



Universidade do Minho

Departamento de Engenharia Civil

José Paulo Araújo Soares

**Análise das metodologias de cálculo do risco
aplicáveis a projetos de construção**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

Perfil de Construções

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor José Manuel Cardoso Teixeira

Agradecimentos

Após a realização desta dissertação, gostaria de expressar os meus mais sinceros agradecimentos, a todas as pessoas e entidades, que de alguma forma contribuíram para este estudo.

Agradeço ao Professor Doutor José Manuel Cardoso Teixeira pela orientação da presente dissertação e que, com a sua experiência e conhecimentos acompanhou o seu desenvolvimento. As suas revisões, recomendações e cordialidade com que sempre me recebeu foram preponderantes para que esta dissertação fosse possível.

Agradeço os meus pais, irmão e a toda a minha família, pelo amor e apoio incondicional, pelas palavras de conforto e por terem acreditado nas minhas capacidades ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao meu grande amigo David Alves e a todos os colaboradores do gabinete Patrício Pereira Lda., pela disponibilização do projeto para o caso de estudo, apreciação dos riscos, e toda a ajuda prestada ao longo da realização desta dissertação.

Agradeço a todos os amigos e colegas de mestrado, pela amizade, ajuda e incentivo durante todo o processo, em especial ao Jorge Gonçalves.

Resumo

Historicamente, a abordagem de gestão de riscos em projetos de construção é subvalorizada e poucas vezes aplicada na prática. Grande parte dos projetos de construção, principalmente os que se apoiam em equipas pequenas, não apresenta recursos de gestão suficientes para garantir uma abordagem consciente e sistemática no controle de riscos do projeto. É de extrema importância que os riscos sejam corretamente avaliados, e os desvios de custo associados às diversas fases que compõem os empreendimentos de construção, devidamente estimados e orçados.

Além de fornecer uma revisão da literatura sobre as metodologias e conceitos dos riscos na construção, a presente dissertação examina como os métodos probabilísticos podem ser usados para desenvolver um modelo estratégico, reunindo uma compreensão explícita dos riscos que os projetos de construção enfrentam.

Com base em estudos e bibliografia adequada, selecionou-se o *software* mais adequado à aplicação e estudo de um sistema de gestão de riscos em projetos de construção. Verificou-se que *softwares* de modelação e simulação de Monte Carlo, em particular o aplicativo *Crystal ball*, apresentam as melhores ferramentas no estudo dos riscos em projetos de construção.

É proposta uma metodologia com base em procedimentos genéricos para a aplicação da gestão de riscos em projetos de construção, que é adequadamente simples e completa para projetos tipicamente menores. Nesta, expõe-se a utilização e aplicação do *software* selecionado na quantificação dos riscos em projetos de construção.

A metodologia tem uma aplicação objetiva e prática num sistema de gestão de riscos associado a uma moradia unifamiliar. Desta análise foi possível analisar os riscos mais relevantes no projeto, classificá-los, propor soluções para reduzir ou mitigar esses fatores de risco, avaliar o nível de contingência no custo e, tirar todas as conclusões sobre as capacidades e limitações do sistema na área da construção.

Abstract

Historically, the risk management approach in construction projects is undervalued and rarely applied. A big part of construction projects, especially those that depend on small teams, don't have the necessary resources in project management to ensure a conscious and organized risk management approach. It is extremely important that the risks are properly evaluated and the deviations of cost, in the various stages of the construction projects, properly estimated and planned.

In addition to providing a review of the literature on methodologies and concepts of risks in construction, this thesis examines how probabilistic methods can be used to develop a strategic model, combining an explicit understanding of the risks that construction projects faces.

Based on studies and adequate bibliography, the most appropriate software was selected for the application and study of a risk management system in construction projects. It was found the software's that use Monte Carlo's simulation, in particular the Crystal Ball application, present the best tools to the study of risks in construction projects.

A methodology is proposed, based on generic procedures for risk management in construction projects, that is an appropriately simple and complete solution for typically smaller projects. In this it is demonstrated the use and application of the selected software in the quantification of risks in construction projects.

The methodology has a practical and objective application in a risk management system applied to a single-family house project. From this analysis it was possible to pinpoint the most relevant risks of the project, categorize them, propose solutions to reduce or mitigate those risk factors, calculate the level of contingency cost, and take all conclusions about the capabilities and limitations of the system in the construction field.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de figuras	xii
Índice de tabelas	xiii
1) Introdução.....	1
1.1) Enquadramento do tema	1
1.2) Objetivo	4
1.3) Metodologia.....	5
2) Revisão bibliográfica.....	7
2.1) Definições.....	7
2.2) Princípios e importância da gestão dos riscos	9
2.3) Gestão do risco em projetos de construção	12
2.4) Processo de gestão do risco	21
2.4.1) Planeamento do estudo dos riscos.....	23
2.4.2) Identificação dos riscos.....	24
2.4.3) Análise e avaliação dos riscos.....	26
2.4.4) Responder a riscos	28
2.4.5) Monitorizar e controlar os riscos	29
2.5) Aplicativos informáticos para a gestão de riscos	30
2.5.1) BlockSim.....	31
2.5.2) HAZOP Manager	32
2.5.3) FMEA-PRO	33
2.5.4) Simulação de Monte Carlo.....	34

2.6) Seleção do <i>software</i>	35
3) Metodologia proposta.....	39
3.1) Objetivos da metodologia.....	39
3.2) Pressupostos da metodologia.....	40
3.3) Base de dados – Lista de riscos	41
3.3.1) Atualização da base de dados	42
3.4) Identificação dos riscos associados à obra	43
3.5) Análise quantitativa	44
3.5.1) Probabilidade do risco.....	44
3.5.2) Impacto do risco.....	45
3.5.3) Avaliação global do risco.....	47
3.6) Alocação do risco	47
3.7) Avaliação do risco	49
3.7.1) Categorias de risco.....	49
3.7.2) Análise de sensibilidade.....	49
3.7.3) Análise da contingência	50
4) Caso de estudo.....	53
4.1) Pressupostos	53
4.2) Apresentação do projeto	54
4.3) Aplicação da metodologia	57
4.3.1) Base de dados – riscos da empresa	57
4.3.2) Identificação dos riscos associados à obra.....	58
4.3.3) Análise quantitativa	59
4.3.4) Alocação do risco.....	61
4.3.5) Avaliação do risco.....	62
5) Conclusões	71
6) Investigações futuras	73

7) Bibliografia.....	75
8) Anexos.....	79

Índice de figuras

Figura 1: Integração da gestão do risco com outras funções na gestão do projeto (adaptado de BurtonShAw-Gunn (2009))	9
Figura 2: Benefícios da gestão do risco (adaptado de BurtonShAw-Gunn (2009)).....	11
Figura 3: Exemplo de uma estrutura analítica dos riscos (adaptado do Guia PMBOK, 2004).....	14
Figura 4: Processo de gestão de riscos	22
Figura 5: Imagem ilustrativa da interface do programa BlockSim	31
Figura 6: Imagem ilustrativa da interface do programa HAZOP Manager.....	32
Figura 7: Imagem ilustrativa da interface do programa FMEA-PRO	33
Figura 8: Estrutura metodológica	40
Figura 9: Exemplo de uma distribuição triangular (<i>software Crystal Ball</i>)	46
Figura 10: Exemplo de cálculo do Risco Global.....	47
Figura 11: Exemplo de apresentação do gráfico da análise de sensibilidade (<i>software Crystal Ball</i>)	50
Figura 12: Exemplo gráfico de probabilidade frequente e probabilidade cumulativa frequente (<i>Software Crystal ball</i>)	51
Figura 13: Projeto de implantação.....	54
Figura 14: Alçados	55
Figura 15: Estudo 3D.....	55
Figura 16: Local de implantação	56
Figura 17: Terreno de implantação.....	56
Figura 18: Acesso ao terreno	57
Figura 19: Análise de sensibilidade.....	63
Figura 20: Envolvente do local de implantação	64
Figura 21: Gráfico de probabilidade frequência e de probabilidade frequência cumulativa	67
Figura 22: Curva de probabilidade cumulativa	67

Índice de tabelas

Tabela 1: Exemplo de uma matriz de análise qualitativa (adaptado de Cooper <i>et al.</i> 2005).....	27
Tabela 2: Aplicativos informáticos.....	34
Tabela 3: Avaliação global dos <i>softwares</i> (adaptado de Metzger, <i>et al.</i> (s.d)).....	36
Tabela 4: Probabilidade dos riscos (criada pelo autor).....	44
Tabela 5: Categorias a considerar (criada pelo autor)	48
Tabela 6: Matriz de alocação (criada pelo autor)	48
Tabela 7: Lista de riscos associados ao caso de estudo.....	58
Tabela 8: Quantificação das probabilidades associadas aos riscos identificados.....	59
Tabela 9: Quantificação do impacto associado aos riscos identificados	60
Tabela 10: Determinação do Risco Global.....	60
Tabela 11: Valores das diferentes categorias da obra (valores em euros).....	61
Tabela 12: Índices de alocação dos riscos	61
Tabela 13: Avaliação da categoria de risco	62
Tabela 14: Percentil e valores de contingência	68
Tabela 15: Percentagem de contingência	69

1) Introdução

1.1) Enquadramento do tema

Todas as organizações que se disponham atingir um determinado objetivo, sofrem influências positivas ou negativas, implicadas pelo meio externo e pelo próprio meio interno. Determinadas influências vão marcar a obtenção do sucesso ou do fracasso na conclusão do projeto. Torna-se preponderante na busca pelo sucesso, que sejam identificadas, analisadas e geridas todas as incertezas, perigos e riscos no processo de desenvolvimento dos objetivos da empresa.

Todos os projetos envolvem risco. Este não é puramente intuitivo. O reconhecimento e o tratamento do risco tem a probabilidade de produzir um nível mais desejável no alcance dos objetivos do projeto, quanto mais eficiente for a sua aplicação. Risco envolve tanto a ameaça como a oportunidade. Organizações que entendam melhor a natureza dos riscos podem geri-los de modo mais eficiente, não só evitando eventos incalculados, mas trabalhando com maiores margens e menores contingências na sua mitigação (Chapman e Ward 2007).

Na prática empresarial, os riscos aumentam em tempos de crise. Neste âmbito, o risco no sector da construção deve ser analisado de forma global nas áreas de operação, de investimento e nas atividades que envolvam algum tipo de financiamento. É, portanto, fundamental que as empresas de construção adotem um sistema de gestão integrada de riscos, que antes de tudo, permitam identificar e quantificar de forma correta e com antecedência, todos os riscos que podem enfrentar. Este mecanismo permite aos executantes do projeto aplicar metodologias para responder de forma adequada a todos os problemas identificados (Tworek 2012).

Wideman (1992), afirma que a inexperiência em processos de gestão de riscos em muitos projetos revela o mau desempenho em termos de qualidade, tempo e custo na obtenção dos objetivos. Muitas dessas deficiências são atribuídas tanto a acontecimentos imprevistos (que poderiam ter sido antecipados por uma gestão de projetos apropriada) ou a eventos previstos, para os quais os riscos não foram totalmente estimados. A carência na gestão de riscos deve-se talvez, à pouca

compreensão dos conceitos, à falta de confiança nas técnicas usadas e à desconfiança nos resultados obtidos.

A cadeia produtiva da construção apresenta especificidades muito próprias, que a distingue dos restantes setores de atividade. Estas têm a ver não só com os aspetos técnicos inerentes à atividade, mas também, com aspetos sociais e tradições muito fortes. É do conhecimento geral que o setor da construção é uma atividade económica com um elevado nível de acidentes de trabalho, atrasos nos projetos, derrapagens nos custos e dificuldade em cumprir com as metas de qualidade propostas. Em comparação com muitas outras atividades, a construção está sujeita a mais riscos devido a características únicas, como, longa duração, processos complicados, ambiente imprevisível, intensidade financeira e estruturas organizacionais dinâmicas. Portanto, eliminar completamente os riscos de um projeto é uma tarefa realmente complicada, aliás, é muitas das vezes impossível, tornando-se de extrema importância que os mesmos sejam eficazmente geridos (Teixeira, et al. 2011).

Um projeto de construção envolve diversas atividades. Tais atividades podem incluir o planeamento, conceção, construção, manutenção e eventual desativação das estruturas construídas. A sua escala, dificuldade e complexidade variam enormemente, indo de trabalhos realizados por pequenos construtores, a empresas internacionais de construção com empreendimentos de longo prazo, de alto custo, com elevados riscos e, por vezes, inevitavelmente complexos.

Tendo por base todas as especificidades do setor, revela-se fundamental o conhecimento de ferramentas e técnicas capazes de reconhecer e gerir os riscos. Só desta forma é possível prever e atuar nas múltiplas áreas de gestão dos projetos de construção, seja, no planeamento da construção, nas práticas de conceção ou nas doutrinas de orçamentação. Por toda esta complexidade é necessário que as empresas modernizem os seus sistemas de gestão, a fim de se tornarem mais eficazes e competitivas.

Controlar o risco em projetos de construção é considerado um excelente veículo para o sucesso do projeto e o uso de *softwares* específicos facilitam o processo. Existe uma diversidade de aplicativos informáticos voltados para uma variedade de usuários

com uma pluralidade de necessidades, que vão desde simples programas baseados em folhas de cálculo até modelos mais sofisticados para analistas avançados. Apesar de existirem muitos pacotes de *software* disponíveis, é necessário avaliar as capacidades e potencialidades de gestão de riscos que oferecem. Uma caracterização efetiva das limitações e barreiras é essencial na escolha da ferramenta ideal a aplicar nos projetos de construção.

Verifica-se, na maioria dos projetos de construção, que o risco é estritamente considerado com base na experiência e a gestão de riscos é parcamente utilizada na prática. Neste contexto, a utilização de *softwares* de gestão de projetos e dos riscos inerentes aos mesmos, torna-se uma ferramenta cada vez mais valorizada pelas empresas, dado a agilização e a rapidez que proporciona a todo o processo. A crescente importância da gestão de projetos tem levado ao surgimento de novos e melhorados *softwares* de trabalho, e a aplicação dos mesmos a projetos de construção, deve ser habilitada e validada para promover o amadurecimento da área.

1.2) Objetivo

O trabalho proposto no âmbito desta dissertação assenta num objetivo central, o de criar um documento de ajuda na divulgação e consciencialização da importância da implementação de um sistema de gestão de riscos em projetos de construção, **selecionando um instrumento informático de análise** que possa ajudar os intervenientes na operacionalização prática da gestão do risco.

Em termos práticos, a presente dissertação pretende desenvolver uma abordagem simples e prática de um processo de análise de riscos de uma obra. Pretende-se uma análise das metodologias existentes de forma a integrá-las num processo suficientemente rigoroso para produzir uma visão dos riscos do projeto e os seus efeitos sobre o orçamento. Tendo subjacente a escala em que o estudo se desenvolve, prevê-se a criação de um processo de análise que quantifique explicitamente os riscos enfrentados na conceção e construção, bem como, o nível de tolerância ao risco dos decisores. Para o efeito, pretende-se o uso de um *software* através do qual será capaz de definir o valor de fundos de contingência de uma forma informada, o que dará uma visão sobre a gama geral de custos.

A metodologia proposta será aplicada a uma obra, para que **todos os pressupostos sejam examinados e todas as conclusões sobre a aplicabilidade da mesma sejam estudadas.**

1.3) Metodologia

Tendo em vista o cumprimento dos objetivos propostos foi realizada, numa primeira fase, uma pesquisa de bibliografia relacionada com a temática que permitiu compreender todos os conceitos fundamentais relacionados com a gestão do risco. Nesta fase introdutória faz-se uma definição de risco, abordam-se questões do tratamento informativo e importância que a gestão do risco tem nos projetos de construção. É feita uma abordagem do processo de gestão do risco relativamente às principais metodologias disponíveis. Analisou-se alguns artigos e estudos internacionais representativos ativos da implementação da gestão de risco em projetos de construção. Nesta fase de seleção de informação, realizou-se a triagem de alguns dos aplicativos informáticos disponíveis no mercado, capazes de executar a tarefa proposta. Com a análise da bibliografia considerada relevante, selecionou-se o *software* melhor classificado, sendo apresentados e explicados os critérios e as vantagens da escolha.

É proposta uma metodologia que preconiza a aplicação simples e prática de um processo de **análise do custo dos riscos** aplicado a um projeto. A metodologia baseia-se na utilização do aplicativo informático como suporte ao sistema de gestão de riscos. Descreve-se e analisa-se de que forma a utilização do programa pode apoiar a gestão do projeto na identificação, análise e quantificação dos principais fatores de risco, bem como, o impacto dos riscos sobre o custo do projeto.

Com o objetivo de validar a metodologia proposta, num outro capítulo é realizada a aplicação prática da metodologia a um projeto de construção, onde se faz o estudo dos riscos, associando os custos inerentes à conceção e construção.

Guarda-se um último capítulo onde são formuladas todas as conclusões e discutida a aplicabilidade e barreiras encontradas á aplicação da metodologia proposta e ao uso do *software* no âmbito de projetos de construção.

2) Revisão bibliográfica

2.1) Definições

A visão tradicional de risco define-o como uma situação em que um resultado é associado a um evento aleatório e incontrolável, decorrente de uma distribuição de probabilidade conhecida. Na bibliografia estudada, a palavra "risco" é apresentada de várias formas diferentes, no entanto, todas as definições apontam para a mesma interpretação: a possibilidade de perigo, perda, dano, inconveniência, prejuízo, ou a ocorrência de uma situação ou evento inoportuno.

A norma internacional para definições relacionadas com riscos é a *ISO/DIS 31000 - Risk management - Principles and guidelines on implementation* e define risco como o "efeito da incerteza nos objetivos". Esta definição parece assumir um certo nível de conhecimento sobre gestão de risco e não é fácil de aplicar à vida quotidiana. Confirmando esta definição, a *IEC/FDIS 31000* refere que um efeito pode ser positivo, negativo ou um desvio do esperado, e que o risco é muitas vezes descrito por um evento, uma alteração de circunstâncias ou uma consequência.

Os termos risco, incerteza e perigo são frequentemente associados, mas definitivamente não explicitam a mesma coisa. A incerteza é definida como a ocorrência de um evento sobre o qual pouco se sabe, enquanto o risco é o resultado de um evento que está previsto com base na probabilidade estatística. Incerteza existe quando há mais de um resultado possível e existe risco quando uma decisão é expressa em termos de uma série de resultados possíveis (Teixeira, et al. 2011).

De forma a ultrapassar e resolver as ambiguidades, Hubbard (2009) propõe as seguintes definições:

Incerteza – Ausência de certeza completa, implica a existência de mais do que uma possibilidade. O verdadeiro resultado ou consequência não é conhecido.

Medição da incerteza – Um conjunto de probabilidades atribuído a um conjunto de possibilidades. Por exemplo: “Há uma chance de 60% de chover amanhã, e uma chance de 40% de não chover”.

Risco – Uma situação de incerteza em que algumas das possibilidades envolvem perdas, acidentes ou outro resultado indesejável.

Medição do risco – Um conjunto de possibilidades, cada uma com probabilidades e prejuízos quantificados. Por exemplo: “ Acreditamos haver uma chance de 40% do poço de petróleo proposto ficar seco, com uma perda de US\$ 12 milhões em custos de prospeção.”

Segundo estas definições pode haver incerteza sem risco mas não risco sem incerteza. A então chamada definição objetiva de risco é aquela que interessa para o presente trabalho.

Em 1989, o DSMC (*Defense Systems Management College*), define o risco como a probabilidade de um evento indesejável ocorrer e o significado da consequência dessa ocorrência. A mesma instituição refere que para a determinação do nível de risco são necessários 3 registros:

- Probabilidade de acontecimento do evento: Esta variável pode ser estimada usando estatísticas baseadas na história. A teoria da probabilidade pode ser uma importante ferramenta na determinação deste parâmetro;
- A severidade das consequências caso o evento ocorra: esta variável requer que sejam identificadas as consequências e o grau de impacto que causam;
- A terceira requer um julgamento subjetivo da junção das duas primeiras.

2.2) Princípios e importância da gestão dos riscos

Todas as atividades de uma organização envolvem riscos que devem ser geridos. A gestão de riscos é um processo de tomada de decisão, tendo em conta a incerteza e a possibilidade de eventos futuros ou circunstâncias (intencionais ou não) e os seus efeitos sobre os objetivos pretendidos. (IEC/FDIS31010 2009).

Hubbard (2009) definiu a gestão de riscos como a identificação, avaliação e priorização de riscos seguido de aplicação coordenada e económica de recursos para minimizar, monitorizar e controlar a probabilidade e/ou o impacto de eventos infelizes. O processo de gestão de riscos pretende criar um sistema de tomada de decisão integrando os resultados obtidos da avaliação do risco de modo a estudar as medidas preventivas adequadas à situação.

