiais maioritariamente em linha de produção recente e sem utilização de qualquer material em linha de produção antiga (probabilidade muito escassa de serem descontinuados). 	<ul style="list-style-type: none"> Soluções projetadas incluem a utilização de materiais à medida (fora da linha de produção habitual do fornecedor). Utilização de alguns materiais em linha de produção antiga (com alguma probabilidade de serem descontinuados). 	<ul style="list-style-type: none"> Soluções projetadas incluem a utilização de materiais à medida (fora da linha de produção do fornecedor) e com recurso a matéria-prima de difícil acesso. Utilização de materiais maioritariamente em linha de produção antiga (com grande probabilidade de serem descontinuados).
S	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Consideração em Projeto da possibilidade de utilização de várias alternativas para todos os materiais, com indicação daqueles que são preferencialmente previstos para as soluções projetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Consideração em Projeto da possibilidade de utilização de, pelo menos, duas alternativas para a maioria dos materiais preferencialmente previstos para as soluções projetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Consideração em Projeto da possibilidade de utilização de duas alternativas para alguns dos materiais preferencialmente previstos para as soluções projetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Consideração em Projeto apenas dos materiais preferencialmente previstos para as soluções projetadas.
O	1 2 3	4 5	6 7 8	9 10

OBSERVAÇÕES

- A probabilidade de se verificarem dificuldades na adaptação de materiais diferentes dos previstos em caso de falha no fornecimento será menor quando em Projeto sejam consideradas alternativas aos materiais preferencialmente previstos.
- A particularidade das características dos materiais utilizados bem como o facto de pertencerem a linhas de produção antigas (com probabilidade elevada de serem descontinuados) poderão significar dificuldades acrescidas em caso de necessidade de recorrer a alternativas aos materiais previstos nas soluções projetadas.

ANÁLISE DE RISCO – GRADUAÇÕES										
CONTEXTO	E. CONDICIONANTES DE FORNECIMENTO									
ÂMBITO	E.3. ADIANTAMENTOS									
MODO DE FALHA	Dificuldade em recuperar adiantamentos financeiros destinados à compra de materiais que não se tenham concretizado em tempo útil.									
REFERENCIAIS										
<i>Nível →</i>	<i>Baixo</i>	<i>Médio Baixo</i>	<i>Médio Alto</i>	<i>Alto</i>						
SEVERIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Adiantamento disponibilizado ao Adjudicatário não interfere na condição financeira do Dono de Obra. Financiamento da obra com recurso exclusivo a capitais próprios. 	<ul style="list-style-type: none"> Adiantamento disponibilizado ao Adjudicatário não interfere significativamente na condição financeira do Dono de Obra. Financiamento da obra com algum recurso a capitais externos. 	<ul style="list-style-type: none"> Adiantamento disponibilizado ao Adjudicatário não interfere significativamente na condição financeira do Dono de Obra. Financiamento da obra com grande recurso a capitais externos e/ou fundos públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Adiantamento disponibilizado condiciona totalmente a condição financeira do Dono de Obra. Financiamento da obra com total recurso a capitais externos e/ou fundos públicos. 						
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCCORRÊNCIA	<ul style="list-style-type: none"> Elevado nível de confiança no Adjudicatário em função de experiências anteriormente compartilhadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Nível de confiança no Adjudicatário considerável, baseada no relato de entidades/parceiros de confiança. 	<ul style="list-style-type: none"> Nível de confiança no Adjudicatário razoável, baseada no relato de entidades/parceiros de confiança. 	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de experiências anteriores ou relatos que possibilitem o equacionamento de um nível de confiança no Adjudicatário. 						
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OBSERVAÇÕES										
<ul style="list-style-type: none"> Existirá menor probabilidade do Modo de Falha se verificar em casos em que o Dono de Obra tenha motivos para confiar no Adjudicatário. As consequências da verificação deste Modo de Falha no cumprimento do plano de trabalhos serão tão mais gravosas quanto o adiantamento disponibilizado interfira na condição financeira do Dono de Obra e a maior necessidade de recorrer a financiamentos externos. 										

4.4. PROPOSTA DE TRATAMENTO DAS AVALIAÇÕES RESULTANTES DA APLICAÇÃO DAS FICHAS COM RECURSO AO PROGRAMA MICROSOFT EXCEL

Uma Equipa de Análise de Risco deverá, preferencialmente, ter entre 3 e 5 elementos, com experiências diversas, de modo a permitir a associação de diferentes perspetivas sobre as situações potencialmente anómalas que podem ocorrer durante o desenvolvimento da obra. Assim, é importante que a análise seja realizada em vários ciclos, procurando chegar a consensos que possam originar recomendações coerentes e úteis para os gestores da obra.

Nesse sentido, elaborou-se uma folha de cálculo em Microsoft Excel – de modo a permitir uma fácil expansão e adaptação – na qual as avaliações dos diversos membros possam ser inseridas e sinalizadas as situações em que existam divergências de opinião. Nestes casos, dentro de um modelo de “brainstorming”, os diversos pontos de vista devem ser discutidos, procurando chegar a uma opinião comum e partilhada por todos os membros da Equipa.

Nos parágrafos seguintes explica-se, de forma sintética, o processo de utilização do modelo.

4.4.1. INTRODUÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO E GRADUAÇÕES

A primeira fase, correspondente à primeira folha, consiste em introduzir os dados iniciais que permitem identificar a Equipa de Análise de Risco. Estas identificações serão, posteriormente, transferidas automaticamente para outras folhas.

1. Membros da Equipa de Análise de Risco				
#	Nome	Iniciais	Organização	Cargo
1	Elemento 1	MEAR_1	ORG 1	Cliente
2	Elemento 2	MEAR_2	ORG 2	Gestor de Projeto
3	Elemento 3	MEAR_3	ORG 3	Projetista
4	Elemento 4	MEAR_4	ORG 4	Projetista

Fig. 7 – Introdução dos dados iniciais relativos aos elementos da Equipa de Análise de Risco

Na segunda parte desta folha, cada elemento da Equipa atribuirá as respetivas classificações atribuídas à “Severidade” e “Ocorrência” para todos os Modos de Falha considerados.

À direita do quadro de graduações individuais surgem, para a Severidade e Ocorrência de cada Modo de Falha, os valores correspondentes à Média aritmética das graduações e respetivo Desvio-Padrão (DP). As células relativas ao DP surgem, automaticamente, coloridas de verde, amarelo ou vermelho, conforme a dimensão deste.

Sendo as graduações sempre atribuídas numa escala de 1-10, considerou-se que:

- DP abaixo de 1,5 (células a verde) corresponde a situações em que as opiniões dos membros da Equipa são relativamente próximas, logo não necessitando de reanálise;
- a amarelo surge DP entre 1,5 e 3,0, refletindo já alguma divergência e recomendando uma nova discussão que poderá, ou não, levar a modificação de graduações;