O tema da gestão de riscos pode ter impacto sobre muitas facetas do projeto. Tendo em atenção esta preocupação, a gestão de riscos deve considerar todos os aspetos do projeto, desde o início e prolongada até ao final do projeto.

Simon A. BurtonShAw-Gunn (2009) reconhece a integração da gestão do risco com outras funções na gestão do projeto:

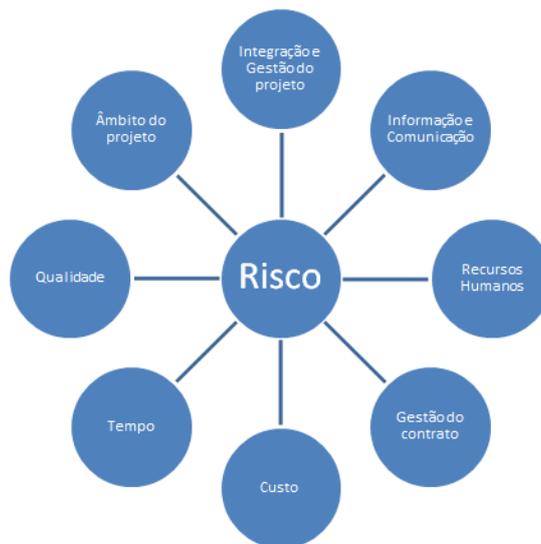


Figura 1: Integração da gestão do risco com outras funções na gestão do projeto (adaptado de BurtonShAw-Gunn (2009))

De acordo com a norma IEC/FDIS 31010, alguns dos principais benefícios da realização de avaliação de risco incluem:

- Compreender o risco e o seu potencial impacto sobre os objetivos da organização;
- Fornecer informações para os tomadores de decisão;
- Contribuir para a compreensão dos riscos, a fim de auxiliar na seleção das opções para o tratar;
- Identificação dos principais fatores de risco e pontos fracos nos sistemas e organizações;
- Comparação de riscos em sistemas alternativos, tecnologias ou abordagens;
- Comunicar riscos e incertezas;
- Ajudar com o estabelecimento de prioridades;
- Contribuir para a prevenção de incidentes com base em investigação após o incidente;
- Selecionar diferentes formas de tratamento de riscos.

Por outro lado, a FERMA, *Federation of European Risk Management Associations* (2003), apresenta uma visão mais organizacional sobre o tema. A gestão de riscos protege e acrescenta valor à organização e aos diversos intervenientes, apoiando da seguinte forma os objetivos da organização:

- Criação de uma estrutura na organização que permita que a atividade futura se desenvolva de forma consistente e controlada;
- Melhoria da tomada de decisões, do planeamento e da definição de prioridades, através da interpretação abrangente e estruturada da atividade do negócio, da volatilidade dos resultados e das oportunidades/ameaças do projeto;
- Contribuição para uma utilização/atribuição mais eficiente do capital e dos recursos dentro da organização;
- Redução da volatilidade em áreas de negócio não essenciais;
- Proteção e melhoria dos ativos e da imagem da empresa;
- Desenvolvimento e apoio à base de conhecimentos das pessoas e da organização;
- Otimização da eficiência operacional.

Simon A. BurtonShAw-Gunn (2009) esquematizou os benefícios da gestão dos riscos da seguinte forma:

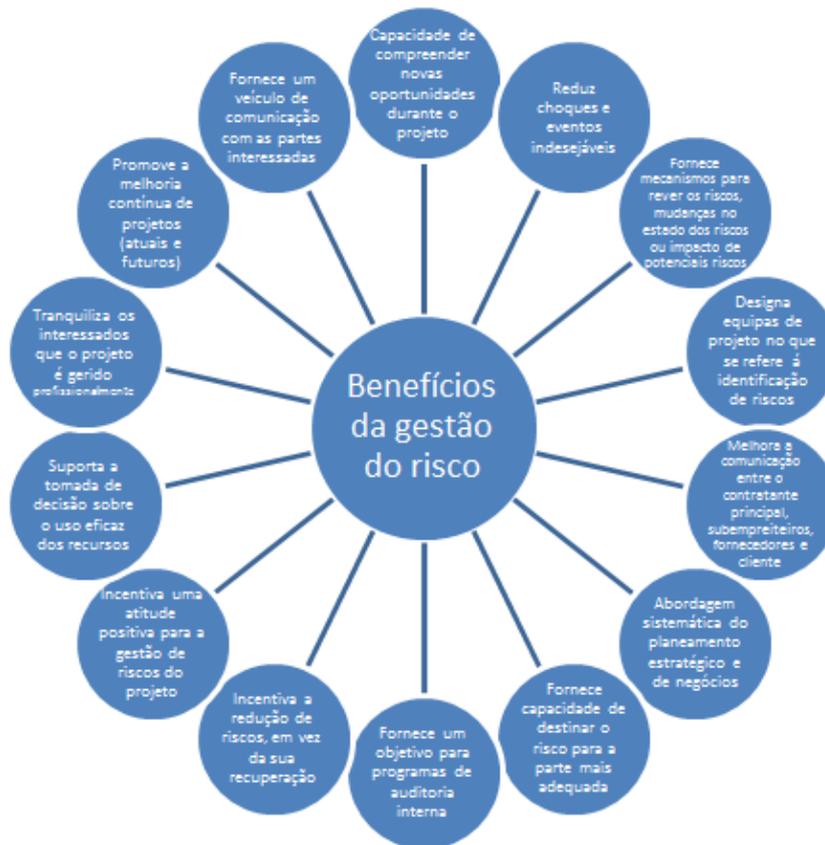


Figura 2: Benefícios da gestão do risco (adaptado de BurtonShAw-Gunn (2009))

A implementação da gestão do risco ambiciona melhorar o seu desempenho, pois passa a assegurar a conquista eficiente dos seus objetivos, encontrando oportunidades para aumentar os impactos positivos sobre os mesmos.

No entanto, a implementação da gestão de riscos traz com ela algumas desvantagens. A principal desvantagem está no custo. A fim de implementar a gestão dos riscos, as empresas terão de contratar analistas experientes na área externos à organização, ou noutra perspetiva, proporcionar meios para a formação de pessoas de dentro da organização. Todas estas operações trazem custos às organizações e os benefícios e a rentabilidade da sua aplicação devem ser aprovados. Portanto, fica ao encargo da organização verificar se a implementação de um sistema de análise de riscos é ou não economicamente viável.

Outra das desvantagens da gestão de riscos é o tempo que requer. Todas as variáveis de um sistema de gestão de riscos necessitam de tempo para a aplicação. Tempo que muitas vezes as organizações não dispõem ou que preferem canalizar para outras tarefas.

2.3) Gestão do risco em projetos de construção

A definição e gestão do risco varia com a especificidade e sofisticação da aplicação. No contexto do sector da construção, a definição torna-se muito mais difícil e a implementação mais complexa.

A gestão do risco é um processo que permite a análise e controlo dos riscos associados a um projeto. Corretamente realizado irá aumentar a probabilidade de conclusão bem-sucedida do projeto no que diz respeito ao custo, tempo e objetivos de desempenho (APM 2000).

A gestão do risco é provavelmente o aspeto mais difícil de gestão de projetos de construção. A gestão eficaz de um projeto deve ser capaz de reconhecer e identificar as causas dos riscos e traçar de forma eficiente o tratamento das suas consequências. Além disso, a gestão de riscos no contexto de gestão de projetos de construção é uma forma abrangente e sistemática de identificar, analisar e responder aos riscos para alcançar os objetivos do projeto. Um eficaz uso da gestão de risco desde as fases iniciais de um projeto é essencial.

Os benefícios do processo de gestão de risco incluem a identificação e análise de riscos, melhoria dos processos de gestão de projetos de construção e utilização eficaz dos recursos (Banaitis e Banaitiene 2012)

Segundo o Guia PMBOK (2004), a definição de risco está voltada integralmente para o ambiente de projetos e a gestão de riscos é um processo sistemático para identificar, analisar e responder aos riscos dentro dos projetos.

Chris Chapman e Stephen Ward (2007), concretizam em termos práticos que é essencial ver a gestão de risco do projeto como uma extensão importante do convencional planeamento do projeto, com o potencial de influenciar a conceção e as atividades a ele associadas.

Portanto, o risco no sector de construção deve ser analisado de forma global em todas as áreas de intervenção. É essencial que as empresas de construção adotem um sistema de gestão integrada de riscos que permita aos empreiteiros e aos projetistas identificar e quantificar de forma correta e com antecedência, todos os perigos que podem enfrentar. Uma gestão eficiente permite aos executantes do projeto aplicar metodologias para responder de forma adequada a todos os problemas identificados e desta forma, controlar os custos associados.

Os projetos de construção são sempre únicos, e os riscos advêm de inúmeras fontes. A classificação dos riscos em projetos de construção pode ser efetuada de acordo com a origem de cada risco. O *Project Management Institute* (2004) categorizou as classes de riscos nos projetos e propôs a seguinte abordagem:

- **Riscos relacionados com a parte técnica:** neste capítulo é reconhecida a utilização de tecnologias complexas ou não comprovadas no projeto, metas de desempenho irrealistas, mudanças na tecnologia empregue durante o projeto, responsáveis por alterar margens de qualidade e de desempenho.
- **Riscos Externos:** este parâmetro engloba mudanças na legislação ou regulamentos do país, problemas relacionados com os trabalhadores, mudança nas prioridades do proprietário do projeto, mudanças no clima.
- **Riscos relacionados com a organização:** falta de priorização nos projetos, inadequada ou interrupção dos recursos financeiros e riscos devidos a conflitos nos recursos humanos com outros projetos da organização.
- **Riscos relacionados com a gestão de projetos:** inadequada distribuição de tempo e recursos, má qualidade no plano do projeto, uso inadequado das disciplinas de gestão de projetos.

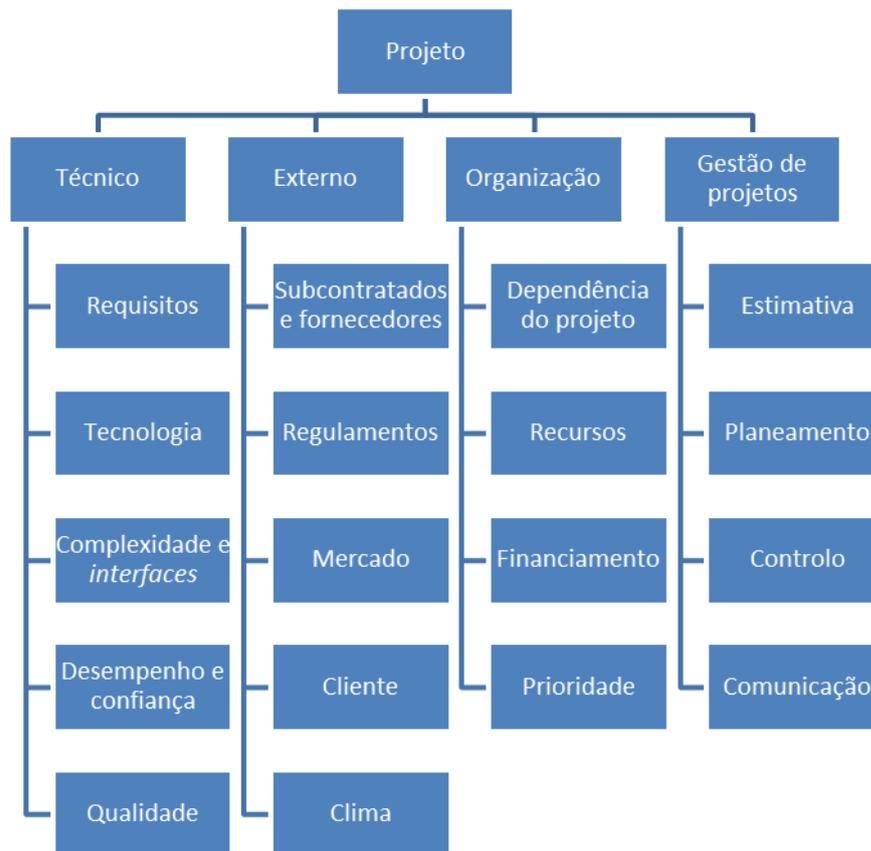


Figura 3: Exemplo de uma estrutura analítica dos riscos (adaptado do Guia PMBOK, 2004).

Da mesma forma, pode ser proposta uma categorização dos riscos associados aos projetos de construção mediante a sua origem (Teixeira, et al., 2011):

Riscos devido à construção:

- Mudanças no trabalho;
- Acessos à obra;
- Nível de detalhe do projeto fornecido pelo proprietário;
- Condições geológicas e geotécnicas do terreno da obra;
- Atraso nos desenhos e nas instruções do projeto;
- Acidentes de trabalho (dos trabalhadores ou da própria obra – colisões, incêndios, etc.);
- Disponibilidade de recursos e materiais;
- Danos a pessoas ou bens;
- Projeto defeituoso;
- Custo dos ensaios, dos testes e das amostras;

- Quantidades reais de trabalho;
- Disponibilidade e custo dos equipamentos.

Riscos financeiros e económicos:

- Inflação;
- Financiamento.

Riscos devido ao desempenho:

- Produtividade de trabalho e do equipamento;
- Adequação dos materiais e recursos;
- Trabalho defeituoso;
- Litígios laborais;
- Condução do trabalho impedindo o seu correto desempenho.

Riscos relativos à segurança:

- Vandalismo;
- Terrorismo;
- Corrupção;
- Assaltos;
- Negligência;
- Intrusão.

Riscos devido a fatores contratuais e legais:

- Atraso na resolução dos litígios laborais e/ou má resolução dos mesmos;
- Atrasos nos pagamentos dos contratos e extras;
- Pedido de alteração de negociação;
- Insolvência do empreiteiro e do subempreiteiro.

Riscos físicos:

- Condições geológicas e geotécnicas da superfície;
- Condições da sub-superfície e água subterrânea;
- Topografia;
- Catástrofes naturais.

Riscos políticos e sociais:

- Avaliação do solo para construção;
- Pressões ambientais;
- Desordem pública;
- Greves;
- Regulamentos (leis de segurança e do trabalho).

A gestão adequada dos diversos riscos requer uma sistemática abordagem para a identificação de problemas. Para assegurar uma abordagem sistemática eficaz, é necessário incluir a comunicação do risco por cada um dos intervenientes nas diversas funções, a fim de obter o máximo benefício do plano em termos de desempenho, custo e cronograma (DSMC 1989).

Pode-se afirmar que os projetos de construção são inerentemente atividades complexas e dinâmicas, que envolvem vários processos e um lote distinto de participantes. Indivíduos e organizações são ativamente envolvidos no projeto de construção. Diferentes participantes com diferentes experiências e competências geralmente têm diferentes expectativas e interesses. Isto, naturalmente, cria problemas e confusão, mesmo para os mais experientes gerentes de projetos.

É, portanto, necessário realçar que as relações entre as diversas partes podem ser complexas, mesmo na realização de tarefas muito simples. O envolvimento de várias pessoas num projeto introduz incertezas e ambiguidades em relação a (Chapman e Ward 2007):

- Perceção de papéis e responsabilidades;
- Comunicação;
- Capacidades das partes intervenientes;
- Condições contratuais;
- Mecanismos de coordenação e controle.

Por esta complexidade inter-relacional entre os intervenientes no projeto, muitos autores têm também reconhecido o valor da confiança dentro do projeto. É de realçar que a confiança é um elemento crítico na solução do risco. Confiança é argumentada

para melhorar a relação dentro das organizações, entre os principais participantes no desenvolvimento do projeto, tais como, proprietários, projetistas e empreiteiros. Para se verificar o sucesso de um projeto de construção, é necessário o alinhamento dos interesses do proprietário do projeto e os interesses da equipa de gestão do projeto.

Zou, Zhang e Wang (2006), apuraram as principais razões suscetíveis ao aparecimento de riscos, imputadas a clientes, projetistas, empreiteiros, subempreiteiros, órgãos governamentais e ao ambiente externo. Estas foram validadas em vários países, e os resultados obtidos semelhantes.

Clientes

"Cronograma apertado" foi classificada como a razão mais significativa entre todos os fatores apresentados. Isto mostra que a formulação de um cronograma apropriado na fase conceptual é essencial para o sucesso do projeto. O cliente deve preparar um calendário prático e flexível, permitindo tempo suficiente para acomodar todo o projeto e as atividades de construção. Visto o tempo e o custo estarem intimamente relacionados, um cronograma extenso sem dúvida que irá aumentar o custo do projeto.

"Alterações pelo cliente", esta variação pode resultar diretamente em mudanças no planeamento, no projeto e na construção. Estas "variações" possivelmente resultarão de duas razões: a mudança de ideias dos clientes ou o mal-entendido/má interpretação das necessidades dos clientes.

"Altas expectativas de desempenho/qualidade" é intrínseco na mente da maioria dos clientes, o que no entanto pode significar o sacrifício no custo e tempo do projeto. Assim, os clientes devem definir o desempenho/qualidade dos projetos propostos com base racional da sua própria vontade.

Projetistas

"Alterações do projeto", na fase de conceção podem resultar projetos defeituosos. Para evitar um projeto defeituoso, os projetistas devem entender completamente o que os clientes desejam, por forma a este não sofrer alterações em fases mais avançadas.

"Programação inadequada", muitas vezes surgem projetos com um cronograma apertado, o que leva a que algumas tarefas do programa tenham de ser reduzidas para

atender ao tempo disponível. Além disso, a incerteza envolve a maioria das atividades de construção, o que torna impossível prever com precisão o tempo necessário para as várias tarefas do plano de trabalhos.

Outra razão apontada é "Estimativa de custos incompleta ou imprecisa". Este parâmetro está diretamente relacionado com a competência e experiência dos projetistas. Como mencionado anteriormente, muitos fatores imprevistos abrangem as atividades de construção, que muitas vezes desvia o custo estimado, do custo real. Escolhendo projetistas responsáveis e experientes e, se possível, conseguir que os contratantes/subcontratantes sejam envolvidos precocemente, pode ajudar a minimizar a imprecisão na estimativa do custo.

Empreiteiros

Uma das razões principais implicadas aos empreiteiros, que os autores do estudo identificaram, foi "Inadequada programação da construção". Este padrão pode resultar da aplicação de um projeto inovador. Esta razão prende-se principalmente, pela possível falta de conhecimento e pela resistência à inovação implícita a alguns empreiteiros. Para reduzir a influência negativa deste parâmetro, o programa informativo deve ser trabalhado na fase de projeto, e o processo construtivo deve ser estudado numa fase inicial.

"Falta de coordenação entre os participantes do projeto" pode levar ao caos na gestão da equipa. Portanto, o reforço da cooperação e de comunicação é de grande importância para melhorar a qualidade e eficiência da construção.

"Indisponibilidade de profissionais ou gestores suficientes" e "Indisponibilidade de mão-de-obra qualificada" são outras das razões apontadas aos empreiteiros. Os empreiteiros devem mapear a direção das obras e coordenar as diferentes partes envolvidas na construção, a fim de garantir profissionais suficientes (gerentes e trabalhadores qualificados) para evitar atrasos nas diferentes fases da construção.

"Ocorrência de acidentes devido à falta de segurança", isto deve-se à negligência de políticas de segurança nas construções e ao desrespeito de programas de construção singulares. Portanto, os empreiteiros devem dotar os seus trabalhadores de formação suficiente sobre as normas de segurança e a importância das mesmas.

Subcontratados

"Baixa competência dos subcontratados", ao contrário de um empreiteiro que continuamente gere as suas obras por um longo período, os subcontratados normalmente focalizam os seus recursos para diferentes projetos a fim de alcançar o máximo de lucro para o seu próprio negócio. Sem habilidades de gestão competentes, os subcontratados não podem administrar com sucesso os seus recursos para atender às necessidades de várias obras simultaneamente.

Órgãos governamentais

As principais razões de risco atribuídas aos órgãos governamentais são, "Procedimentos de aprovação excessivos" e "Burocracia". Estas são normalmente situações que estão fora do controle das partes interessadas no projeto. Para atrair o investimento no seu território administrativo, as instituições devem sempre fazer esforços para criar um ambiente amigável, em que os procedimentos de aprovação sejam reduzidos ou, pelo menos, o tempo de aprovação seja encurtado e a burocracia minimizada. Do ponto de vista da equipa do projeto, deve sempre adotar estratégias para manter estreita a relação/comunicação com o poder local.

Questões externas

"A inflação dos preços dos materiais de construção" é identificada por estar relacionada com o ambiente externo à obra. O preço dos materiais de construção está sempre a mudar em resposta à inflação e à relação entre oferta e procura no mercado de materiais de construção. Como este risco é geralmente inevitável, os clientes devem escolher um tipo apropriado de contrato, como por exemplo, acordar um montante fixo de modo a transferir o risco para as outras partes.