3. Diagrama de Graduação do Risco

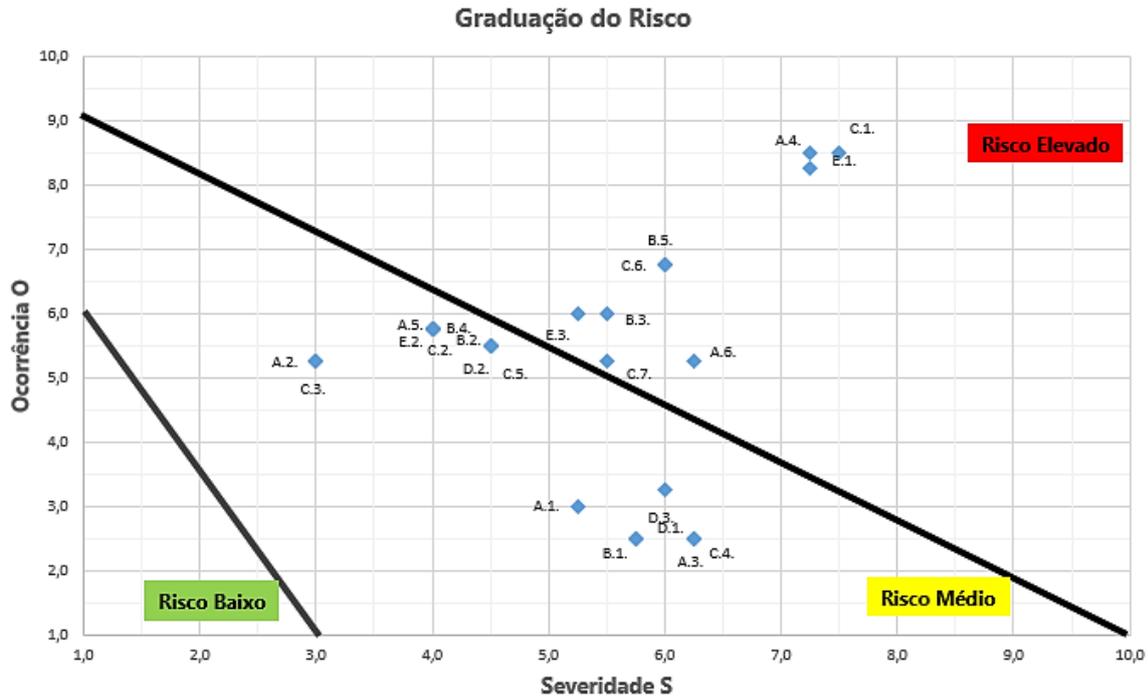


Fig. 9 – Diagrama de graduação do risco para todos os Modos de Falha considerados

4.4.2. PONDERAÇÃO DE RESULTADOS

O modelo proposto permite, igualmente, que os membros da Equipa de Análise de Risco possam atribuir diferentes a cada situação de Contexto e a cada Modo de Falha, conforme os considere com maior ou menor relevância para o caso em estudo. O processo dessa atribuição é apresentado na figura seguinte.

4. Ponderação dos Resultados pelos Membros da Equipa de Análise de Risco											
<i>Nota: esta secção apenas deverá ser preenchida após a conclusão consensual da secção 2.</i>											
Contexto	Âmbito	MEAR_1		MEAR_2		MEAR_3		MEAR_4		S médio	O médio
		% Cont	% Âmb								
A. Condicionantes Prévias	A.1. Estudos Prévios	25,0%	10,0%	5,0%	60,0%	30,0%	15,0%	15,0%	10,0%	5,25	3,00
	A.2. Levantamento Topográfico		10,0%		5,0%		15,0%		10,0%	3,00	5,25
	A.3. Estudo Geológico-Geotécnico		20,0%		10,0%		10,0%		10,0%	6,25	2,50
	A.4. Processos de Aquisição ou Expropriação		30,0%		5,0%		15,0%		50,0%	7,25	8,50
	A.5. Declaração de Impacte Ambiental		20,0%		10,0%		30,0%		15,0%	4,00	5,75
	A.6. Consignações		10,0%		10,0%		15,0%		5,0%	6,25	5,25
			100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		
B. Condicionantes de Projeto	B.1. Trabalhos a Mais, Imprevistos e de Oportunidade	30,0%	40,0%	5,0%	45,0%	30,0%	40,0%	25,0%	30,0%	5,75	2,50
	B.2. Tipo de Intervenção		30,0%		10,0%		20,0%		30,0%	4,50	5,50
	B.3. Perfil dos Destinatários da Obra		10,0%		20,0%		15,0%		10,0%	5,50	6,00
	B.4. Experiência da Equipa de Projeto		5,0%		5,0%		10,0%		10,0%	4,00	5,75
	B.5. Revisão de Projeto		15,0%		20,0%		15,0%		20,0%	6,00	6,75
			100,0%		100,0%		100,0%		100,0%		

C. Condicionantes de Execução	C.1.	Condições Climáticas	20,0%	30,0%	75,0%	40,0%	15,0%	45,0%	25,0%	30,0%	7,50	8,50
	C.2.	Experiência do Empreiteiro e Equipas de Trabalho		20,0%		10,0%		10,0%		20,0%	4,00	5,75
	C.3.	Comprometimento do Empreiteiro		15,0%		5,0%		15,0%		20,0%	3,00	5,25
	C.4.	Composição das Equipas de Trabalho		10,0%		10,0%		10,0%		10,0%	6,25	2,50
	C.5.	Responsabilidade dos Subempreiteiros		10,0%		5,0%		5,0%		5,0%	4,50	5,50
	C.6.	Máquinas e Equipamentos a Utilizar		5,0%		10,0%		5,0%		10,0%	6,00	6,75
	C.7.	Segurança/ Acidentes de Trabalho		10,0%		20,0%		10,0%		5,0%	5,50	5,25
			100,0%		100,0%		100,0%		100,0%			
D. Condicionantes de Estaleiro	D.1.	Condições da área do Estaleiro	15,0%	20,0%	10,0%	15,0%	10,0%	20,0%	10,0%	15,0%	5,75	2,50
	D.2.	Acessibilidades		65,0%		75,0%		60,0%		60,0%	4,50	5,50
	D.3.	Existência/ Presença de Animais		15,0%		10,0%		20,0%		25,0%	6,00	3,25
			100,0%		100,0%		100,0%		100,0%			
E. Condicionantes de Fornecimento	E.1.	Fornecimento/ Entrega de Materiais	10,0%	55,0%	5,0%	40,0%	15,0%	45,0%	25,0%	50,0%	7,25	8,25
	E.2.	Tipologia dos Materiais Utilizados		40,0%		45,0%		40,0%		40,0%	4,00	5,75
	E.3.	Adiantamentos		5,0%		15,0%		15,0%		10,0%	5,25	6,00
			100,0%		100,0%		100,0%		100,0%			

Fig. 10 – Atribuição de pesos a cada situação em análise

4.4.3. RESULTADOS AGREGADOS

Como conclusão, tendo igualmente o objetivo de poder constituir-se como Relatório Final, as graduações individuais dos membros, por Contexto de Risco, são recolhidas e são apresentados gráficos de radar a partir dos valores das médias da “Severidade” e “Ocorrência”, já ponderadas com os pesos atribuídos na folha anterior.

Nestes gráficos de radar cada membro surge com uma cor diferente, sendo possível perceber quais os contextos que já reúnem consenso entre os elementos da Equipa de Análise de Risco e quais os que, eventualmente, possam ainda requerer reavaliações mais profundas. Nas figuras seguintes surgem exemplos destas informações.

5. Resultados Agregados por Contexto de Risco e Membros da Equipa de Análise de Risco								
Contexto	MEAR_1		MEAR_2		MEAR_3		MEAR_4	
	S	O	S	O	S	O	S	O
A. Condicionantes Prévias	5,68	5,55	5,31	3,84	5,09	5,28	5,99	6,45
B. Condicionantes de Projeto	5,30	4,55	5,54	4,51	5,33	4,59	5,23	4,93
C. Condicionantes de Execução	5,43	6,15	6,10	6,49	5,93	6,58	5,38	6,21
D. Condicionantes de Estaleiro	4,98	4,56	4,84	4,83	5,05	4,45	5,06	4,49
E. Condicionantes de Fornecimento	5,85	7,14	5,49	6,79	5,65	6,91	5,75	7,03

Fig. 11 – Apresentação das médias já ponderadas em função dos pesos atribuídos a cada Âmbito e para cada Contexto em análise