Além das razões apresentadas associadas aos intervenientes do projeto, Osipova e Eriksson (2011), estudaram a influência da forma de pagamento na gestão de riscos. A forma de pagamento é um fator determinante que influencia o comportamento dos intervenientes no projeto. Nos contratos com preço fixo, existe forte pressão financeira sobre o empreiteiro e, os conflitos de interesses são comuns. Uma justa distribuição de oportunidades por meio de incentivos foi reconhecido como um instrumento eficiente para a integração de um sistema eficaz de gestão. É desejável efetivar contratos por incentivos a fim de estimular uma melhor colaboração na busca das melhores soluções,

e por isso, levar à redução de custos. A existência de incentivos aumenta a motivação dos empreiteiros para diminuir o custo total do projeto. Além disso, através das formas de incentivo, os vários intervenientes no projeto apresentam-se mais interessados em minimizar os riscos em vez de deslocá-los para outros.

No entanto, apesar do risco ser geralmente percebido como a existência de eventos que influenciam o custo, tempo e qualidade, a análise e gestão do risco depende principalmente da intuição, avaliação e experiência dos intervenientes. Geralmente o risco assenta em elementos associados com os objetivos do projeto, o que leva à criação de barreiras à implementação de um sistema de gestão de riscos na construção.

Os projetos de construção são limitados por horários apertados, e o desenvolvimento de uma estrutura de gestão de riscos é um processo tedioso e demorado, portanto, os autores do projeto são relutantes à implementação de um sistema de gestão de risco. Além disso, o tempo despendido dá suporte ao argumento de que o tempo gasto em gerir projetos pequenos seria desproporcional ao custo geral do projeto.

A execução de um sistema de gestão de riscos acarreta despesas e muitas vezes os intervenientes dos projetos não acreditam que a implementação da gestão do risco em projetos valha o custo envolvido, e que o dinheiro gasto na gestão dos riscos dos projetos não trará significado positivo no custo global do mesmo. Evidentemente, que margem de lucro baixa é uma das características inatas de pequenos projetos, e estes deverão ser geridos de forma racional em termos de custo/benefício da implementação de um sistema de gestão do risco.

Por outro lado, por se tratar de um assunto historicamente menosprezado, a gestão do risco em projetos de construção muitas vezes não é utilizada devido à falta de conhecimento e às dúvidas sobre a adaptação das técnicas disponíveis.

2.4) Processo de gestão do risco

O processo de gestão do risco é a arte de planeamento, organização, controlo e gestão dos recursos humanos e materiais, ao longo da execução de um projeto. Trata-se de lidar com limitações organizacionais e humanas, bem como incerteza e complexidade.

A gestão do risco pode ser planeada de diferentes formas, porém, o objetivo final em todos os processos é eliminar ou minimizar o risco de alguma área, mantendo o controlo do mesmo para níveis aceitáveis, tendo em conta todas as limitações.

Marcelino-Sádaba, *et al.* (2014) definiram algumas das características que uma metodologia eficaz deve atender:

- Fornecer ao gerente de projeto uma descrição detalhada do projeto para detetar possíveis riscos;
- Ser fácil e simples de usar, para eliminar a inexperiência e as limitações de aprendizagem;
- Minimizar as limitações do processo, definindo corretamente os resultados esperados;
- Fornecer documentação simples e rápida;
- Fornecer ferramentas compreensíveis, fáceis de entender e usar, adequadas às características dos projetos;
- Ser flexível e adaptável em todos os tipos de projetos;
- Permitir a recolha de informação implícita nas empresas, incentivando a participação dos intervenientes;
- Fornecer informações suficientes para facilitar e melhorar a tomada de decisões operacionais e estratégicas;
- Facilitar a comunicação de eventos individuais que possam afetar o desenvolvimento do projeto;

Existem muitas metodologias de desenvolvimento do processo global de gestão do risco, no entanto, a maioria assenta nos mesmos pressupostos. Pretende-se fazer uma triagem das principais características com o intuito de as analisar sob uma orientação

simplificada por um subconjunto de etapas. Os principais estádios no processo de gestão do risco podem ser divididos em:

- Planeamento do estudo dos riscos: decisão de como abordar, planificar e executar as atividades de gestão dos riscos.
- Identificação dos riscos: determinação dos riscos que podem afetar a obra e proceder à sua documentação.
- Análise e avaliação dos riscos: atribuir prioridades aos riscos para uma posterior análise; determinar a probabilidade de ocorrência e impacto dos mesmos.
- Responder a riscos: desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças.
- Monitorizar e controlar os riscos: acompanhamento e monitorização dos riscos identificados; identificação de novos riscos e execução de novos planos de resposta.

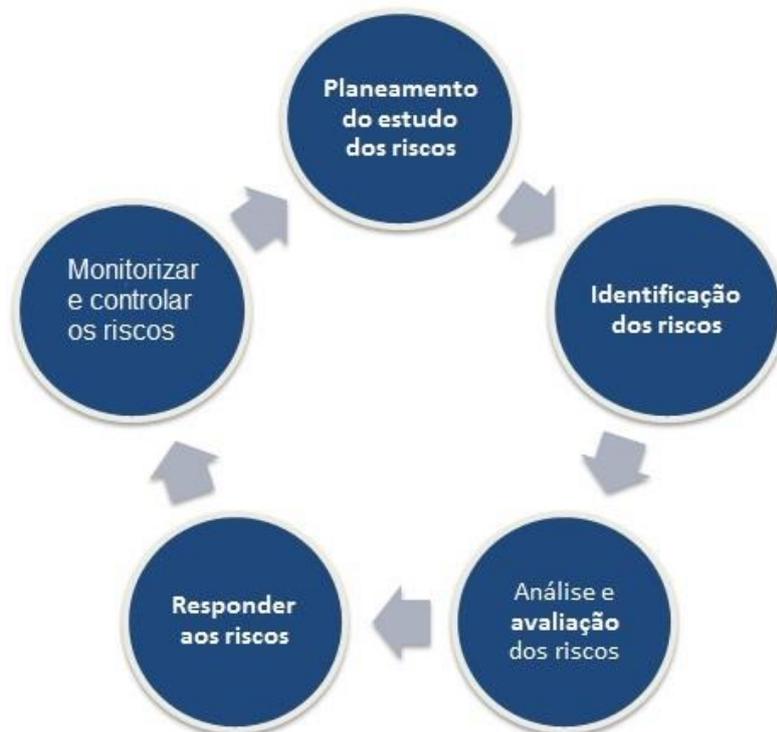


Figura 4: Processo de gestão de riscos

2.4.1) Planejamento do estudo dos riscos

Um planejamento cuidadoso e explícito aumenta a possibilidade de sucesso dos outros cinco processos de gestão dos riscos. O planejamento da gestão dos riscos é o processo que decide como abordar e executar as atividades do sistema de gestão dos riscos de um projeto. Planejar todo o processo de gestão é importante para garantir que o nível imposto esteja de acordo com o risco e a importância do mesmo, dentro da organização. Deste modo, é possível fornecer tempo e recursos suficientes para as atividades da gestão do risco.

A norma IEC/FDIS 31010, estabelece esta fase como o contexto que define os parâmetros básicos para a gestão de riscos, definindo o intuito e os critérios para o restante do processo. O planejamento do estudo do risco inclui parâmetros internos e externos relevantes para a organização como um todo, bem como o pano de fundo aos riscos específicos a serem avaliados. Ao planejar o estudo dos riscos, os critérios de avaliação serão determinados, programados e ajustados. Para um planejamento do risco eficaz a IEC/FDIS 31010 diz que devem ser cumpridos alguns parâmetros, entre eles:

- Estabelecer o contexto externo. Envolve a familiarização com o ambiente em que a organização e o sistema operam, incluindo o ambiente cultural, político, legal, regulamentar, financeiro, económico, competitivo e os principais fatores que têm impacto sobre os objetivos da organização;
- Estabelecer o contexto interno. Envolve a compreensão das capacidades da organização em termos de recursos e de conhecimento, bem como os objetivos e estratégias que estão em vigor para alcançá-los (políticas, processos, normas e modelos de referência adotados pela organização);
- Identificar o contexto do processo de gestão de riscos. Inclui a definição de responsabilidades e que ambiciona atribuir quais atividades a serem realizadas. Pretende-se que sejam definidas metodologias de avaliação de risco, critérios de risco e que possam ser identificadas as decisões que têm de ser feitas, tendo em consideração os recursos necessários para tais estudos.

- Definir os critérios de risco. Envolve decidir a natureza e as consequências a incluir, e como serão medidos; a maneira como o nível de risco será determinada; os critérios pelos quais serão tratados, definindo quando um risco é aceitável e/ou tolerável.

As equipas de projeto devem realizar reuniões de planeamento com o intuito de desenvolver o plano de gestão de riscos. Nessas reuniões pode participar, o gestor do projeto, os membros da equipa do projeto, qualquer pessoa da organização que tenha responsabilidade na gestão das restantes atividades, e outras partes envolvidas (conforme necessário). Os planos básicos para executar as atividades de gestão de riscos são definidos nessas reuniões. São desenvolvidas as atividades destinadas à gestão, para incluir no orçamento e no cronograma do projeto. São designados modelos organizacionais gerais para categorizar os riscos, determinar níveis de risco, probabilidade de riscos e impacto de riscos (adaptados ao projeto específico). As saídas dessas atividades são resumidas no plano de gestão de riscos. (FERMA 2003)

2.4.2) Identificação dos riscos

A identificação dos riscos tem como principal objetivo identificar a exposição de uma organização ao elemento de incerteza. Este exercício impõe um conhecimento profundo da organização, do mercado no qual é desenvolvida a sua atividade, do ambiente jurídico, social, político e cultural onde está inserida, assim como uma sólida perceção das suas estratégias e objetivos operacionais.

O processo de identificação pode variar. Dependendo da natureza do projeto e da competência dos membros da equipa de gestão de riscos, a maioria dos processos de identificação, deve começar com uma análise das questões criadas pela equipa de desenvolvimento do projeto. Os participantes nas atividades de identificação de riscos podem incluir (PMI 2004):

- Gerente do projeto;
- Membros da equipa do projeto;
- Equipa de gestão de riscos (se existente);

- Especialistas no assunto;
- Clientes;
- Utilizadores finais;
- Partes interessadas.

Embora este pessoal seja muitas vezes identificado como os principais participantes na identificação de riscos, todo o pessoal do projeto deve ser incentivado a identificá-los.

O processo de identificação determina os riscos que podem afetar o projeto nos seus vários estádios, existe portanto, uma necessidade de inspeção da documentação das suas características e conceitos. O *U.S. Department of Transportation* (2006), determina que para uma eficaz identificação de riscos, deve ser tida em conta a seguinte documentação:

- Dados históricos;
- Documentos do projeto;
- Planos de resposta a riscos;
- Estimativa de custos;
- Projeto de execução;
- Calendário e cronograma das atividades de construção;
- Listagem de questões e preocupações da equipa;
- Estudos académicos.

Estas questões e preocupações devem ser derivadas de um exame objetivo e claro da sua importância. Para isso, existem ferramentas que ajudam na identificação dos riscos. Entre elas podemos assinalar (U.S. 2006) :

- Sessões de Brainstorming;
- Planeamento de possíveis cenários;
- Entrevistas com especialistas;
- Métodos de grupo nominal;
- Métodos Delphi.

A identificação dos riscos deve ser abordada de forma metódica, de modo a garantir que todas as atividades significativas dentro da organização sejam identificadas e todos os riscos delas decorrentes, definidos (FERMA 2003).

2.4.3) Análise e avaliação dos riscos

A avaliação dos riscos está geralmente dividida em duas grandes categorias, a análise qualitativa e a análise quantitativa. Mais comumente, a avaliação global do risco é utilizada para determinar o impacto de eventos de risco.

2.4.3.1) Análise qualitativa

A análise qualitativa permite que os fatores essenciais que provocam o risco sejam identificados. Os fatores de risco podem ser identificados por meio de um processo qualitativo, como entrevistas, brainstorming e listas de verificação. A análise de risco qualitativa avalia o impacto e a probabilidade dos riscos priorizados, desenvolvendo listas dos riscos para análise, ou direta mitigação.

É considerado como processo de avaliação qualitativa quando este envolve a descrição de cada um dos riscos e dos seus impactos através de um rótulo subjetivo de risco (alto/médio/baixo), tanto em termos de impacto, de risco ou de probabilidade de ocorrência. (Banaitis e Banaitiene 2012)

Um exemplo de uma análise qualitativa está ilustrada na tabela abaixo. Cooper *et al.* (2005) após a definição das duas escalas, a de probabilidade e a de impacto, que ilustra todas as combinações das possíveis probabilidades com os possíveis impactos. Esta matriz tem a finalidade de classificar os riscos em três categorias, baixo, moderado ou alto.

Tabela 1: Exemplo de uma matriz de análise qualitativa (adaptado de Cooper *et al.* 2005)

Probabilidade	Consequência				
	Insignificante	Pequeno	Moderado	Grande	Catastrófico
Quase Certo	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto
Provável	Médio	Médio	Médio	Alto	Alto
Possível	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto
Improável	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
Raro	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio

2.4.3.1) Análise quantitativa

A análise quantitativa envolve técnicas e métodos mais sofisticados para investigar e analisar os riscos. A aplicação da análise quantitativa permite quantificar a probabilidade de ocorrência dos fatores de risco identificados, bem como o seu potencial impacto.

De acordo com o *U.S. Department of Management* (2006), a principal finalidade da análise quantitativa de risco é combinar os efeitos dos vários eventos de risco, numa perspectiva global do projeto. A análise quantitativa pretende fornecer uma base geral dos riscos do projeto, de modo a avaliar a eficácia das estratégias de gestão ou mitigação de riscos.

A análise de risco quantitativa ambiciona estimar a sua frequência e a magnitude das suas consequências, usando diversos métodos. Muitos métodos e ferramentas estão disponíveis para combinar e avaliar quantitativamente os riscos. O método selecionado vai envolver a sofisticação da análise e a sua facilidade de utilização. Pretende-se que a análise quantitativa do risco inclua as seguintes informações (PMI 2004):

- Análise probabilística do projeto;
- Probabilidade de realização dos objetivos em termos de custo e tempo;
- Lista priorizada de riscos quantificados;
- Tendências dos resultados da análise quantitativa de riscos.

Deste modo, é possível obter uma visão geral e integrada dos efeitos dos riscos sob os parâmetros do projeto. Para projetos de construção, como aquele analisado no caso de estudo, a modelagem quantitativa auxilia na avaliação dos riscos individuais. Assim, os parâmetros da modelagem de risco possibilitam quantificar os custos sobre as incertezas associadas ao projeto.

2.4.4) Responder a riscos

Após os processos de avaliação é necessário criar um plano de mitigação dos riscos. No segmento de preparação de respostas a riscos, devem ser tidas em conta as ameaças e oportunidades que podem afetar o sucesso do projeto. Nesta fase, devem ser discutidas as respostas para cada uma das situações identificadas.

O planeamento de respostas a riscos é o processo de escolha das ações para reduzir as ameaças aos objetivos do projeto. É de elevada relevância a abordagem aos riscos de acordo com a sua prioridade, inserindo recursos e atividades no orçamento, no cronograma e no plano de gestão do projeto.

Nesta fase é necessária a nomeação de uma ou mais pessoas, que assumirão a responsabilidade sobre cada resposta a riscos acordada e financiada.

As respostas planeadas devem ser, adequadas à importância do risco, económicas, rápidas, e realistas dentro do contexto do projeto. É frequentemente necessário a reunião entre as diversas partes, a fim de seleccionar a melhor resposta a partir de diversas opções (PMI 2004).

Wideman (1992) afirma que, um risco pode ser:

- Não reconhecido, não gerido, ou ignorado;
- Reconhecido (sem nenhuma ação tomada);
- Evitado (adotando medidas apropriadas);
- Reduzido (através de uma abordagem alternativa);
- Transferido (para os outros através de contratos ou de seguros);
- Manipulado por uma combinação das opções acima descritas.

O exercício de resposta aos riscos deve ser documentado de forma organizada e abrangente, onde devem ser atribuídas, claramente, as responsabilidades e delineados os procedimentos, políticas e metas para a mitigação.

2.4.5) Monitorizar e controlar os riscos

O PMBOK (2004) define que o acompanhamento e o controle de riscos é o processo de:

- Identificação, análise e planeamento de riscos recém-surgidos;
- Acompanhamento de riscos identificados e dos que estão na lista de observação;
- Reanálise dos riscos existentes;
- Monitorização das condições dos planos, praticados na contingência dos riscos;
- Monitorização de riscos residuais e revisão das respostas aplicadas aos riscos, enquanto é avaliada a eficácia desses processos.

O processo de monitorização e controlo de riscos aplica técnicas, como análise das tendências e da variação, que exigem a aplicação dos dados de desempenho, gerados durante a execução do projeto. Esta fase, pelo carácter dinâmico dos riscos, deve traduzir-se num processo contínuo e sistemático em todo o desenvolvimento do projeto. A lista de riscos e estratégias da sua gestão poderá mudar à medida que o projeto amadurece, suportando novos riscos ou porventura alguns dos riscos previstos não se verificarem.

Um processo de monitorização bem-sucedido acompanhará sistematicamente o projeto, identificando novos riscos e, efetivamente, gerir os condicionantes da aplicação dos processos de gestão. O sistema vai ajudar a garantir a conclusão bem-sucedida dos objetivos do projeto. Se documentado corretamente, o processo de acompanhamento e atualização contínua, tomará como lição as valências aprendidas na identificação e avaliação dos riscos, reduzindo os esforços de quantificação sobre projetos futuros (U.S. 2006).

Pode ainda referir-se que, existem outras premissas na monitorização e controlo de riscos. Pretende-se que nesta fase seja também determinado, se:

- Os princípios do projeto continuam válidos;
- O risco, conforme avaliado, mudou o seu estado anterior;
- Os procedimentos e políticas de gestão de riscos estão a ser seguidos;
- As reservas para alterações de custos, ou do cronograma devem ser modificadas de acordo com os riscos no projeto.

Em jeito de conclusão, e de acordo com a revisão de literatura e das lições aprendidas a partir do processo de gestão do risco em projetos de construção, considera-se que, uma gestão de riscos eficaz apoia-se em três pilares: gestão de recursos, avaliação e evolução. Esses procedimentos são interativos e mutuamente influenciados dentro de todos os processos em desenvolvimento do projeto. Esta natureza dinâmica requer que todas as equipas de gestão de projetos acumulem experiências orientadas na gestão dos riscos, a fim de lidar com as interações contínuas entre os fatores de risco do projeto (dentro dos ambientes, internos e externos). Com o objetivo de melhorar continuamente as capacidades da gestão do risco, e de se tornarem mais competitivas a longo prazo, as equipas de gestão do projeto devem apoiar-se numa metodologia de gestão com relações otimizadas entre os componentes do sistema. Pretende-se, portanto, um processo de evolução contínua dos sistemas de gestão de riscos, em termos de desenvolvimento de capacidades para lidar contra eventos inesperados, a fim de, melhorar continuamente o desempenho e maturidade do sistema.

2.5) Aplicativos informáticos para a gestão de riscos

Como se verifica pela análise bibliográfica, a gestão de riscos não é um processo simples, portanto, assiste-se a utilização de *softwares* como suporte ao sistema de gestão de risco, apoiando a gestão do projeto na identificação, análise e quantificação dos principais fatores de risco.

Com o recurso aos sistemas informáticos de hoje, a maioria dos analistas de risco pode facilmente dominar essas ferramentas de análise. Os *softwares* estão facilmente disponíveis e voltados para uma variedade de usuários com diferentes necessidades, que

vão desde simples programas baseados em folhas de cálculo até modelos multinível para o analista avançado. Portanto, da mesma forma que existem vários métodos de análise dos riscos, estão também disponíveis inúmeros *softwares* capazes de executar tal tarefa.

Depois de observada a bibliografia sobre os *softwares* de análise de risco, são apresentados alguns exemplos dos *softwares* mais utilizados em estudos deste tipo e com mais informação disponível pelo fornecedor.