Resultados Agregados - Severidade S

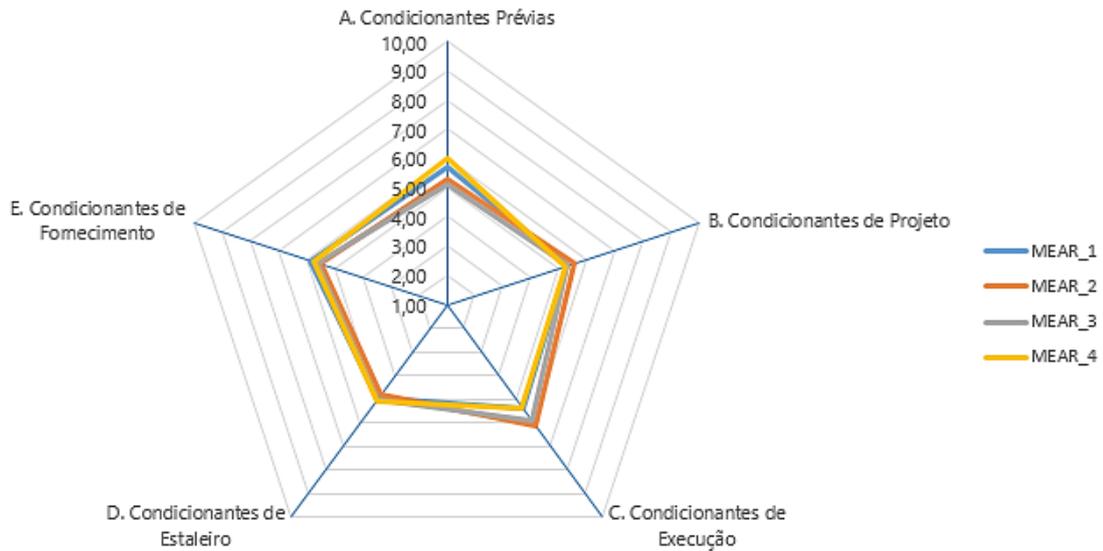


Fig. 12 – Gráfico de radar para o parâmetro "Severidade"

Resultados Agregados - Ocorrência O

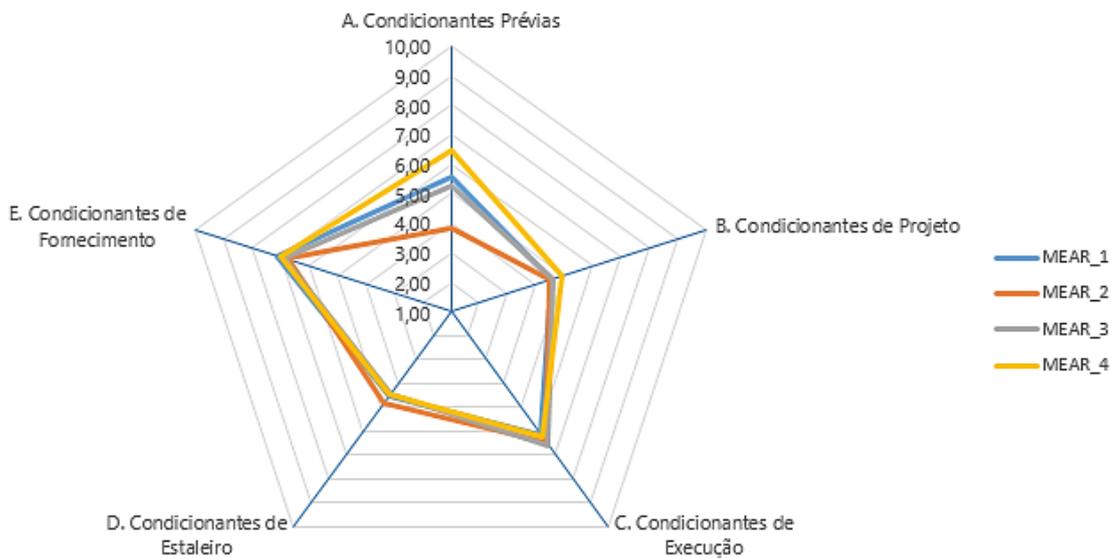


Fig. 13 – Gráfico de radar para o parâmetro "Ocorrência"

Com relativa facilidade se compreende que para este caso de estudo (meramente exemplificativo) o maior problema estaria no contexto das "Condicionantes Prévias" para o parâmetro da "Ocorrência". Neste caso verifica-se uma discrepância muito acentuada que teria de ser repensada e reavaliada.

Percebe-se que não serão necessários mais esforços para reunir consenso em casos como o do contexto das “Condicionantes de Estaleiro”, onde é visível uma avaliação constante entre todos os elementos da Equipa de Análise de Risco.

O objetivo será obter gráficos de radar em que exista a maior sobreposição possível entre as avaliações ponderadas de todos os elementos da Equipa, mesmo que para isso seja necessário recorrer a reavaliações para chegar a um consenso sobre os pesos a atribuir a cada situação analisada.

Para finalizar o processo de tratamento dos resultados da avaliação dos riscos é importante que se desenvolva uma súmula das conclusões finais, isto é, possibilitar que os membros da Equipa, de acordo com a sua sensibilidade e experiência, possam expressar as suas opiniões sem estarem rigidamente ligados a uma graduação de escala pré-estabelecida. Assim, no final desta última folha, surge um espaço para o registo destas contribuições, como se pode verificar na figura seguinte.

6. Comentários dos Membros da Equipa de Análise de Risco											
Elemento 1		MEAR_1									
Elemento 2		MEAR_2									
Elemento 3		MEAR_3									
Elemento 4		MEAR_4									

Fig. 14 – Espaço destinado a comentários explicativos das conclusões da Análise de Risco desenvolvida

5

CONCLUSÕES

5.1. CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS

O desenvolvimento de escalas de graduação para avaliação da “Severidade” e “Ocorrência” direcionadas à aplicação da metodologia da FMEA em projetos de construção requer um conhecimento detalhado das características das atividades envolvidas em todo o processo construtivo: desde os procedimentos que antecedem o Projeto até à fase construtiva propriamente dita. Só assim será possível equacionar todos os riscos inerentes ao desenvolvimento de um empreendimento, numa tentativa de os minimizar tanto quanto possível e de permitir dedicar maior atenção às atividades consideradas de maior risco.

Não é simples criar padrões de situações que permitam caracterizar os níveis de risco para graduar “Severidade” e “Ocorrência” quando o objeto de análise é um processo que abrange um vasto número de atividades, todas elas com características particulares, com variações de empreendimento para empreendimento. Ao contrário da maioria das indústrias onde a FMEA é aplicada, no setor da construção a produção não apresenta sempre os mesmos procedimentos e os produtos têm normalmente características muito distintas: cada caso é um caso. Assim, para o desenvolvimento das fichas apresentadas nesta dissertação, foi essencial, não só uma pesquisa profunda acerca do processo construtivo e todo um conjunto de noções adquiridas ao longo do percurso académico no MIEC e, particularmente, na especialização em Construções, mas também a contribuição fundamentada pela experiência profissional do orientador desta dissertação.

À parte das dificuldades encontradas ao nível da organização de situações-padrão que permitissem a criação de fichas de utilização simples e inequívoca para os responsáveis pelo desenvolvimento da Análise de Risco utilizarem no processo de graduação da “Severidade” e “Ocorrência”, ficou comprovada a aplicabilidade do método ao setor da construção civil. É possível desenvolver escalas para graduar os parâmetros da “Severidade” e “Ocorrência”, cruciais à aplicação da metodologia da FMEA, abrangendo a grande maioria das situações que podem ocorrer nas variadas fases de um projeto de construção incutindo alguma objetividade ao método e fazendo dele uma técnica de Análise de Risco também útil na indústria da construção. Ainda assim, o contributo pessoal de cada interveniente no processo da aplicação do método é importante para o sucesso da Análise de Risco desenvolvida.

Atendendo às limitações de tempo para o desenvolvimento desta dissertação, foram produzidas fichas em número suficiente para cobrir os aspetos mais relevantes de uma Análise de Risco direcionada aos projetos de construção. Ainda que não seja uma ferramenta de carácter tão exaustivo quanto as situações de risco associadas o requeiram, a proposta aqui sugerida apresenta-se num formato que pode ser melhorado e ampliado em função das necessidades do projeto de forma relativamente fácil, uma vez que a o molde está trabalhado, as principais áreas definidas e os maiores riscos identificados.

As fichas apresentadas como ferramenta para a graduação dos parâmetros “Severidade” e “Ocorrência” permitem uma ponderação entre níveis de risco consoante a situação do projeto de construção em estudo se aproxime mais, ou menos, da situação descrita no nível de risco superior ou inferior, fazendo um paralelo entre o conjunto de situações-padrão e a escala numérica de leitura intuitiva que as acompanha. Essa ponderação é da responsabilidade de cada elemento da Equipa de Análise de Risco, sendo aí que a avaliação de cada um é mais importante, ainda que apresente caráter subjetivo. Dada a subjetividade da questão, é fundamental que exista uma forma de atingir uma avaliação da “Severidade” e “Ocorrência” o mais consensual possível. É neste aspeto que o tratamento dos dados resultantes da avaliação desenvolvida pela Equipa de Análise de Risco tanto no que diz respeito às tabelas com as médias e desvios-padrão das avaliações como a visualização dos resultados em forma de gráfico de radar se tornam elementos-chave neste processo, sugerindo-se uma reavaliação sempre que se verifiquem situações de grande discrepância entre as propostas de avaliação dos elementos da Equipa, buscando a melhor Análise de Risco possível.