2.5.1) BlockSim

Produtora: ReliaSoft

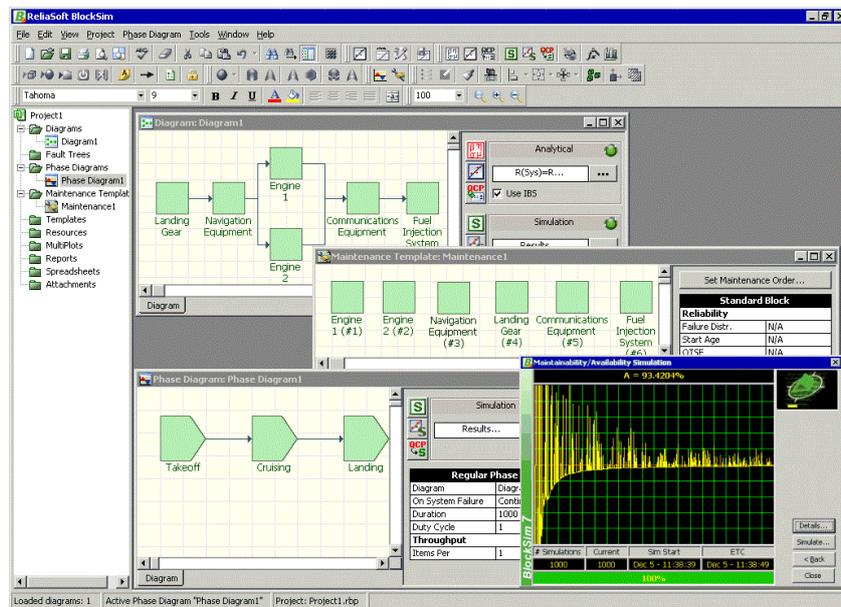


Figura 5: Imagem ilustrativa da interface do programa BlockSim

De acordo com os produtores, o *software* “BlockSim” permite a modelagem de sistemas simples até aos mais complexos utilizando a metodologia de Diagrama de Blocos de Confiabilidade (RBD) e Árvore de Falhas (FTA). O *software* calcula a confiabilidade do sistema por meio de cálculos algébricos. O “BlockSim” fornece também um sofisticado simulador de eventos discretos para analisar a confiabilidade, maneabilidade, disponibilidade, capacidade máxima (*throughput*), custo do ciclo de vida (*life cycle cost*) e outras análises relacionadas.

O *software* “BlockSim” possibilita:

- Identificar componentes ou modos de falhas críticos para aumentar a performance dos sistemas por meio de melhorias no projeto e planos de manutenção;
- Reduzir riscos, a partir da identificação de vulnerabilidades do sistema.

Permite também realizar a simulação de sistemas para estimar:

- Disponibilidade média;
- Tempo médio entre falhas;
- Número de falhas esperadas;
- Custos;
- Produção.

2.5.2) HAZOP Manager

Produtora: Lihou Technical & Software Services

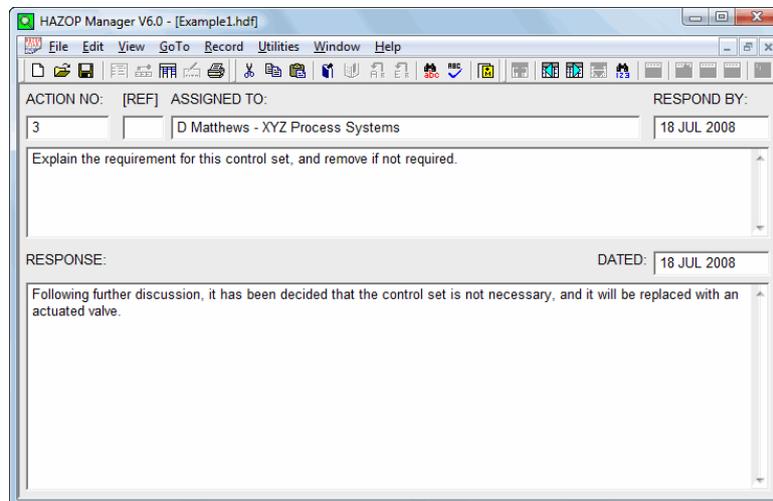


Figura 6: Imagem ilustrativa da interface do programa HAZOP Manager.

HAZOP Manager Versão 6.0, tal como o nome sugere, é um programa abrangente para a gestão de riscos, que utiliza o método de HAZOP (*Hazard And Operability Studies* - Estudo de Perigo e Operabilidade). No entanto, o *software* está concebido para ser facilmente configurado para o uso em outras metodologias, como por exemplo PHA (*Preliminar Hazard Analysis*) ou FMEA (Modos de Falha e Análise

de Efeitos). O programa consiste no preenchimento de um quadro, que facilita a tarefa de registrar as atas de reuniões e organizar relatórios de cada reunião, ajudando a equipa de decisão a manter a atenção e interesse no foco dos riscos.

Segundo os fornecedores este *software* permite também:

- Dar acesso rápido ao material útil para a equipa de estudo, tais como problemas anteriormente identificados, dados de “taxas de falhas” e outras informações históricas;
- Criar relatórios profissionalmente formatados a serem produzidos com o mínimo de esforço;
- Analisar a informação de gestão adicional, extraída dos registos do estudo;
- Fornecer um sistema abrangente e fácil de usar para uma ação eficaz de acompanhamento, sem os encargos administrativos que isso geralmente implica.

2.5.3) FMEA-PRO

Produtora: IHS

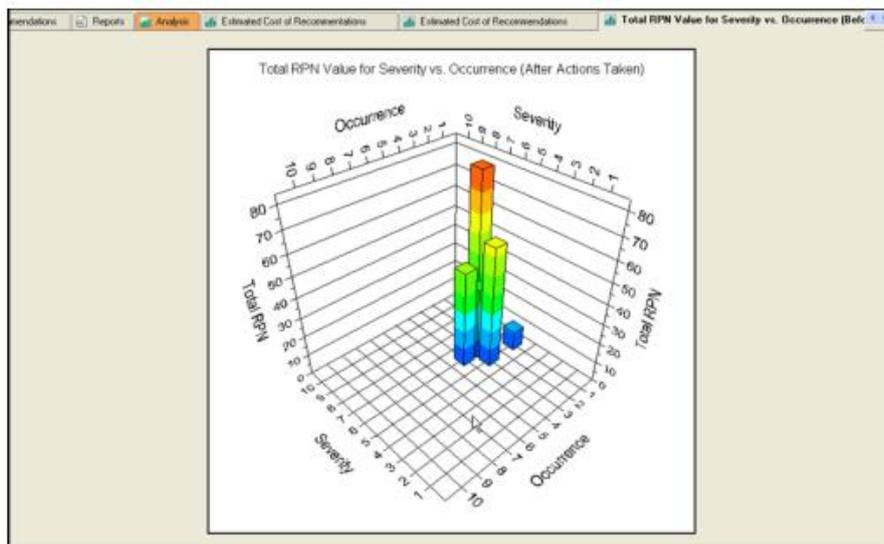


Figura 7: Imagem ilustrativa da interface do programa FMEA-PRO

FMEA-PRO é uma solução de *software* que ajuda o utilizador a conduzir eficientemente o projeto através da metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* - Modos de Falha e Análise de Efeitos). Este *software* é bastante flexível porque ajuda a analisar melhor projetos e processos de fabricação; reduz drasticamente

o tempo que leva para completar a metodologia FMEA; consegue avaliações de risco mais completas e reduz falhas na aplicação do processo. O FMEA-PRO, segundo o fornecedor, permite também ajudar as organizações com a implementação dos seus programas de qualidade em toda a empresa, e fazer uma gestão dos riscos com base em normas e diretrizes da empresa.

2.5.4) Simulação de Monte Carlo

Existem diversos aplicativos que utilizam a simulação de Monte Carlo como base para cálculo e análise de risco, alguns deles são:

Tabela 2: Aplicativos informáticos

Software	Produtora
Crystal Ball	Oracle Corporation
@Risk	Palisade Corporation
Analytica	Lumina Decision systems, Inc.
<i>Stella II</i>	High Performance Systems, Inc.
<i>PRISM</i>	R.H. Gardner, et al.
DiscoverSim	SigmaXL Inc.
Ersatz	Epigear
ModelRisk	Vose Software
Quantum XL	Sigmazone
Risk Analyzer	Add-ins.com

Estes *softwares* executam análises de risco por meio da simulação de Monte Carlo para mostrar vários resultados possíveis no modelo. O facto de utilizarem o *Microsoft Excel* permite-nos visualizar e verificar todos os cálculos efetuados, mais rápido e facilmente. Os programas efetuam os cálculos, de forma matemática e objetiva, permitindo rastrear possíveis cenários futuros. Isso dá ao utilizador condições de avaliar que riscos possam ser tomados ou evitados e, com base nisso, tomar as melhores decisões nas situações de incerteza. No entanto, apesar de darem informações úteis na determinação do risco, a tomada de decisão cabe a quem gere o projeto, sendo este responsável pela escolha da alternativa que melhor se adapta ao caso em estudo.

2.6) Seleção do *software*

Os *softwares* de análise dos riscos estão continuamente a evoluir atendendo às necessidades dos analistas. Como foi demonstrado, existem inúmeros aplicativos informáticos capazes de executar tais tarefas, portanto, prevê-se a necessidade de seleção do que realmente apresenta melhores capacidades na análise do risco pretendido.

A análise de incerteza tornou-se um componente comum na gestão e nos modelos de avaliação dos riscos, o método mais robusto para a determinação da incerteza é a simulação de Monte Carlo (Metzger, *et al.* s.d.).

A análise através de simulações de Monte Carlo é uma técnica estatística que se torna cada vez mais importante como um meio para os avaliadores de risco avaliar a incerteza. Embora a simulação de Monte Carlo tenha sido usada desde 1940, a evolução informática e os computadores cada vez mais poderosos tornaram acessível e atraente o uso em muitas novas aplicações. Essa disponibilidade coincidiu com o aumento da insatisfação pelos cálculos de estimativa pontual, normalmente utilizados na avaliação quantitativa do risco, como resultado a simulação de Monte Carlo tem vindo a aumentar como o método preferido na gestão de riscos (Xing-xia e Jian-wen 2009).

A simulação de Monte Carlo é uma das técnicas mais utilizadas na gestão de riscos em projetos de construção. A técnica é usada por profissionais em campos como o financiamento, gestão do projeto e construção. Os *softwares* que utilizam métodos de Monte Carlo proporcionam formas para resolver problemas realistas que não são passíveis de solução por meio de técnicas analíticas (Yi e Chan 2012).

A simulação de Monte Carlo permite criar modelos a fim de estimar os riscos identificados durante as várias fases dos projetos. Os riscos podem ser avaliados de forma eficiente, através de gráficos de sensibilidade. Além disso, permite fazer a estimativa da contingência sobre os projetos de construção. Desta análise, um plano pode ser desenvolvido, reduzindo os valores da estimativa e o custo dos riscos sobre o projeto controlado.

A seleção adequada de um *software* que apoiasse a análise deste estudo, restrito pelo tempo e aplicação, recaiu sobre os *softwares* que analisassem o risco por meio de simulações de Monte Carlo.

Metzger, *et al.* (s.d) reviram que os pacotes de *softwares* de análise de riscos através de simulações de Monte Carlo devem ser avaliados sob os seguintes cinco critérios: Capacidade de modelação; Introdução de dados; Apresentação dos resultados; Análise dos resultados; Tempo de aprendizagem e material de referência.

“Capacidade de modelação” é uma descrição das capacidades do *software* em lidar com diferentes pacotes de dados e modelos específicos. “Introdução de dados” é a avaliação dos métodos utilizados na introdução dos parâmetros de incerteza e a capacidade do *software* visualizar e tratar estas entradas. A descrição e apresentação dos resultados padrão que estão disponíveis a partir de cada pacote, são dados na “Apresentação dos resultados”, enquanto a “Análise dos resultados” avalia outras opções de análise para os dados de saída, tais como análise de sensibilidade. “Tempo de aprendizagem e material de referência” inclui itens, como a facilidade de aprender a usar o *software* e a disponibilidade e utilidade da documentação fornecida.

Tabela 3: Avaliação global dos *softwares* (adaptado de Metzger, *et al.* (s.d))

Critério	Avaliação dos <i>softwares</i>					
	Crystal Ball	@Risk	Analytica	Stella II	PRISM	Susa-PC
Capacidade de modelação	55	56	49	61	8	34
Introdução de dados	71	54	55	27	20	45
Apresentação de resultados	55	60	57	21	30	45
Análise de resultados	26	42	41	10	21	46
Tempo de aprendizagem e Material de referência	70	61	56	38	18	27

É possível obter os resultados estatísticos desejados a partir de qualquer um dos aplicativos destacados, de modo que, as diferenças de pontuação se refletem principalmente à acessibilidade a estes resultados.

Cada aplicativo informático de análise de incerteza tem as suas próprias vantagens e limitações quando utilizado no contexto de avaliação de riscos. *Crystal Ball* apresenta uma maior facilidade na “Introdução de dados” e “Melhor Material de referência e menor tempo de aprendizagem”. *Stella II* tem mais “Capacidade de modelação”. *@Risk* oferece ferramentas um pouco melhores na “Apresentação dos resultados” e *Susa- PC* tem o maior número de opções de “Análise dos resultados”.

Pela análise do autor, *Crystal Ball* apresentou a classificação global mais alta. Esta pontuação deve-se principalmente à facilidade de introdução dos *inputs* pretendidos, pois mostrou ter mais opções disponíveis para a introdução da informação e um número elevado de distribuição possíveis. Para os fins desta avaliação, a análise de sensibilidade é considerada a mais importante opção disponível na análise dos resultados. A análise de sensibilidade é a medida da influência de que cada variável de entrada tem sobre a variabilidade da saída. *Crystal Ball* apresenta flexibilidade na análise de sensibilidade e um recurso útil que oferece é a normalização dos coeficientes de correlação num ranking, apresentando as percentagens absolutas para os dados de saída. Esta ferramenta mostra-se de extrema importância no contexto em que esta dissertação se insere.

Para Apostol-Maurer (2007) a vantagem deste tipo de soluções reside no seu baixo custo e na facilidade em analisar e criar modelos simples de análise de riscos. A ampla utilização do *Excel* facilita a implementação e o planeamento dos sistemas de gestão de riscos em empresas tradicionais. Considerando que o *Excel* não inclui recursos de simulação, soluções como o *Crystal Ball* representam a extensão ideal para a agregação dos riscos através de simulação e o usuário final pode trabalhar dentro da interface familiar do *Excel*.

Com o *Crystal ball* situações realistas podem ser analisadas com modelos relativamente simples. Muitos dos riscos identificados podem ter uma série de complicações potenciais mas, na maioria das vezes apenas alguns destes têm efeito significativo sobre o projeto. Os recursos de análise de sensibilidade do *Crystal Ball* são ótimos na identificação dos riscos com maior impacto no projeto. (Charnes 2007)

Portanto, para os problemas de avaliação dos riscos gerais no âmbito de projetos de construção, parece meritória a escolha do *software Crystal Ball*. Tem, de longe, as opções mais úteis na determinação das variáveis incertas, um esquema de apresentação dos resultados muito bom, todas as capacidades necessárias na análise de sensibilidade (incluindo a capacidade de criação de *rankings*) e materiais de referência superiores. Além disso, é um dos *softwares* mais fáceis de aprender a utilizar, principalmente por causa da sua base em folhas de cálculo (*Excel*), que facilita a introdução de dados para utilizadores menos experientes. Outros aplicativos necessitam de uma quantidade significativa de tempo de aprendizagem e interpretação dos manuais para criar efetivamente um modelo. Visto o tempo em que este estudo se desenvolve ser escasso, a rapidez e facilidade de aprendizagem adquiriu um dos pontos mais valorizados nesta seleção.

Na opinião do autor, “*Crystal Ball* é o mais fácil de usar e tem o melhor conjunto de recursos disponíveis para o utilizador. Os analistas e engenheiros são atraídos para as elevadas funcionalidades do *Crystal Ball*, interface intuitivo, e saída gráfica e visual. *Crystal Ball* é escolhido por mais de 800 universidades do mundo, com ampla utilização porque os educadores estão confiantes de que é a melhor ferramenta para ensinar os princípios e benefícios da simulação. Este *software* oferece mais manuais, tutoriais, exemplos de modelos, e livros didáticos do que os concorrentes, apoia a comunidade de utilizadores com fóruns, conferências e seminários.” (Sugiyama 2008)

3) Metodologia proposta

O setor da construção é cada vez mais um setor competitivo. A falta de conhecimento sobre a área, leva muitas vezes o cliente a procurar soluções em várias instituições, com o intuito de controlar os custos finais da obra. Portanto, são cada vez mais frequentes as organizações que integram as fases de conceção e construção na entrega do projeto. O conceito de combinar o projetista e construtor numa única entidade ou equipa faz com que recaiam sobre esta a maioria dos riscos finais da obra. Torna-se então fundamental analisar de que forma um sistema de gestão de riscos pode ser materializado na conceção e implementação da obra.

3.1) Objetivos da metodologia

A metodologia que é proposta procura uma forma simples e prática de como se pode aplicar efetivamente a gestão dos riscos em projetos de construção. Pretende-se que sirva de base para a implementação de um Sistema de Gestão de Risco no desenvolvimento da conceção e implementação da obra, tendo sempre em consideração as particularidades da realidade empresarial onde está inserida (que engloba a projeção e construção).

Com experiência, e recorrendo às principais vantagens das diferentes metodologias genéricas existentes, pretende-se adaptá-las e integrá-las num conjunto de etapas, que consiga responder da melhor forma ao objetivo principal do estudo proposto.

Esta metodologia desenvolve-se sob um conjunto de procedimentos com objetivos definidos, a fim de facilitar a sua aplicação no âmbito empresarial. Para isso, pretende-se criar um esquema simples e prático de entrada e apresentação de resultados, utilizando modelos e ferramentas de fácil aplicação.

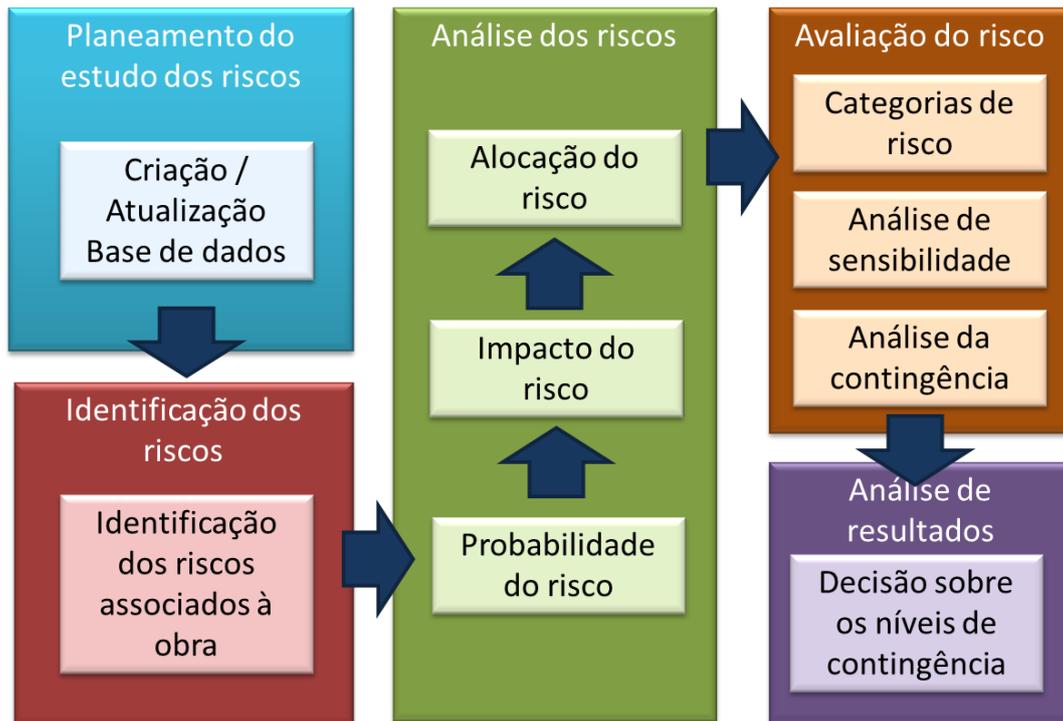


Figura 8: Estrutura metodológica

3.2) Pressupostos da metodologia

Esta será constituída por diversos procedimentos que pressupõem sempre alguma revisão. Deverá ser integrada nos processos de gestão e produção, no planeamento da empresa onde será implementada, e, visto ser apenas um complemento à gestão de projeto existente, não tem por objetivo um campo de ação exclusivo.

A metodologia presume a quantificação dos riscos do desenvolvimento da conceção e implementação da obra. Tem como ponto de vista a organização em que se insere, ou seja, constituída pela equipa de projeto e de construção.

A metodologia apresentada prevê que todo o *background* da instituição onde se insere seja experienciado, e que o historial de obras e projetos seja conhecido. Este parâmetro é fundamental para a identificação dos principais riscos predominantes no tipo de obras da empresa, e de que forma estes a influenciam.