A possibilidade de atribuir pesos distintos a cada contexto analisado nas fichas permite adequar a sua aplicação ao contexto de cada obra, sendo igualmente importante que, numa fase final da avaliação de risco, os elementos da Equipa concordem no que diz respeito aos pesos atribuídos. Esta é uma mais-valia da proposta de tratamento de resultados apresentada: permitir a adaptação do procedimento às características do projeto que está a ser analisado, tal como acontece com as fichas sugeridas.

Conclui-se, portanto, que os principais objetivos a que esta dissertação se propôs foram conseguidos: foram criadas escalas de graduação para a “Severidade” e “Ocorrência” de utilização intuitiva e o mais objetiva possível, dentro do que é plausível no contexto do setor construtivo, a par de sugestões de tratamento dos resultados obtidos pela Equipa de Análise de Risco em função da aplicação das fichas como ferramenta da avaliação dos dois referidos parâmetros fulcrais na aplicação da metodologia da FMEA.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A proposta desenvolvida nesta dissertação não tinha, como já referido, a ambição de ser uma ferramenta com desenvolvimento de caráter exaustivo. Desta forma, sugere-se uma ampliação do número de Modos de Falha abrangidos pelas escalas de graduação propostas, ampliando-se a lista de Modos de Falha, tanto em termos específicos como introduzindo outros Contextos, abordando assim a globalidade dos riscos associados aos projetos de construção.

Seria igualmente interessante desenvolver conjuntos de Modos de Falha apropriados à aplicação da metodologia da FMEA a cada tipo de obra específico, isto é, organizando-os segundo as necessidades e características próprias da tipologia de obra a desenvolver.

Sugere-se também a introdução de uma fase de análise preliminar que consista numa pré-seleção, desenvolvida pela Equipa de Análise de Risco, de um conjunto de Modos de Falha de entre todos os pertencentes à lista elaborada de forma mais exaustiva. Desta forma a Análise de Risco concentrar-se-á num número de Modos de Falha significativo, mas não excessivo, permitindo à Equipa debruçar-se sobre os riscos mais relevantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelgawad, M., Fayek, R., (2012). *Comprehensive hybrid framework for risk analysis in the construction industry using combined failure mode and effect analysis, fault trees, event trees and fuzzy logic*. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 138, No. 5, p. 642-651, ASCE.
- Akintoye, A., MacLeod, M., (1997). *Risk analysis and management in construction*. International Journal of Project Management, Vol. 15, No. 1, p. 31-38, Elsevier Science Ltd e IPMA, Great Britain.
- Antunes, P., (2012). *Desvios de prazos e de custos na execução de empreitadas de obras públicas*. Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – especialização em Construção e Estruturas, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Arditi, D., Gunaydin, H., (1998). *Factors that affect process quality in the life cycle of building projects*. Journal of construction engineering and management, Vol. 124, No. 3, p. 194-203, ASCE.
- CIB W080, (2005). *State of the art report on “Failure modes effects and criticality analysis research for and application to the building domain”*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 310, CIB Report.
- Costa, J., (2015) *Apontamentos da Unidade Curricular Qualidade na Construção*. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, especialização em Construções. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Dumbrava, V., Iacob, V., (2013). *Using probability – impact matrix in analysis and risk assessment projects*. Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology.
- Freitas, L., (2011). *Manual de segurança e saúde do trabalho*. Edições Sílabo, Lda., Lisboa.
- Marques, R., (2013). *FMEA – Failure Mode and Effect Analysis*. Disponível em: http://www.academia.edu/5068664/FMEA_Failure_Mode_and_Effect_Analysis. 18 de fevereiro de 2016.
- Matos, A., (2013). *Análise e gestão de risco na internacionalização de empresas do sector da construção*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — especialização em Construções, FEUP.
- Mecca S., Masera M., (1999). *Technical risk analysis in construction by means of FMEA methodology*. 15th Annual ARCOM Conference (Hughes, W., ed), Liverpool John Moores University, Vol. 2, p. 425-434, Association of Researchers in Construction Management, Liverpool.
- Ministério da Segurança Social e do Trabalho, (2003). Decreto-Lei nº273/2003, de 29 de outubro, publicado no Diário da República, 1^a série – Nº 251. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/120457>.
- Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, (2000). Decreto-Lei nº69/2000, de 3 de maio, publicado no Diário da República, 1^a série – Nº 102. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/112802>.
- Moreira, M., Bernardes, S., (2003). *Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro.
- Moura, H., Teixeira, J., (2007). *Competitividade e incumprimento das funções de gestão na construção*. 3º Congresso Nacional, Congresso Construção 2007, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Nielsen, A., (2002). *Use of FMEA – failure modes effects analysis on moisture problems in buildings*. 6th Nordic Symposium, Building Physics, Borås.