Pressupõe que o planeamento e aplicação do processo de gestão e de todas as atividades da metodologia sejam imputados á figura do Gestor do Risco. Esta atribuição não implica que a instituição crie uma entidade específica e exclusiva ao cargo, apenas é designada a pessoa ou equipa que ficará encarregue do processo, sendo sempre um elemento da empresa com experiência de campo. A deliberação de funções e tempo destinado deverá ser adequada à estrutura da empresa, à proporção do projeto e aos requisitos do cliente.

Apesar de muitas metodologias apoiarem o risco como um acontecimento com efeitos positivos ou negativos, como se está a analisar a influência dos riscos no custo da obra, considera-se genericamente o risco como um evento com impacto negativo. É importante salientar que a análise de riscos do projeto considere apenas ameaças, não sendo, deste modo, intuito do estudo a análise de oportunidades do projeto. Portanto, qualquer risco identificado terá como consequência o aumento do custo da obra.

A metodologia apresentada assenta na utilização de dois *softwares*; *Excel* e um *add-on* do mesmo, *Crystal Ball* (seleccionado no capítulo 2.6). Presume-se que o utilizador tenha os conhecimentos necessários à sua aplicação e utilização.

Sendo a metodologia sugerida aplicável a uma instituição que, maioritariamente trabalha com projetos de pequena/média escala, é determinante a restrição dos riscos ao âmbito da mesma, excluindo a análise dos riscos associados a outro tipo de obras. Qualquer utilização fora deste âmbito será desaconselhada.

3.3) Base de dados – Lista de riscos

A primeira fase de todo o processo será apenas efetuada a quando da implementação da metodologia na instituição. A criação de uma lista com todos os riscos experimentados pela instituição fará com que a fase de Identificação dos Riscos de cada novo projeto seja facilitada e alguns não sejam descurados. Otimizando esta base de dados, o responsável pelo processo metodológico beneficiará da perceção do global dos riscos que poderá enfrentar.

A equipa responsável pela Gestão de Risco da empresa, deverá criar a primeira versão da lista dos riscos com base nas áreas de risco universais e em listas elaboradas e apoiadas por outros trabalhos já desenvolvidos. Pretende-se que a criação de uma base de dados seja organizada pelas diferentes áreas de risco, garantindo, assim, uma melhor organização e consulta da lista.

Na metodologia proposta, para cada risco identificado deverão ser apresentados os seguintes dados:

Número- uma combinação única de alfabéticos e numéricos (por exemplo A1, A2, B1, C3), em que o carácter alfabético determina a categoria do risco e o numérico é usado para descrever o risco individual;

Categoria- Identifica a que categoria global pertence cada risco individual;

Nome- Curta descrição, tornando o risco facilmente identificável e compreensível para a maioria das partes interessadas no projeto.

Devido á relevância que este passo tem no processo, é recomendável que o processamento e filtragem da informação sejam feitos pelo grupo interveniente na organização, de preferência com experiência e pertencentes às diferentes áreas e departamentos. Poderá ser feito em reuniões, *brainstorming* com os funcionários da instituição mais experientes ou com consulta de especialistas.

3.3.1) Atualização da base de dados

A atualização da base de dados apresentada pretende ser um processo iterativo, portanto a sua atualização deverá ser constante.

A equipa ou a figura designada para o cargo de Gestor do Risco ficará responsável pela identificação e inclusão de novos riscos identificados em cada novo empreendimento. Esta atividade deve ser realizada preferencialmente, durante ou no final de cada projeto realizado.

Esta lista deve ser revista e sujeita a acompanhamento periódico, verificando todas as alterações legislativas e questões ligadas ao ambiente externo à obra, eliminando riscos que não façam mais sentido serem considerados. Dadas as alterações e a evolução que a área está sujeita, é necessária a revisão dos procedimentos e métodos utilizados pois, a aplicação de novas técnicas ou pequenas alterações fazem com que novos riscos surjam, ou que, outros que outrora eram evidentes se tornem desprezáveis. Como é um processo moroso e trabalhoso esta revisão poderá ser feita anualmente.

3.4) Identificação dos riscos associados à obra

Seguindo a metodologia, os passos seguintes passam a ser exclusivos ao empreendimento em estudo.

A identificação de risco refere-se ao processo pelo qual os riscos individuais são reconhecidos, classificados e descritos. Os principais riscos de cada empreendimento serão nomeados com base na lista de riscos da base de dados existente. É a partir de um processo do tipo *Checklist* que serão selecionados os riscos que a obra em análise irá estar sujeita.

A primeira tarefa a realizar será dedicada ao Gestor do Risco que examinará cuidadosamente todos os pressupostos em que o projeto está inserido. Isto engloba o projeto, localização, envolvente, acessos, tipo de solo, material e maquinaria a ser usada na obra. E, também, elementos externos à obra, como, preço e disponibilidade de materiais na zona, índices de vandalismo, roubos, entre outras.

A análise minuciosa é de extrema relevância pois será a que determinará quais os riscos a ser considerados na análise da obra. Outra vantagem de uma boa análise prévia é a possibilidade de identificar riscos que não constam da base de dados e desta forma a lista poderá ser atualizada.

Nesta fase, a experiência do gestor vai ditar a rapidez do processo de escolha e exclusão de riscos, que apesar de saber que vão acontecer, determina que fiquem fora da análise, uma vez que, terão uma significância ou um impacto quase nulo.

Este processo procura de alguma forma, aferir quais os riscos que terão importância para o desenvolvimento da obra, excluindo os que não justificam qualquer preocupação no âmbito do projeto.

3.5) Análise quantitativa

Como foi estudado, a análise quantitativa de risco é simplesmente o caminho que se toma para analisar os riscos do projeto calculando, o impacto que estes terão sobre o mesmo e a probabilidade de ocorrerem. A análise de risco quantitativa não se baseia em dados genéricos para fundamentar um modelo em específico, ele irá usar o bom senso e a experiência da equipa de gestão do projeto.

3.5.1) Probabilidade do risco

No próximo passo da metodologia deverá quantificar-se um valor sobre a probabilidade que cada risco. A probabilidade é obtida, por recurso a dados históricos, pela experiência dos intervenientes no projeto, pela análise a projetos semelhantes ou com recurso a especialistas. Visto ser uma tarefa complexa, pela quantidade de riscos afetos aos projetos de construção, simplifica-se o processo pelo uso de uma matriz. Pode confinar-se as probabilidades a partir da seguinte tabela, onde se atribui um valor para a probabilidade, partindo de intervalos de probabilidade e de uma análise qualitativa:

Tabela 4: Probabilidade dos riscos (criada pelo autor)

Intervalo de probabilidade	Descrição da probabilidade	Probabilidade aproximada
1% – 9 %	Mínima	0,10
10% - 19%	Pequena	0,30
20% - 39%	Média	0,50
40% - 59%	Elevada	0,70
60% - 100%	Muito elevada	0,90

A determinação da probabilidade de cada risco é específica a cada obra. Todas as considerações neste âmbito são relativas à obra em particular pois o mesmo risco poderá ter probabilidades diferenciadas em condições distintas. A região, a estação do ano, o tipo de terreno, a criminalidade da zona, são alguns dos exemplos que provam que condições de implantação distintas alteram o valor de probabilidades a atribuir a cada risco.

3.5.2) Impacto do risco

Sendo a indústria da construção civil uma área bastante complexa, a determinação do impacto de um determinado risco é por si uma tarefa de elevada dificuldade. Visto a construção de qualquer empreendimento envolver várias condicionantes, recursos e entidades, o impacto de qualquer risco poderá afetar a obra em várias vertentes. Desta forma, a presente metodologia pretende a quantificação do risco com base na estimativa de como um determinado risco poderá influenciar o custo final da obra.

A determinação do impacto de um risco numa qualquer obra é sujeito de muita subjetividade, portanto esta metodologia preconiza uma análise probabilística descrevendo impacto do risco com recurso ao método de estimativa de 3 pontos.

Na utilização da estimativa pelos 3 pontos é necessário estabelecerem-se os intervalos de variação; superior, inferior e o mais provável. A definição destes intervalos é um exercício frustrantemente ambíguo, especialmente num ambiente nunca envolvido num processo formal de avaliação de risco, não só pelos poucos dados disponíveis, mas pela falta de experiência em lidar com o risco na construção. Como resultado, esta análise deve invocar a experiência da equipa envolvida no projeto, com recurso a dados históricos e análise de projetos anteriores. Prevê-se, portanto, que a atribuição destes valores seja feita por intuição, e validadas pela melhor informação disponível.

O formato destes parâmetros é em percentagem. Em outras palavras, cabe à equipa do projeto decidir que um determinado risco pode, no melhor caso, aumentar o custo da obra em 5%, o mais provável é afetar 6%, e no pior caso aumentar em 8% o custo da obra. A distribuição que por norma é a mais aplicada em modelos de simulação, para gestão de projeto, é a distribuição do tipo triangular. Como vamos utilizar o *software* “Crystal Ball” usamos este tipo de distribuição, tanto pela sua simplicidade, como pelo fato de que pouco compensa a análise, até mesmo dos técnicos melhor informados, de métodos mais complexos. Em resumo, "Pior caso", "Melhor caso" e "Esperado" são termos que irão substituir a terminologia estatística tecnicamente mais precisa.

A Figura abaixo ilustra uma distribuição triangular, descrevendo um exemplo de um impacto do risco “Acidentes com destruição de material” :

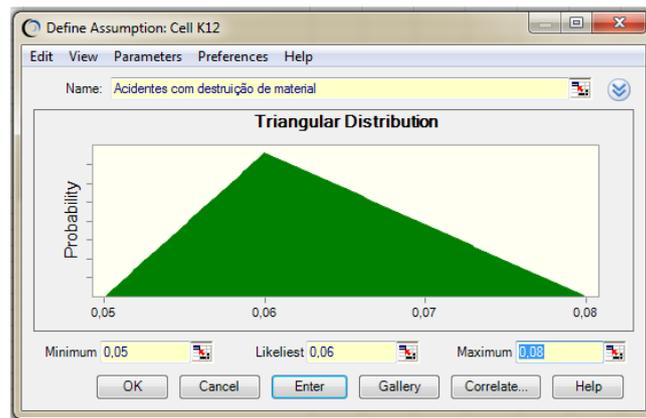


Figura 9: Exemplo de uma distribuição triangular (*software Crystal Ball*)

3.5.3) Avaliação global do risco

Uma vez que a probabilidade e o impacto de riscos individuais foram quantificados, o "Risco Global" é calculado para cada risco individual, multiplicando a probabilidade de cada risco pela função distribuição do impacto.

Como exemplo, a fórmula Excel que geraria o valor global do risco do risco fixo de "Acidentes com destruição de material" seria:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
16		C2	Construção	Trabalho defeituoso	0,9	0,001	0,003	0,005	0,002065107
17		C4		Má interpretação do projeto	0,5	0,001	0,002	0,003	0,001049514
18		C6		Danos a trabalhadores	0,9	0,005	0,007	0,012	0,008386818
19		C7		Impacto da construção no ambiente circundante	0,7	0,006	0,007	0,009	0,005146228
20		C8		Acidentes com destruição de material	0,5	0,001	0,005	0,01	0,003484294
21		C10		Relação entre trabalhadores	0,3	0,001	0,002	0,01	0,001666544
22		C12		Cronograma apertado	0,5	0,002	0,004	0,006	0,002493231
23		D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Eurocracias	0,3	0,006	0,008	0,011	0,002319163
				Demora na conexão com os serviços (água / n.e					

Figura 10: Exemplo de cálculo do Risco Global

É importante observar que na coluna mencionada como "Risco Global", o valor representa um valor médio para a distribuição exibida e, portanto, não reflete o quadro geral de risco.

3.6) Alocação do risco

Com os riscos discriminados e quantificados, o próximo passo do processo consiste em determinar quais os riscos individuais, e em que medida, se aplicam a cada categoria do procedimento de conceção e construção. Este passo, como todos os anteriores, deve ser realizado pela equipa interveniente em todo o projeto, com o apoio possível de consultores da área.

A equipa deverá dividir o orçamento da obra nos diversos estádios que a constitui, associando a cada um valor base que esta terá no orçamento final. A tabela seguinte mostra um exemplo de como as categorias poderão ser consideradas:

Tabela 5: Categorias a considerar (criada pelo autor)

Categorias do orçamento	Preço estimado
Projeto	
Estaleiro	
Movimento de terras	
Estrutura de betão	
Alvernarias	
Diversos	
Coberturas	
Revestimento Pavimentos	
Revestimento Paredes e tetos	
Carpintaria	
Serralharia	
Cantaria	
Equipamento Sanitário	
Equipamentos	
Pintura	
Pichelaria	
Instalação elétrica	
Rede infraestruturas	
Diversos	
Total	

Após este passo, para cada risco deve indicar-se qual a proporção em que este afeta as várias categorias da obra.

A abordagem de identificar a proporção do custo que é "influenciada" pelo risco é uma tentativa de aperfeiçoar a metodologia, para que a atribuição do aumento de custos não seja negligenciado e que o impacto final no custo não seja sobre estimado.

Para a realização desta tarefa, a equipa tem ao seu dispor uma tabela, que deverá ser preenchida o mais rigorosamente possível. Os valores devem variar entre 0 e 1. A informação será apresentada sob a forma de matriz, a seguir exemplificada:

Tabela 6: Matriz de alocação (criada pelo autor)

Categorias do orçamento	Preço estimado	Descrição do risco																							
		ID	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	F1	G1	H1	I2	
Projeto	4.500																								
Estaleiro	1.750																								
Movimento de terras	1.450																								
Estrutura de betão	56.880																								
Alvernarias	12.960																								
Diversos	18.720																								
Coberturas	4.900																								
Revestimento Pavimentos	18.360																								
Revestimento Paredes e tetos	11.880																								
Carpintaria	14.520																								
Serralharia	18.920																								
Cantaria	110																								
Equipamento Sanitário	4.800																								
Equipamentos	5.520																								
Pintura	5.760																								
Pichelaria	11.000																								
Instalação elétrica	5.200																								
Rede infraestruturas	1.400																								
Diversos	18.440																								
Total	255.270																								

3.7) Avaliação do risco

É nesta fase que se faz a análise dos resultados obtidos. Utiliza-se as capacidades do *software* “Crystal ball” para gerar os valores esperados e daí retirar as conclusões desejadas.

3.7.1) Categorias de risco

No processo de análise das categorias de risco, utiliza-se essencialmente o mesmo formato da matriz de custo / risco, usado na etapa de alocação de riscos, onde serão analisadas as categorias mais influenciadas.

A metodologia para o cálculo final do custo total de cada categoria, é calculado multiplicando o valor do custo base estimado, para essa categoria, pela proporção do risco identificado na etapa anterior e, finalmente, multiplicando esse resultado pela avaliação global do risco.

Este procedimento serve para preparar a simulação dos resultados, mas também pretende dar à equipa de gestão dos riscos a possibilidade de rever em que categoria maioritariamente estes se desenvolvem.

Apesar de estar a correr em simulação, e os valores não serem estáticos, os intervalos em que variam, dá à equipa a possibilidade de observar e controlar a categoria mais afetada.

3.7.2) Análise de sensibilidade

Uma das principais vantagens de fazer uma simulação através do *software* “Crystal Ball” é a possibilidade de realizar uma análise de sensibilidade. Com a análise de sensibilidade é possível ao utilizador ter uma perceção dos riscos com mais influência no projeto. Esta é uma análise de extrema importância, pois desta forma é possível à equipa de gestão mitigar ou controlar os riscos mais influentes.

A análise de sensibilidade é feita pelo próprio *software*. Este analisa os valores da probabilidade e da distribuição do impacto e, sob a forma de um gráfico, apresenta em que percentagem os vários riscos influenciam o custo do projeto.

O gráfico seguinte é um exemplo de como são apresentados os dados no *software*:

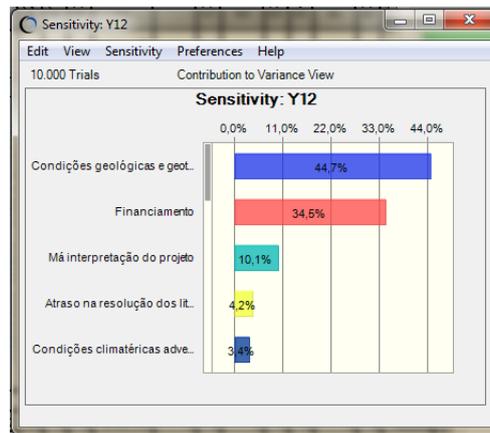


Figura 11: Exemplo de apresentação do gráfico da análise de sensibilidade (*software Crystal Ball*)

Pode ver-se que, neste exemplo, o risco “Condições geológicas e geotécnicas” tem maior influência, e contribui em 44,7% na análise do custo final.

3.7.3) Análise da contingência

A análise dos dados inseridos no *software* tem como objetivo uma visão geral sobre o impacto financeiro do risco no projeto pelo estudo da magnitude da contingência. A reserva de contingência nada mais é, que o nível de confiança da equipa de gestão do projeto sobre o custo final da obra apresentado ao cliente.

Em termos teóricos, a contingência é o nível de reserva da diferença entre o custo base estimado do projeto e o custo total do projeto gerado na estimativa da simulação. Para isso, assiste-se a utilização da curva de probabilidade cumulativa de custos.

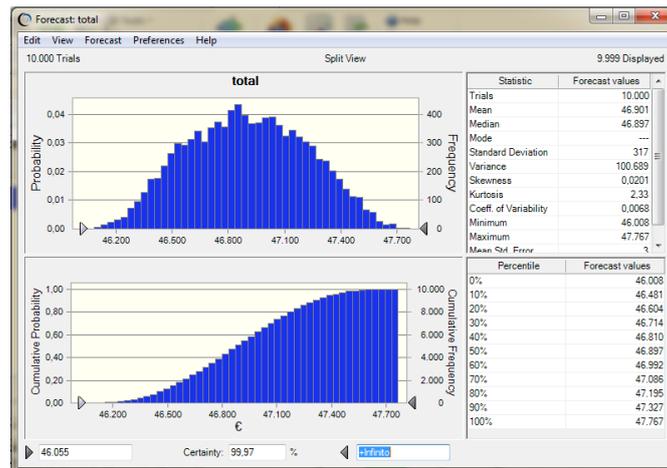


Figura 12: Exemplo gráfico de probabilidade frequente e probabilidade cumulativa frequente (*Software Crystal ball*)

Uma vez que a curva de probabilidade cumulativa foi gerada, a equipa de gestão do projeto deve verificar os valores de reserva de contingência nos vários percentis de certeza. Estes valores devem ser tidos em conta sobre o nível de contingência que a instituição quer assumir na apresentação do orçamento ao dono de obra.

4) Caso de estudo

4.1) Pressupostos

Na fase de estudo e aplicação da metodologia proposta, o autor teve a ajuda de um *focus group* dentro da instituição, que conta com 2 Engenheiros Civis, 1 Arquiteto, 1 Desenhador e 1 Construtor. Esta ajuda foi essencial, primariamente, para o fornecimento do projeto para análise e estudo da metodologia proposta, posteriormente, o autor contou com a experiência e conhecimento da equipa na quantificação e discussão de todos os parâmetros em que o estudo se desenvolve. Em todo o processo, o *background* da instituição é fundamental, logo, o envolvimento de toda uma equipa é essencial para o processo metodológico.

A escolha de um projeto que se adaptasse ao estudo em causa foi alvo de análise e discussão com as várias entidades envolvidas. A metodologia apresentada engloba muitos fatores, e a possibilidade de seleção de um projeto já realizado ou por realizar foi estudado. Por se tratar de uma análise probabilística, a escolha preferencial seria uma obra ainda por realizar, no entanto, esta opção foi inviabilizada pela falta de elementos a que o estudo obriga. Optou-se então pelo estudo de um projeto já terminado aplicado a um terreno diferente do original, uma vez que este já detém toda a informação e documentação necessária.

4.2) Apresentação do projeto

A escolha do projeto a estudar trata-se de uma moradia unifamiliar de tipologia T3 com 239.80m².



Figura 13: Projeto de implantação

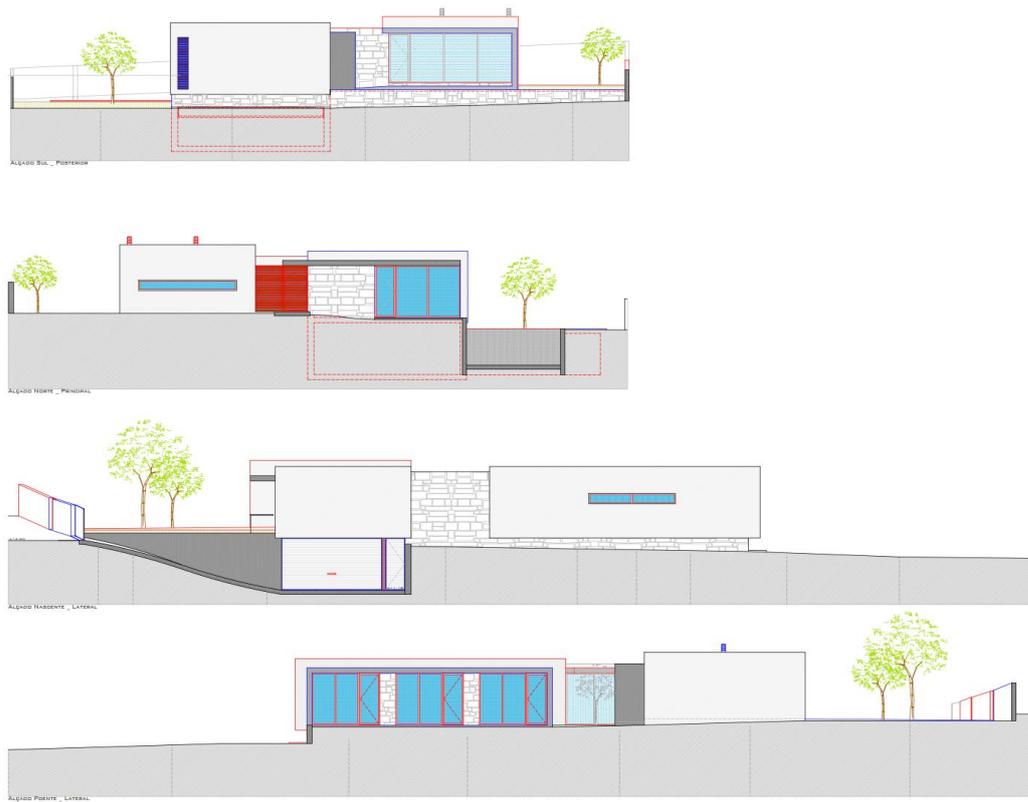


Figura 14: Alçados



Figura 15: Estudo 3D

O local de implantação será na Travessa da Liberdade II, em Arões S. Romão-Fafe.



Figura 16: Local de implantação



Figura 17: Terreno de implantação



Figura 18: Acesso ao terreno

São apresentados adicionalmente, a planta em maior dimensão e alguns cortes do projeto em **Anexo 3: Planta caso de estudo** e **Anexo 4: Cortes caso de estudo**.

4.3) Aplicação da metodologia

4.3.1) Base de dados – riscos da empresa

Tendo em conta toda a informação recolhida e estudada, seguindo o modelo preconizado pela metodologia, construiu-se a base de dados. A criação desta base de dados partiu da análise de listas de risco universais de estudos já elaborados, e também recorrendo a processos de *brainstorming* e entrevistas à equipa interveniente no projeto, contando com a experiência dos profissionais das diferentes áreas de especialização. Esta tarefa vem no propósito da obtenção de uma lista, mais extensa e completa possível.

Dado ser a primeira vez que esta tarefa é realizada, a base de dados não está tão completa e detalhada quanto se pretende, no entanto, como foi explicado no capítulo anterior, a atualização da lista presume um processo contínuo no acompanhamento de futuras obras, tornando a lista cada vez mais completa.

Em **Anexo 1: Base de dados – riscos da empresa**, apresenta-se a Base de Riscos da Empresa, detalhadamente preenchida.

4.3.2) Identificação dos riscos associados à obra

A seleção dos principais riscos associados à obra teve como suporte a base de dados, portanto, através da lista de todos os riscos, foram triados os que mais interessam na obra específica.

Esta tarefa foi realizada pelo autor com a ajuda do grupo interveniente no projeto, e todas as escolhas foram baseadas em experiência prática, validada a uma análise crítica. A seleção foi aplicada num processo de *Checklist*, apresentado em **Anexo 2: Checklist** - Seleção dos riscos, e a lista final obtida foi a seguinte:

Tabela 7: Lista de riscos associados ao caso de estudo

ID	Área de risco	Descrição do risco
A1	Cliente	Alteração de interesses
A2		Elevadas expectativas
A3		Pedidos de negociação
A5		Dificuldade de comunicação
A6		Desistência do contrato
A7		Atrasos no pagamento do contrato
B1		Terreno
B2	Incêndio	
C1	Construção	Baixa produtividade dos trabalhadores
C2		Trabalho defeituoso
C4		Má interpretação do projeto
C6		Danos a trabalhadores
C7		Impacto da construção no ambiente circundante
C9		Acidentes com destruição de material
C10		Relação entre trabalhadores
C12	Cronograma apertado	
D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias
D4		Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)
E1	Ambiente	Condições climáticas adversas
F6	Externos	Roubo de material

Pode rever-se que muitos dos riscos presentes na base de dados, apesar de existirem, não foram escolhidos para esta obra. Foi uma escolha da equipa de gestão desprezar alguns dos riscos, uma vez que a probabilidade de existirem, ou o seu impacto, são insignificantes no âmbito em que este estudo assenta.

4.3.3) Análise quantitativa

Depois de seleccionados os principais riscos que terão influência no projeto em estudo, é necessário fazer uma análise quantitativa dos mesmos. Com esta análise pretende-se determinar um valor bruto à probabilidade, e um valor distributivo ao impacto de cada risco.

É importante referir que, como estamos a fazer uma análise quantitativa todos os valores são alvo de alguma subjetividade, e podem variar consoante a experiência e o conhecimento do analista.

4.3.3.1) Probabilidade dos riscos

A estimativa das probabilidades aproximada foi suportada na tabela apresentada no capítulo 3.5.1, e os valores atribuídos resultam do consenso entre os elementos integrantes da conceção e construção da obra. Os valores obtidos foram os seguintes:

Tabela 8: Quantificação das probabilidades associadas aos riscos identificados

ID	Área de risco	Descrição do risco	Probabilidade do risco
A1	Cliente	Alteração de interesses	0,9
A2		Elevadas expectativas	0,3
A3		Pedidos de negociação	0,5
A5		Dificuldade de comunicação	0,5
A6		Desistência do contrato	0,3
A7		Atrasos no pagamento do contrato	0,5
B1		Terreno	Condições geológicas desconhecidas
B2	Incêndio		0,9
C1	Construção	Baixa produtividade dos trabalhadores	0,5
C2		Trabalho defeituoso	0,9
C4		Má interpretação do projeto	0,9
C6		Danos a trabalhadores	0,3
C7		Impacto da construção no ambiente circundante	0,7
C9		Acidentes com destruição de material	0,3
C10		Relação entre trabalhadores	0,3
C12		Cronograma apertado	0,7
D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias	0,7
D4		Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)	0,5
E1	Ambiente	Condições climáticas adversas	0,3
F6	Externos	Roubo de material	0,3

4.3.3.2) Impacto dos riscos

A avaliação dos impactos pelo método dos 3 Pontos foi obtida da mesma forma de *brainstorming* utilizada nos passos anteriores. Portanto, os intervalos obtidos foram os seguintes:

Tabela 9: Quantificação do impacto associado aos riscos identificados

ID	Área de risco	Descrição do risco	Impacto		
			Melhor caso	Esperado	Pior Caso
A1	Cliente	Alteração de interesses	0,004	0,007	0,01
A2		Elevadas expectativas	0,006	0,008	0,009
A3		Pedidos de negociação	0,005	0,008	0,01
A5		Dificuldade de comunicação	0,002	0,005	0,007
A6		Desistência do contrato	0,006	0,01	0,015
A7		Atrasos no pagamento do contrato	0,002	0,007	0,01
B1		Terreno	Condições geológicas desconhecidas	0,002	0,005
B2	Incêndio		0,003	0,006	0,011
C1	Construção	Baixa produtividade dos trabalhadores	0,007	0,009	0,01
C2		Trabalho defeituoso	0,003	0,006	0,009
C4		Má interpretação do projeto	0,001	0,002	0,003
C6		Danos a trabalhadores	0,005	0,007	0,012
C7		Impacto da construção no ambiente circundante	0,003	0,007	0,009
C9		Acidentes com destruição de material	0,001	0,005	0,01
C10		Relação entre trabalhadores	0,001	0,002	0,003
C12		Cronograma apertado	0,002	0,005	0,008
D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias	0,006	0,008	0,01
D4		Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)	0,002	0,007	0,009
E1	Ambiente	Condições climáticas adversas	0,001	0,005	0,01
F6	Externos	Roubo de material	0,005	0,01	0,015

4.3.3.3) Avaliação global do risco

Depois da atribuição dos valores de probabilidades e impacto dos riscos, é feita a avaliação global. Os valores são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 10: Determinação do Risco Global

ID	Área de risco	Descrição do risco	Probabilidade do risco	Impacto			Risco Global
				Melhor caso	Esperado	Pior Caso	
A1	Cliente	Alteração de interesses	0,9	0,004	0,007	0,01	0,005318659
A2		Elevadas expectativas	0,3	0,006	0,008	0,009	0,002086094
A3		Pedidos de negociação	0,5	0,005	0,008	0,01	0,003229906
A5		Dificuldade de comunicação	0,5	0,002	0,005	0,007	0,002470937
A6		Desistência do contrato	0,3	0,006	0,01	0,015	0,00228376
A7		Atrasos no pagamento do contrato	0,5	0,002	0,007	0,01	0,001845013
B1		Terreno	Condições geológicas desconhecidas	0,5	0,002	0,005	0,008
B2	Incêndio		0,9	0,003	0,006	0,011	0,003245626
C1	Construção	Baixa produtividade dos trabalhadores	0,5	0,007	0,009	0,01	0,003897384
C2		Trabalho defeituoso	0,9	0,003	0,006	0,009	0,004987771
C4		Má interpretação do projeto	0,9	0,001	0,002	0,003	0,001925432
C6		Danos a trabalhadores	0,3	0,005	0,007	0,012	0,002350476
C7		Impacto da construção no ambiente circundante	0,7	0,003	0,007	0,009	0,004701072
C9		Acidentes com destruição de material	0,3	0,001	0,005	0,01	0,001023211
C10		Relação entre trabalhadores	0,3	0,001	0,002	0,003	0,000744684
C12		Cronograma apertado	0,7	0,002	0,005	0,008	0,004530608
D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias	0,7	0,006	0,008	0,01	0,005617719
D4		Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)	0,5	0,002	0,007	0,009	0,002663028
E1	Ambiente	Condições climáticas adversas	0,3	0,001	0,005	0,01	0,002351446
F6	Externos	Roubo de material	0,3	0,005	0,01	0,015	0,002951503

4.3.4) Alocação do risco

No passo seguinte quantificam-se os preços das várias categorias que compõem a obra. Os valores são determinados através do orçamento base, apresentado no **Anexo 5: Orçamento caso de estudo**.

Tabela 11: Valores das diferentes categorias da obra (valores em euros)

Categorias do orçamento	Preço estimado
Projeto	4.500
Estaleiro	1.750
Movimento de terras	1.491
Estrutura de betão	56.884
Alvernarias	12.961
Diversos	14.712
Coberturas	4.902
Revestimento Pavimentos	18.367
Revestimento Paredes e tetos	11.860
Carpintaria	14.553
Serralharia	18.927
Cantaria	113
Equipamento Sanitário	4.800
Equipamentos	5.551
Pintura	5.760
Pichelaria	11.050
Instalação elétrica	5.250
Rede infraestruturas	3.400
Diversos	18.444
Total	215.276

A seguir procede-se à atribuição das proporções que cada risco terá sobre as diferentes categorias. Os valores da alocação do risco são descritos na seguinte tabela:

Tabela 12: Índices de alocação dos riscos

ID	A1	A2	A3	A5	A6	A7	B1	B2	C1	C2	C4	C6	C7	C9	C10	C12	D1	D4	E1	F6	Descrição do risco
Alteração de interesses																					
Elevadas expectativas																					
Perdidos de negociação																					
Dificuldade de comunicação																					
Desistência do contrato																					
Atrasos no pagamento do contrato																					
Condições geológicas desconhecidas																					
Incêndio																					
Baixa produtividade dos trabalhadores																					
Trabalho de excesso																					
Má interpretação do projeto																					
Danos a trabalhadores																					
Impacto da construção no ambiente circundante																					
Acidentes com destruição de material																					
Relação entre trabalhadores																					
Cronograma apertado																					
Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias																					
Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)																					
Condições climáticas adversas																					
Roubo de material																					
Categorias do orçamento	Preço estimado																				
Projeto	4.500	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Estaleiro	1.750	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	0	1	1
Movimento de terras	1.491	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	0	1	1
Estrutura de betão	56.884	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Alvernarias	12.961	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Diversos	14.712	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Coberturas	4.902	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Revestimento Pavimentos	18.367	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Revestimento Paredes e tetos	11.860	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Carpintaria	14.553	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Serralharia	18.927	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Cantaria	113	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Equipamento Sanitário	4.800	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Equipamentos	5.551	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Pintura	5.760	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Pichelaria	11.050	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	1	1	1
Instalação elétrica	5.250	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	1	1	1
Rede infraestruturas	3.400	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	1	1	1
Diversos	18.444	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,1	1	1	1	1	0	1	1
Total	215.276																				

4.3.5) Avaliação do risco

Após concluir a introdução dos dados necessários, reúnem-se condições de fazer a análise das capacidades da metodologia proposta. Validando o que estava previsto pelos fundamentos teóricos que serviram de alicerce a todos os procedimentos, pretende-se então, avaliar os riscos.

4.3.5.1) Categorias de risco

A presente metodologia tem como principal objetivo a gestão dos riscos associados à projeção e construção. Assim, o primeiro resultado esperado será prever nas fases do projeto em que os riscos identificados terão maior impacto. A tabela seguinte mostra a categoria mais influenciada:

Tabela 13: Avaliação da categoria de risco

Categorias	Preço estimado	Descrição do risco																		Soma			
		A1	A2	A3	A5	A6	A7	B1	B2	C1	C2	C4	C6	C7	C9	C10	C12	D1	D4		E1	F6	
Projeto	400	23,33	9,39	14,53	11,13	10,26	8,30	10,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,32	0,00	25,20	0,00	0,00	0,00	116,21
Estabeleto	1.750	9,31	3,65	5,65	4,32	4,00	3,22	3,92	5,68	6,82	8,72	3,37	4,11	4,11	3,79	3,30	7,93	9,88	0,00	4,12	5,17	0,00	97,04
Movimento de terras	1.491	7,98	3,11	4,80	3,68	3,41	2,75	3,34	4,84	5,81	7,44	2,87	3,51	3,51	3,51	1,11	6,70	8,38	0,00	3,51	4,40	0,00	82,69
Estrutura de betão	56.884	302,55	118,67	183,73	140,52	129,92	104,95	0,00	184,63	221,70	283,72	109,53	133,71	26,74	58,20	42,36	257,72	319,56	0,00	133,76	167,89	0,00	2.028,89
Divertimentos	12.861	68,54	27,04	41,86	32,00	29,84	23,97	0,00	42,07	50,51	64,63	24,96	30,46	6,00	13,35	9,65	58,72	72,87	0,00	30,46	38,24	0,00	665,24
Diversos	14.712	75,25	30,68	47,52	36,53	33,60	27,14	0,00	47,75	57,34	73,38	28,33	34,98	6,50	15,00	10,96	66,62	82,60	0,00	34,98	43,42	0,00	755,11
Coberturas	4.902	26,07	10,23	15,81	12,11	11,24	9,05	0,00	15,91	19,11	24,45	9,44	11,52	2,30	5,00	3,65	22,21	27,54	0,00	11,53	14,47	0,00	251,63
Revestimento Pavimentos	18.367	97,68	38,32	59,32	45,38	41,99	33,89	0,00	59,61	71,88	91,61	35,30	43,17	8,63	18,79	13,68	83,21	103,18	0,00	43,19	54,21	0,00	942,78
Revestimento Paredes e tetos	11.860	60,08	24,74	38,31	29,23	27,05	21,88	0,00	38,29	46,22	59,18	22,24	27,88	5,51	12,14	8,83	53,73	66,63	0,00	27,88	35,01	0,00	698,81
Capatazia	14.553	73,84	30,34	47,00	36,54	33,24	26,80	0,00	47,23	56,72	72,24	28,03	34,11	6,80	14,88	10,84	69,52	87,12	0,00	34,12	42,65	0,00	747,03
Serralhaia	18.927	100,67	39,48	61,13	46,77	43,23	34,90	0,00	61,43	73,77	94,41	36,44	44,48	8,90	19,37	14,08	85,72	106,33	0,00	44,51	55,88	0,00	971,53
Canaria	113	0,66	0,23	0,36	0,28	0,26	0,21	0,00	0,37	0,44	0,56	0,22	0,26	0,05	0,12	0,08	0,51	0,63	0,00	0,26	0,33	0,00	5,77
Equipamento Sanitário	4.800	25,33	10,01	15,38	11,80	10,94	8,68	0,00	15,38	18,71	23,94	9,24	11,28	2,20	4,91	3,51	21,73	26,97	0,00	11,28	14,17	0,00	246,28
Equipamentos	5.551	29,33	11,58	17,51	13,72	12,68	10,10	0,00	19,01	23,04	29,24	10,82	13,02	2,51	5,68	4,13	25,12	31,38	0,00	13,02	16,38	0,00	284,30
Pintura	5.760	30,63	12,01	18,00	14,22	13,11	10,48	0,00	18,69	22,65	28,72	11,09	13,54	2,71	5,88	4,28	26,00	32,38	0,00	13,54	17,00	0,00	295,64
Picheitaria	11.050	58,77	23,05	35,69	27,31	25,24	20,39	0,00	35,88	43,07	55,11	21,20	25,97	5,10	11,31	8,22	50,00	62,08	29,43	25,98	32,61	0,00	596,63
Instalação elétrica	5.200	27,52	10,59	16,58	12,67	11,69	9,69	0,00	17,04	20,46	26,15	10,11	12,34	2,40	5,31	3,81	23,78	29,48	13,28	12,33	15,54	0,00	284,47
Rede hidro-sanitaria	3.400	18,08	7,08	10,98	8,41	7,78	6,27	0,00	11,03	13,21	16,94	6,29	7,69	1,40	3,08	2,23	13,81	17,11	8,02	7,69	10,04	0,00	183,38
Diversos	18.444	98,11	38,48	59,57	45,51	42,12	34,03	0,00	59,88	71,88	91,99	35,51	43,35	8,67	18,87	13,73	83,50	103,61	0,00	43,37	54,44	0,00	1.046,74
Total	215.276																						2.062,77

Como podemos observar a categoria mais influenciada é a “Estrutura de betão”. É espectável que esta seja a que tem maior influência dos riscos, uma vez que é uma das fases sujeita a mais incertezas, e também por se tratar da mais dispendiosa, logo, qualquer risco associado à mesma terá um custo elevado.

Visto ser uma categoria associada a elevados custos, para controlar alguns dos riscos que poderão surgir, esta fase deverá ser regularmente acompanhada e verificada pelos elementos constituintes da equipa de projeto. Este acompanhamento deverá ser

feito por visitas periódicas ao local, pois é nesta fase que qualquer risco associado apresentará um grande impacto na obra. Desta forma, com a experiência e *background* da equipa de projeto é possível vistoriar a obra e aplicar imediatamente medidas de controlo/mitigação dos riscos.

4.3.5.2) Análise de sensibilidade

Este processo foi realizado com auxílio ao *software* informático “Crystal ball”, onde é possível fazer a análise de sensibilidade que nos dará informação de quais os riscos que terão maior influência no custo final do projeto.

Assim sendo, é possível gerar no *software* o gráfico das percentagens que terão maior influência no projeto:

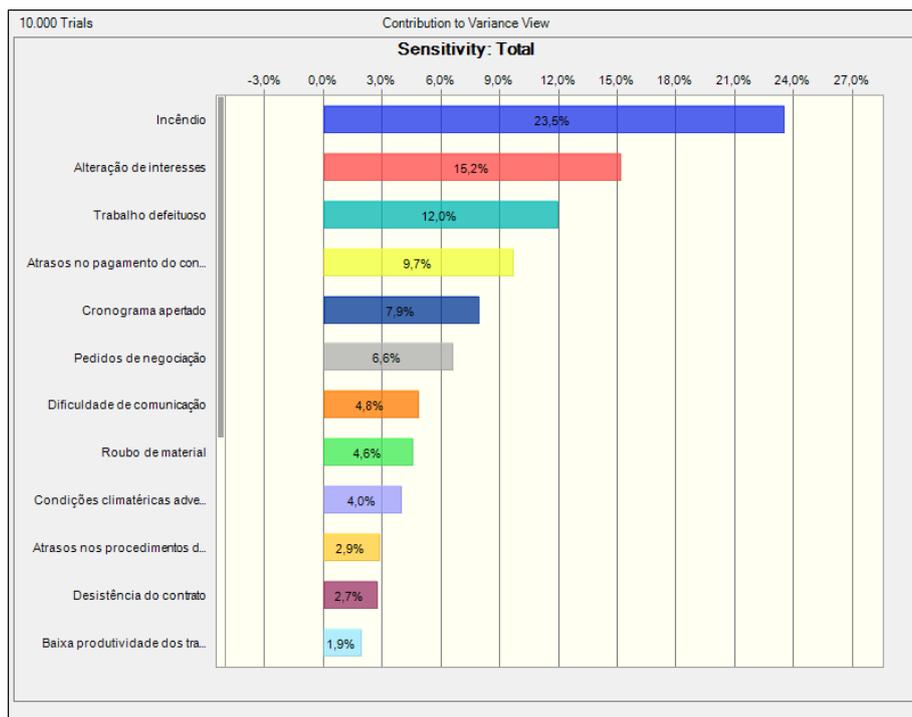


Figura 19: Análise de sensibilidade

Podem observar-se que os três principais riscos são, “Incêndio”, “Alteração de interesses” e “Trabalho defeituoso”. Portanto, é de extrema importância fazer uma análise sobre estes, a fim de controlar os custos associados.