Norris, C., Perry, J., Simon, P., (1992) *Project risk analysis and management*. Association for Project Management.

Ordem dos Engenheiros, (2006). *Recomendações da ordem dos engenheiros para redução dos desvios de custos e de prazos nas empreitadas de obras públicas*. Disponível em: http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/pareceres_propostas/recomendacoes_obraspublicas.pdf. 23 de fevereiro de 2016.

Paciarotti, C., Mazzuto, G., D’Etorre, D., (2014). *A revised FMEA application to the quality control management*. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 31, No. 7, p. 788-810, Emerald Group Publishing Limited.

Palady, P., (1998). *Failure modes & effects analysis: risk analysis and risk management*. PAL Publications, USA.

Pereira, A., (2013). *Planeamento de obras – fatores preponderantes que possibilitem o controlo de custos e o cumprimento de prazos no final de obras de reabilitação*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — especialização em Construções, FEUP.

Pinto-Faria, J., (2015). *A Análise de Risco em investimentos do tipo de parcerias público-privadas*. Tese submetida para satisfação dos requisitos do Programa Doutoral em Engenharia Civil (PRODEC), FEUP.

PMI – Project Management Institute, (2013). *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)* - Quinta edição, PMI Publications, EUA.

Posso, R., Estorilio, C., (2009). *Identificação dos fatores de influência na aplicação do método Failure Mode and Effect Analysis - FMEA de processo: um estudo em produtos estampados*. Produto & Produção, Vol. 10, No. 2, p. 87-107.

Rodrigues, M., (2009). *Análise de Risco em projectos de construção*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — especialização em Construções, FEUP.

Santos, F., Cabral, S., (2008). *FMEA and PMBOK applied to project risk management*. Journal of Information Systems and Technology Management, Vol. 5, No. 2, p. 347-364, TECSI FEA USP, Brazil.

Segismundo, A., Miguel, P., (2008). *Failure mode and effects analysis (FMEA) in the context of risk management in new product development – a case study in an automotive company*. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 25, No. 9, p. 899-912, Emerald Group Publishing Limited.

Silva S., Fonseca M., Brito J., (2006). *Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios*. QIC 2006 Encontro nacional sobre qualidade e inovação na construção, 21 a 24 de novembro, LNEC, Lisboa.

Toledo, J., Amaral, D. *FMEA - Análise do tipo e efeito de falha*. GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade. Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. 18 de fevereiro de 2016.

Tribunal de Contas, (2015). *Relatório n.º 01/2015 - 2.ª Secção - Empreendimentos de obras públicas - Auditoria de seguimento às recomendações formuladas no Relatório n.º 17/2009-2.ª Secção*. Disponível em: http://www.tcontas.pt/pt/actos/rel_auditoria/2015/2s/audit-dgtc-rel001-2015-2s.shtm. 23 de fevereiro de 2016.

Wehbe F., Hamzeh F., (2013). *Failure mode and effect analysis as a tool for risk management in construction planning*. Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Production System Design, Fortaleza.

Zou, P., Zhang G., Wang J., (2007). *Understanding the key risks in construction projects in China*. International Journal of Project Management, Vol. 25, p. 601-614, Elsevier Ltd e IPMA.

<http://www.edp.pt/pt/aedp/governosocietario/gestaodorisco/Pages/RiskManagement.aspx>. Consultado em 10 de março de 2016.

<http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/risco> Consultado em 10 de março de 2016.