A) Incêndio

Pela análise do gráfico gerado pelo “Crystal ball” pode observar-se que uma das incertezas mais eminentes na análise foi o risco de incêndio. Era de se esperar uma que este risco predomine, pois estamos perante um terreno numa zona fortemente germinada por vegetação autóctone. Por se tratar de uma incerteza que pode ocorrer sobre as várias fases de construção, qualquer dano causado por este risco incidirá sobre a equipa contratada para realizar a obra. Como se pode ver pela imagem abaixo, o terreno encontra-se no centro de uma faixa florestal.



Figura 20: Envolvente do local de implantação

Relativamente à mitigação deste risco apresentam-se as seguintes medidas:

- Decapar a vegetação na área circundante do terreno da obra;
- Realizar o corte e manuseamento dos materiais em zonas específicas que não provoquem risco de fogo em zonas da obra;
- Disponibilidade de extintores convenientemente posicionados dentro do terreno da obra;
- Armazenagem, em local devidamente seguro, dos materiais inflamáveis;
- Vistoria sobre os equipamentos utilizados.

B) Alteração de interesses

Como se pode verificar, a alteração de interesses é outro dos riscos maiores da obra. Por se tratar de um projeto em que a obra será para usufruto do próprio Dono de Obra, prevê-se que este seja afeto a mudanças de interesse e vontades ao longo da empreitada. Este tipo de risco foi majorado pela experiência dos analistas (*focus group*) pois, desde o início até às fases de conclusão da obra, em projetos desta natureza, o dono de obra pretende alterações.

Em reunião com a equipa da empresa onde este estudo se insere, todos foram unânimes em afirmar que este é, historicamente, um risco quase certo. Esta alteração deve-se principalmente a mudança de gostos ou mudança de ideias no estilo do edificado. A maior preocupação sobre a “Alteração de interesses” é o seu grau de incerteza, pois pode ocorrer em diferentes fases, desde o projeto até aos acabamentos da obra.

Apesar de que é o Dono de obra que assume o custo direto das alterações pretendidas, existem outros fatores indiretos associados às alterações na obra. A provável alteração do projeto, atrasos na construção, demolição e transporte de resíduos, acarretam custos destinados à instituição.

No combate efetivo deste risco propõe-se as seguintes medidas:

- Criação de imagens 3D ou maquetes do aspeto final;
- Reuniões periódicas com o dono de obra;
- Apresentação de várias soluções por parte do projetista na apresentação do projeto;
- Visitas constantes do dono de obra com acompanhamento da equipa de conceção e construção, durante a fase de construção.

C) Trabalho defeituoso

É um risco muito frequente, por isso é traduzido neste estudo como um dos mais desfavoráveis. Este risco traduz-se maioritariamente em erros de construção. Dependendo do estado de construção, este risco tende a ser mais grave quanto mais tardio for detetado. Apesar da gravidade em termos financeiros não ser muitas vezes significativa, a frequência com que ocorre é grande, o que torna a probabilidade deste risco bastante elevada. Além de que, este risco poderá afetar todas as fases de construção da obra. Visto o preço final apresentado ao dono de obra ser fixo, é sobre a instituição que executa o projeto que recaem todos os custos deste risco.

Para mitigar este risco, podem ser adotadas as seguintes medidas:

- Formação dos trabalhadores;
- Execução de desenhos de pormenor devidamente detalhados;
- Acompanhamento da obra por parte da equipa de projeto.

4.3.5.3) Análise da contingência

Seguindo a metodologia proposta, o objetivo final será o cálculo do impacto financeiro dos riscos do projeto e, para isso, deve determinar-se a magnitude da contingência.

Para o cálculo da contingência, e com o apoio do *software* “Crystal ball”, podemos gerar o gráfico de probabilidade frequência e o gráfico de probabilidade frequência cumulativa.

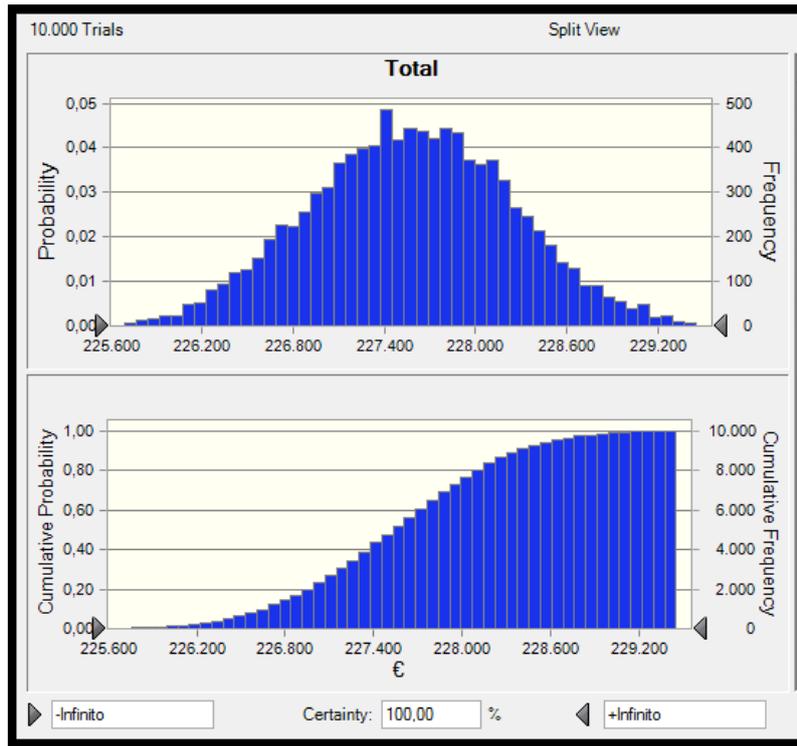


Figura 21: Gráfico de probabilidade frequência e de probabilidade frequência cumulativa

Estamos em condições de verificar quais são as reservas para contingências nos diversos percentis. Para isso, determinamos no próprio *software* a curva de probabilidade cumulativa:

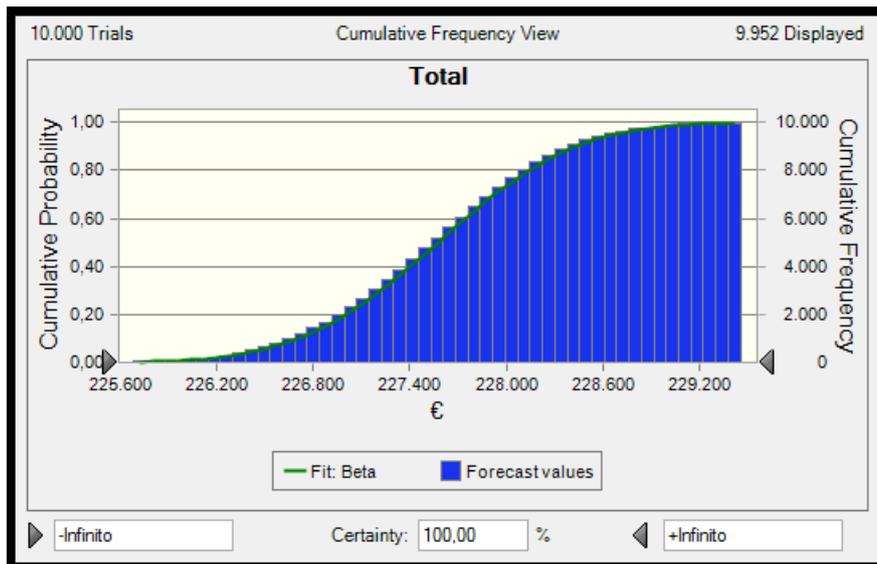


Figura 22: Curva de probabilidade cumulativa

Uma vez que a curva de probabilidade cumulativa foi gerada, pode então verificar-se quais os valores dos diferentes percentis.

Tabela 14: Percentil e valores de contingência

Percentil	Valores
0%	224.826€
10%	226.693€
20%	226.998€
30%	227.214€
40%	227.402€
50%	227.577€
60%	227.753€
70%	227.932€
80%	228.138€
90%	228.427€
100%	230.389€

Os resultados para a curva de probabilidade de custo não são surpreendentes. Para um projeto com um custo base de 215.276€, os parâmetros de custo total do projeto, ajustados ao risco, foram:

Custo mínimo: 224.826€

Custo médio: 227.577€

Custo máximo: 230.389€

Como analisam-se os riscos como incertezas que aumentam os custos, era espectável que os intervalos de valores fossem sempre superiores ao custo base. Pelo que pode observar-se, depois de quantificados os riscos, os valores de contingência do projeto situar-se-ão entre 225.286€ e 230.550€. Portanto, podemos dizer que, após analisados os riscos, o custo da obra poderá aumentar entre 10.010€ e 15.274€. Isto significa que a conceção e construção do empreendimento ficará entre 4.44% e 7.02% mais caro do que o orçamento previsto.

Tabela 15: Percentagem de contingência

Percentil	Valores	Percentagem
0%	224.826 €	4,44%
10%	226.693 €	5,30%
20%	226.998 €	5,45%
30%	227.214 €	5,55%
40%	227.402 €	5,63%
50%	227.577 €	5,71%
60%	227.753 €	5,80%
70%	227.932 €	5,88%
80%	228.138 €	5,97%
90%	228.427 €	6,11%
100%	230.389 €	7,02%

Portanto, a presente tabela informa sobre a gama de valores do grau de contingência a que a conceção e construção do projeto serão afetadas. Os valores apresentados servirão de referência à instituição que executa o projeto sobre o grau de risco que pretende correr ao apresentar o custo da obra ao cliente.

Os valores do estudo são valores relativamente elevados, no entanto, a gravidade dos resultados não são além da conceção. Podem ser explicados pelo pessimismo na classificação inerente ao impacto e probabilidade do risco ou, simplesmente in experiência com este tipo de categorização dos riscos.

5) Conclusões

Devido à situação económica em que Portugal se encontra, verifica-se cada vez mais que as organizações procuram aumentar as vendas e reduzir os custos. A escolha deste tema teve como principal motivação a procura de ferramentas e formas de fomentar uma alteração de mentalidades e costumes que atualmente existe no seio da construção, fundamentando o estudo sobre a boa gestão dos seus projetos e o melhor planeamento e controlo dos mesmos.

Como foi apresentado neste estudo, no sector da construção abundam situações em que é provável a ocorrência de falhas. Partindo deste facto, esta dissertação disseminou uma atitude defensiva na deteção e prevenção das virtuais incertezas associadas aos projetos de construção. A análise de risco traduz-se como uma confiança depositada na empresa, por parte do cliente. Fazer um estudo pormenorizado de todo o projeto, garantindo assim um desenvolvimento detalhado de todas as etapas do processo construtivo, é essencial. No entanto, o sector em causa é suscetível a diversas circunstâncias que tornam o estudo num inconveniente do ponto de vista económico da empresa, portanto, esta dissertação fortaleceu a criação e utilização de ferramentas que facilitem o estudo dos mesmos.

Com a proposta de uma metodologia, foi possível tornar os processos de gestão de riscos metódicos e uniformizados, facilitando e homogeneizando a gestão de riscos no interior de uma organização. Desta forma, foi possível apresentar uma solução prática de gestão de riscos, passível de analisar convenientemente um projeto de construção onde a introdução dos dados e a avaliação dos resultados se mostra bastante intuitiva.

O contorno deste estudo foi suficiente para demonstrar que a metodologia proposta, apoiada pelo *software* selecionado (Crystal ball), responde às exigências espectáveis de estudo sobre a decisão da categoria mais influenciada e ainda uma análise credível sobre os principais riscos do projeto. Esta análise mostra-se elementar para a transferência, controle ou mitigação dos riscos fundamentais.

A presente dissertação visou um testemunho sobre a viabilidade da ligação da análise de risco aos custos individuais, usando esses dados para gerar probabilisticamente os resultados sobre potenciais reservas de contingência. Na verdade, a abordagem com o uso do *software* “Crystal Ball” para a criação de reservas de contingência, mostrou-se eficaz na integridade da metodologia. O objetivo principal de criar um ambiente onde fosse possível prever as condicionantes em termos de custo sobre a concepção e a construção do projeto foi satisfeito, e ficou provado com os resultados obtidos que a quantificação probabilística da contingência é um ótimo veículo para qualquer entidade fazer a gestão sobre o grau de risco que pretende ou não enfrentar. Desta forma, as organizações não se arriscam de forma desmesurada, o que influenciará, principalmente, as de menor dimensão a apresentarem propostas com melhores níveis de confiança.

No entanto, os conceitos matemáticos e probabilísticos que estão envolvidos nos processos da metodologia para quantificar o risco não são 100% exatos. São assumidas probabilidades e estimativas de impacto, logo, a atribuição de qualquer valor carece de uma análise crítica e fundada por parte de quem executa, ou de quem avalia e quantifica os parâmetros arbitrados. Considera-se então, que para a aplicação eficaz da metodologia a figura de Gestor de Riscos (unipessoal ou equipa) possua experiência e conhecimento na quantificação destes valores.

A título final, faz-nos crer que, depois deste estudo realizado, é ainda um tema demasiadamente desconsiderado, comparativamente com a importância que detém. É fácil observar a resultância das entidades à criação de um processo de Gestão de riscos, e a ideia de ser dispendioso está patente em todas as abordagens. Desejamos com este trabalho anular esse estigma e alertar para a sua importância. É de convicção nossa que, a proposta de uma nova abordagem à análise de risco, contribua de forma positiva e prática para o desenvolvimento profissional da Gestão de riscos em projetos de construção.

6) Investigações futuras

Uma das vantagens que verificamos aquando do estudo e aplicação do *software* é que este pode ser utilizado também na análise dos riscos sob os prazos em projetos de construção. Normalmente, a análise de riscos da programação e os riscos de custo tendem a ser gerenciados e analisados separadamente. Como objetivo de uma futura análise, seria encontrar uma maneira de descrever o risco nos prazos utilizando uma abordagem semelhante à proposta nesta dissertação, depois, integrar esta análise com a análise de risco nos custos. Desta forma, o tempo e as contingências financeiras poderiam ser adaptados num processo integrado.

Dadas as limitações na execução deste estudo, pretende-se que a presente metodologia seja futuramente desenvolvida, aplicando-a num maior número de casos de estudos com diferentes tipologias e condições de construção. Era de todo o interesse a aplicação da metodologia proposta a um projeto desde o início até à conclusão pois, só desta forma seria possível acompanhar e validar de forma manifesta os resultados obtidos com a realidade.

7) Bibliografia

- Challal, Abdelhak, e Mohamed Tkiouat . “Qualitative Approach Risk Period in Construction Projects.” *Journal of Financial Risk Management*, 2012: 42-51.
- Akintoye, Akintola S., e Malcolm J. MacLeod. “Risk analysis and management in construction.” *International Journal of Project Management*, 1997: 31-38.
- APM, The Association Of Project Managers. *Project Risk Analysis and Management*. 2000.
- Apostol-Maurer, Iulia. “Comparative Analysis and Evaluation of Existing Risk Management Software.” *Informatica Economică*, 2007: 47 - 51.
- Banaitis , Audrius, e Nerija Banaitiene. “Risk Management in Construction Projects.” In *Risk Management – Current Issues and Challenges*, Capítulo 19. 2012.
- Banaitis , Audrius, e Nerija Banaitiene. “Risk Management in Construction Projects.” In *Risk Management – Current Issues and Challenges*, Capítulo 19. 2012.
- BurtonShAw-Gunn, Simon A. “Risk and Financial Management in Construction.” *Ashgate*. 2009.
http://www.ashgate.com/pdf/SamplePages/Risk_Financial_Management_Construction_Intro.pdf (acedido em 16 de Fevereiro de 2014).
- Chan, Daniel W.M. , Albert P.C. Chan, Patrick T.I. Lam, John F.Y. Yeung, e Joseph H.L. Chan. “Risk ranking and analysis in target cost contracts: Empirical evidence from.” *International Journal of Project Management* , 2011: 751–763.
- Chapman, Chris, e Stephen Ward. *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- Charnes, John. *Financial Modeling with Crystal Ball and Excel*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- Cooper, Dale, Stephen Grey, Geoffrey Raymond, e Phil Walker. *Project Risk Management Guidelines: Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*. John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- Doloi, Hemanta. “Understanding impacts of time and cost related.” *International Journal of Strategic Property Management*, 2012: 316-337.
- DSMC, Defense Systems Management College. “Risk Management: Concepts and Guidance.” 1989.

- Estrela, Miguel Paulo Medeiros Vieira da. *Metodologia de análise e controlo de Risco dos prazos em*. Universidade Técnica de Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2008.
- FERMA. *Risk Management Standard (Norma de Gestão de Risco)*. Federation of European Risk Management Associations, 2003.
- Hobbs, Jeremy. *A Methodology for Setting Contingency Reserves Using Probabilistic Cost Risk*. 2010.
- Hubbard, Douglas W. *The Failure of Risk Management*. John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- Hwang, Bon-Gang, Xianbo Zhao, e Li Ping Toh. “Risk management in small construction projects in Singapore: Status, barriers and impact.” *International Journal of Project Management* , 2014: 116-124.
- IEC/FDIS31010. *Risk management — Risk assessment techniques*. International Standard, 2009.
- ISO/DIS31000. *Risk management — Principles and guidelines on implementation*. International Standard, 2009.
- Jia, Guangshe, et al. “Measuring the maturity of risk management in large-scale construction projects.” *Science Direct*, 2012: 56-66.
- Karim , Nur Alkaf Abd, Ismail Abd. Rahman , Aftab Hameed Memmon, Nurhidayah Jamil, e Ade Asmi Abd. Azis . “Significant Risk Factors in Construction Projects.” *Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research*. Sabah Malaysia , 2012.
- Marcelino-Sádaba, Sara, Amaya Pérez-Ezcurdia, Angel M. Echeverría Lazcano, e Pedro Villanueva. “Project risk management methodology for small firms.” *International Journal of Project Management*, 2014: 327-340.
- Metzger, Jason N., Robert A. Fjeld, Jana S. Hammonds, e F. Owen Hoffman. “Software review: Evaluation of Software for Propagating Uncertainty Through Risk Assessment Models.” *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, s.d.: 263-290.
- Moraes, Luiza Tassinari. *Análise de riscos vinculada a custos: Um estudo de caso*. São Paulo, 2009.
- Osipova, Ekaterina , e PER ERIK ERIKSSON. “How procurement options influence risk management in construction projects.” *Construction Management and Economics* , 2011: 1149-1158.

- PMI, Project Management Institute. *Guia PMBOK: Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos - Terceira edição*. Project Management Institute, Inc., 2004.
- Rezakhani, Pejman. “Classifying Key Risk Factors in Construction.” 2012.
- Schatteman, Damien , Willy Herroelen, Stijn Van de Vonder, e Anton Boone. “Methodology for Integrated Risk Management and Proactive Scheduling of Construction Projects.” *Journal of construction engineering and management*, 2008.
- Sugiyama, Sam. “Monte Carlo Simulation/Risk Analysis on a Spreadsheet: Review of Three Software Packages.” *Foresight*, 2008: 36-42.
- Teixeira, José Cardoso, Janusz Kulejewski, Michał Krzemiński, e Jacek Zawistowski. “Risk in building design and construction.” *Designing Buildings Wiki*. 2011. http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Risk_in_building_design_and_construction (acedido em 5 de Fevereiro de 2014).
- Tworek, Piotr. “Integrated risk management en construction enterprises - theoretical approach.” *Journal of Economics & Management*, 2012: Volume 8.
- U.S. Department of Transportation. “Risk assessment and allocation for highway construction management.” 2006. <http://international.fhwa.dot.gov/riskassess/index.cfm> (acedido em Fevereiro de 2014).
- Wideman, R. Max. *Risk Management : A Guide to Managing Project Risks and Opportunities*. Project Management Institute, 1992.
- Xing-xia, WANG, e HUANG Jian-wen. “Risk Analysis of Construction Schedule Based on Monte Carlo Simulation.” China, 2009.
- Yi, Wen, e Albert P.C. Chan. *Optimizing workerest schedule for construction rebar workers in hot and humid environment*. Hong Kong: Elsevier Ltd., 2012.
- Zou, Patrick X.W., Guomin Zhang, e Jia-Yuan Wang. “Identifying Key Risks in Construction Projects: Life Cycle and Stakeholder Perspectives.” *Pacific Rim Real Estate Society*. 2006. http://prres.net/Papers/Zou_risks_in_construction_projects.pdf (acedido em 20 de Fevereiro de 2014).

8) Anexos

Anexo 1: Base de dados – riscos da empresa

ID	Área de risco	Descrição do risco
A1	Cliente	Alteração de interesses
A2		Elevadas expectativas
A3		Pedidos de negociação
A4		Pouco conhecimento da área
A5		Dificuldade de comunicação
A6		Desistência do contrato
A7		Atrasos no pagamento do contrato
B1	Terreno	Condições geológicas desconhecidas
B2		Incêndio
B3		Existência de canais de água
B4		Restrições de acessos à obra
B5		Existência de fosses
B6		Dados topográficos imprecisos
B7		Existência de espécies protegidas
C1	Construção	Baixa produtividade dos trabalhadores
C2		Trabalho defeituoso
C3		Indisponibilidade de equipamentos contratados a terceiros
C4		Má interpretação do projeto
C5		Demora na aquisição de material ou maquinaria especial
C6		Danos a trabalhadores
C7		Impacto da construção no ambiente circundante
C8		Necessidade de realizar ensaios, testes ou amostras
C9		Acidentes com destruição de material
C10		Relação entre trabalhadores
C11		Materiais defeituosos
C12		Cronograma apertado
C13		Erros na aplicação de novas técnicas
C14		Aumento do preço dos materiais
C15		Indisponibilidade de materiais e entrega
D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias
D2		Mudança nos regulamentos
D3		Falta de apoio
D4		Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)
D5		Mudança nas leis
E1	Ambiente	Condições climáticas adversas
E2		Ataque de sais (proximidade do mar)
E3		Risco sísmico
F1	Externos	Pressões ambientais
F2		Terrorismo
F3		Negligência
F4		Tensão no mercado de trabalho / Greves
F5		Necessidade de contratar segurança
F6		Roubo de material
F7		Competitividade
G1	Financeiros / Económicos	Inflação
G2		Flutuação do valor do euro
G3		Aumento das taxas de juro

Anexo 2: Checklist - Seleção dos riscos

ID	Área de risco	Descrição do risco	Incluir na obra?
A1	Cliente	Alteração de interesses	X
A2		Elevadas expectativas	X
A3		Pedidos de negociação	X
A4		Pouco conhecimento da área	
A5		Dificuldade de comunicação	X
A6		Desistência do contrato	X
A7		Atrasos no pagamento do contrato	X
B1	Terreno	Condições geológicas desconhecidas	X
B2		Incêndio	X
B3		Existência de canais de água	
B4		Restrições de acessos à obra	
B5		Existência de fosséis	
B6		Dados topográficos imprecisos	
B7		Existência de espécies protegidas	
C1	Construção	Baixa produtividade dos trabalhadores	X
C2		Trabalho defeituoso	X
C3		Indisponibilidade de equipamentos contratados a terceiros	
C4		Má interpretação do projeto	
C5		Demora na aquisição de material ou maquinaria especial	
C6		Danos a trabalhadores	X
C7		Impacto da construção no ambiente circundante	X
C8		Necessidade de realizar ensaios, testes ou amostras	
C9		Acidentes com destruição de material	X
C10		Relação entre trabalhadores	X
C11		Materiais defeituosos	
C12		Cronograma apertado	X
C13		Erros na aplicação de novas técnicas	
C14		Aumento do preço dos materiais	
C15		Indisponibilidade de materiais e entrega	
D1	Órgãos governamentais	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação / Burocracias	X
D2		Mudança nos regulamentos	
D3		Falta de apoio	
D4		Demora na conexão com os serviços (água / electricidade / saneamento)	X
D5		Mudança nas leis	
E1	Ambiente	Condições climáticas adversas	
E2		Ataque de sais (proximidade do mar)	
E3		Risco sísmico	
F1	Externos	Pressões ambientais	
F2		Terrorismo	
F3		Negligência	
F4		Tensão no mercado de trabalho / Greves	
F5		Necessidade de contratar segurança	
F6		Roubo de material	X
F7		Competitividade	
G1	Financeiros / Económicos	Inflação	
G2		Flutuação do valor do euro	
G3		Aumento das taxas de juro	

Anexo 3: Planta caso de estudo



Anexo 4: Cortes caso de estudo



Anexo 5: Orçamento caso de estudo

OBRA: CONSTRUÇÃO DE MORADIA UNIFAMILIAR - FAFE					
Art.º	Descrição	Unid.	Quantidades	Preço unitário	Total
0	ESTALEIRO				
0.1	Montagem, construção, manutenção e desmontagem do estaleiro	vg	1	1.500,00	1.500,00 €
0.2	Elaboração do plano de segurança e saúde do estaleiro, que deverá ser desenvolvido pelo adjudicatário adaptando-o à sua estrutura, condições específicas e meios mobilizados para a obra, em conformidade com o Programa de Segurança e Saúde fornecido.	vg	1	250,00	250,00 €
				SUB TOTAL	1.750,00 €
1	MOVIMENTO DE TERRAS				
1.1	Escavação em terreno de natureza mole ou brando, para obtenção das cotas de trabalho (incluindo a reposição para tapamento e a remoção dos produtos excedentes)	vg	1	850,00	850,00 €
1.2	Escavação em terreno de natureza mole ou brando, para abertura de caboucos para execução de sapatas e lintéis, incluindo a remoção dos produtos excedentes e conforme especificado no CE e CT.	m ³	64,125	10,00	641,25 €
				SUB TOTAL	1.491,25 €
2	ESTRUTURA DE BETÃO				
2.1	Fornecimento e aplicação de betão de limpeza com 150kg de cimento por m ³ , conforme especificado no CE e CT.	m ³	12,825	70,00	897,75 €
2.2	Fornecimento e aplicação de betão armado B25, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários assim como cofragem e descofragem e armaduras (A400 NR), conforme especificado no CE e CT.				

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

2.2.1	Em vigas de fundação	m ³	6,48	180,00	1.166,40 €
2.2.2	Em sapatas	m ³	44,82	180,00	8.067,60 €
2.2.3	Em pilares	m ³	6,75	280,00	1.890,00 €
2.2.4	Em vigas	m ³	19,95	325,00	6.483,75 €
2.2.5	Em lajes maciças em consola	m ³	14,98	360,00	5.392,80 €
2.2.5	Em muros de cave	m ³	66	190,00	12.540,00 €
2.2.6	Em platibandas	m ³	8	300,00	2.400,00 €
2.2.7	Fornecimento perfil metálico heb 200	vg	1	300,00	300,00 €
2.3	Fornecimento e execução de laje aligeirada constituída por vigotas pré esforçadas e blocos cerâmicos, malha sol assim como todos os trabalhos necessários à sua boa execução, conforme especificado no CE e CT.	m ²	467	38,00	17.746,00 €
				SUB TOTAL	56.884,30 €
3	ALVENARIAS				
3,1	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO de blocos térmico de 25 cm em paredes exteriores	m ²	213	23,00	4.899,00 €
3,2	Fornecimento e execução de divisórias em tijolo 9 cm	m ²	141	12,00	1.692,00 €
3,3	Fornecimento e aplicação de alvenaria de granito com 15 cm espessura em paredes exteriores em junta seca	m ²	65	98,00	6.370,00 €
				SUB TOTAL	12.961,00 €
4	DIVERSOS				
4,1	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO de capoto com 6cm de espessura	m ²	253	34,00	8.602,00 €
4,2	Impermeabilização de cobertura com formação de pendente para aplicação de 2 camadas de tela asfáltica, apicadas sobre lâ de rocha com 4cm espessura e 150kg de densidade, por cima da tela levará 6cm de roofmat geotêxtil e 8 cm de godô lavado.	m ²	235	26,00	6.110,00 €
				SUB TOTAL	14.712,00 €
5	COBERTURAS IMPERMEABILIZAÇÕES/ ISOLAMENTOS				

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

5.1	<i>Execução e aplicação de rufos em alumínio lacado, com 20 cm de desenvolvimento, para remate das telas, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos; Inclui cordão de mastique e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	ml	90,00	13,00 €	1.170,00 €
5.2	<i>Fornecimento e colocação de tela asfáltica nos muros da cave, incluindo dreno assim como todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução</i>	m ²	233,28	12,00 €	2.799,36 €
5.3	<i>Fornecimento e colocação de isolamento térmico em poliestireno XPS de 3cm de espessura nas paredes onde levará pedra, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários á sua colocação</i>	m ²	233,28	4,00 €	933,12 €
				SUB TOTAL	4.902,48 €
6 REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS					
6.1	<i>Construção de pavimento térreo, constituído por uma lâmina de betão levemente armado, tipo B20;A400, com malhasol AR38, sobre caixa de brita, incluindo abertura de caixa, fornecimentos e aplicações (piso fica acabado na zona da cave, exceto o W.C)</i>	m ²	133,00	19,00 €	2.527,00 €
6.2	<i>Fornecimento e aplicação de massame de regularização com uma espessura mínima de 5cm e acabamento adequado para receber revestimentos diversos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	m ²	294,00	9,00 €	2.646,00 €
6.4	<i>Fornecimento e aplicação de pavimento à escolha pelo cliente até 20€/m2, Inclui aplicação com argamassa à base de poliuretano, preenchimento/tomação de juntas à cor e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	m ²	68,00	34,00 €	2.312,00 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

6.7	<i>Fornecimento e aplicação soalho em madeira Sucupira colado sobre betonilha com cola de poliuretano, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos; Inclui ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	m ²	123,00	60,00 €	7.380,00 €
	<i>Fornecimento e aplicação de pavimento à escolha pelo cliente até 20€/m2, Inclui aplicação com argamassa à base de poliuretano, preenchimento/tomação de juntas à cor e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento. (TERRAÇOS)</i>	m ²	103,00	34,00 €	3.502,00 €
				SUB TOTAL	18.367,00 €
7	REVEST.DE PAREDES E TECTOS				
7.1	<i>Paredes interiores - Ceral projetado, com acabamento areado ou estanhado, incluindo aplicação de malha de fibra de vidro (5x5mm) nas ligações dos panos de alvenaria à estrutura (pilares, vigas, etc.), de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação e acabamento.</i>	m ²	329,25	7,00 €	2.304,75 €
7.2	<i>Revestimento de paredes interiores com cerâmico à escolha do cliente até 20€/m2, incluindo, preenchimento/tomação de juntas à cor, limpeza das superfícies com sisal e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	m ²	111,18	38,00 €	4.224,65 €
7.3	<i>Tetos interiores - Ceral projetado, com acabamento areado ou estanhado, incluindo aplicação de malha de fibra de vidro (5x5mm) nas ligações dos panos de alvenaria à estrutura (pilares, vigas, etc.), de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação e acabamento.</i>	m ²	150,00	7,00 €	1.050,00 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

7.4	Tetos exteriores - Reboco hidrófugo projetado, com acabamento areado, incluindo aplicação de malha de fibra de vidro (5x5mm) nas ligações dos panos de alvenaria à estrutura (pilares, vigas, etc.), de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação e acabamento.	m ²	73,00	8,00 €	584,00 €
7.5	Execução de teto falso em placas de gesso cartonado, tipo "Pladur" ou equivalente, com 13mm de espessura, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos; inclui estrutura de fixação/suporte em perfis de chapa galvanizada, tirantes, emaçamento de juntas e painéis e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários à sua boa execução, aplicação e acabamento.	m ²	123,00	19,00 €	2.337,00 €
7.6	Execução de teto falso em placas de gesso cartonado hidrófugo, tipo "Pladur" ou equivalente, com 13mm de espessura, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos; inclui estrutura de fixação/suporte em perfis de chapa galvanizada, tirantes, emaçamento de juntas e painéis e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários à sua boa execução, aplicação e acabamento.	m ²	68,00	20,00 €	1.360,00 €
				SUB TOTAL	11.860,40 €
8	CARPINTARIAS / VIDROS				
8.1	Fornecimento e colocação de portas interiores em meio fio em favo folheadas a sucupira, incluindo ferragens, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.				
8.1.1	Abrir com 2,40 de altura	uni	7,00	240,00 €	1.680,00 €
	Correr com 2,40 de altura	uni	3,00	350,00 €	1.050,00 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

8.2	<i>Fornecimento e colocação de revestimento da porta de entrada em madeira de Panga, incluindo, acessórios e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	m ²	5,50	295,00 €	1.622,50 €
8.3	<i>Fornecimento e colocação de armários interiores em MDF folheados a sucupira, forrados a melamina, incluindo ferragens, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	ml	14,90	452,00 €	6.734,80 €
8.4	<i>Fornecimento e colocação de apainelados em MDF folheados a sucupira, incluindo todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	un	12,00	89,00 €	1.068,00 €
8.5	<i>Fornecimento e colocação de rodapé em madeira sucupira, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.</i>	ml	92,50	7,00 €	647,50 €
8.6	<i>Fornecimento e execução de escadas interiores em madeira de sucupira, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução</i>	vg	1,00	1.750,00 €	1.750,00 €
				SUB TOTAL	14.552,80 €
9	SERRALHARIAS / VIDROS				
9.1	<i>Fornecimento e colocação de caixilharia de alumínio conforme mapa de vãos, incluindo todos trabalhos e materiais necessários á sua execução</i>	m ²	78,54	188,00 €	14.765,52 €
9.2	<i>Fornecimento e colocação de portão com motor de acesso á garagem, incluindo todos trabalhos e materiais necessários á sua execução</i>	m ²	14,54	185,00 €	2.689,90 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

9.3	Fornecimento e colocação de porta de correr em vidro na cozinha	m ²	5,75	256,00 €	1.472,00 €
				SUB TOTAL	18.927,42 €
10	CANTARIAS				
10.1	Fornecimento e aplicação de soleiras em granito de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos, com acabamento amaciado, com esp.=3cm, assentes com cimento cola tipo "Sikaceram 30"; inclui regularização da base de assentamento com argamassa com polímeros armada com Sikatop Seal 107+ armadura de fibra de vidro com proteção anti-alkalina, chapa de ferro quinada para drenagem e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários à sua boa execução, aplicação e acabamento.	ml	2,50	45,00 €	112,50 €
				SUB TOTAL	112,50 €
11	EQUIPAMENTO SANITÁRIO				
11.1	Fornecimento e aplicação de louças de casa de banho à escolha pelo cliente até 4000€ incluindo, ligação a rede de abastecimento de água e rede de saneamento e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários à sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.	vg	1,00	4.800,00 €	4.800,00 €
				SUB TOTAL	4.800,00 €
12	EQUIPAMENTOS				
12.1	Fornecimento e aplicação de caixa de estore, inclui ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.	ml	36,60	21,00 €	768,60 €
12.2	Fornecimento e aplicação de estores em alumínio tipo brisa solar ou estores termolacados com isolamento, inclui calhas de correr, e ainda todos os trabalhos e materiais (acessórios) necessários a sua boa execução, aplicação, funcionamento e acabamento.	m ²	73,58	65,00 €	4.782,70 €
				SUB TOTAL	5.551,30 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

13	PINTURAS				
13.1	<i>Paredes interiores - pintura com tinta plástica, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos, com três demãos de tinta, sobre uma demão de isolante, de ref. a indicar pela fiscalização; inclui todos os trabalhos e materiais necessários a sua boa aplicação e acabamento.</i>	m ²	329,25	6,00 €	1.975,50 €
13.2	<i>Tetos interiores - pintura com tinta plástica, a aplicar em tetos de pladur de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos, com três demãos de tinta, sobre uma demão de isolante, de ref. a indicar pela fiscalização; inclui todos os trabalhos e materiais necessários à sua boa aplicação e acabamento.</i>	m ²	414,00	6,00 €	2.484,00 €
13.3	<i>Madeiras - Pintura a verniz em obra de todos os elementos em madeira, de acordo com as peças desenhadas e caderno de encargos, com demãos necessárias, de ref. a indicar pela fiscalização; inclui todos os trabalhos e materiais necessários à sua boa aplicação e acabamento.</i>	vg	1,00	1.300,00 €	1.300,00 €
				SUB TOTAL	5.759,50 €
14	PICHELARIA				
14.1	<i>Execução de toda a obra de pichelaria</i>	vg	1,00	4.000,00 €	4.000,00 €
14.4	Sistema solar térmico				
14.4.1	<i>Pré-instalação do circuito primário do sistema solar térmico, contemplando uma distância de vinte e cinco metros entre o local dos coletores e casa de máquinas, sendo executada com tubagem em cobre com isolamento anti-raios UV e cabo elétrico.</i>	vg	1,00	850,00 €	850,00 €
14.4.2	<i>Fornecimento e instalação de sistema para produção de águas quentes sanitárias da marca INFA modelo SANI300, incluindo um depósito de 300 litros, dois coletores solares com ligação a serpentina, um ventilador para renovação de ar, e todos os materiais necessários à sua instalação.</i>	vg	1,00	4.250,00 €	4.250,00 €
14.3	<i>Fornecimento e execução de pré instalação para radiadores, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução (14 pontos)</i>	vg	1,00	1.950,00 €	1.950,00 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

				SUB TOTAL	11.050,00 €
15	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				
15.1	Execução de toda a obra de eletricidade de acordo com o projeto.	vg	1,00	4.650,00 €	4.650,00 €
15.2	Iluminação com projetores de baixo consumo (interior) á escolha até 25€ unidade.	un	20,00	30,00 €	600,00 €
				SUB TOTAL	5.250,00 €
16	REDE DE INFRAESTRUTURAS				
16.1	Execução de rede exterior de Abastecimento de águas do limite do terreno até á casa.	vg	1,00	500,00 €	500,00 €
16.2	Execução de rede exterior de aguas pluviais, incluindo tubos de queda, caixas de visita e tubagem com +/- 40ml a ligar a uma caixa existente.	vg	1,00	1.000,00 €	1.000,00 €
16.3	Execução de rede exterior de águas residuais, incluindo caixas de visita e tubagem até á fossa septica a executar no logradouro.	vg	1,00	1.000,00 €	1.000,00 €
16.4	Execução de rede de gás interior e exterior até ao limite do terreno	vg	1,00	900,00 €	900,00 €
				SUB TOTAL	3.400,00 €
17	DIVERSOS				
17.1	Apoio de construção civil ás diversas especialidades, tais como picheleiro e electricista	vg	1,00	750,00 €	750,00 €
17.2	Fornecimento e colocação de calçada de granito 11x11, incluindo execução de base para assentamento da mesma, assim como todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução	m ²	87,00	17,00 €	1.479,00 €
17.3	Muros de vedação em blocos de 15cm com 1,10 de altura com acabamento a areado fino e pintado a beije escuro, incluindo lintel de fundação e travação assim como todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução	m ²	123,00	50,00 €	6.150,00 €

Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção

17.4	Fornecimento e colocação de portão de acesso automóvel de correr com automatismo, em prodema com aro em inox, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução	m ²	9,00	190,00 €	1.710,00 €
17.5	Fornecimento e colocação de portão de acesso pedonal de abrir em prodema com aro em inox, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução	m ²	2,00	220,00 €	440,00 €
17.6	Fornecimento e colocação de corrimão em tubular quadrado de 40mm em aço inox por cima da rampa	ml	9,00	85,00 €	765,00 €
17.7	Fornecimento e colocação de chaminés em aço inox, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários á sua execução	un	3,00	130,00 €	390,00 €
17.8	Execução de muro de vedação da frente em alvenaria de granito amarelo Guimarães (acabada das duas faces)	m ²	49,00	80,00 €	3.920,00 €
17.9	Execução de muro de vedação de socalco no logradouro com 1m altura granito amarelo Guimarães	m ²	13,00	80,00 €	1.040,00 €
17.10	Pré instalação de ar condicionado para máquinas Split murais (foram considerados 6 pontos para colocação de aparelhos)	vg	1,00	1.800,00 €	1.800,00 €
				SUB TOTAL	18.444,00 €
TOTAL			210.775,95 €	TOTAL	210.775,95 €