



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Manuel António Pereira Cardoso

**Integração entre o EVM e a Gestão do
Risco: proposta de um *framework*
automatizado**

Tese de Mestrado

Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Pedro Ribeiro

Professora Doutora Anabela Tereso

Outubro 2016

DECLARAÇÃO

Nome:

Manuel António Pereira Cardoso

Endereço eletrónico: mpcardoso001@gmail.com

Telefone: 91 038 53 17 / 22 974 14 71

Número do Bilhete de Identidade: 08909977

Título da dissertação:

Integração entre o EVM e a Gestão do Risco: proposta de um *framework* automatizado

Orientador(es): Professor Doutor Pedro Ribeiro e Professora Doutora Anabela Tereso

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado:

Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer em particular à minha família, pelo apoio, incentivo e pelo tempo que não lhes dediquei, tendo sempre em mente que não temos muitas oportunidades para fazer este tipo de atividade no meio de todos os afazeres da vida familiar e profissional.

Também tenho que agradecer aos senhores professores Doutora Anabela Tereso e Doutor Pedro Ribeiro pelo apoio e incentivo, sem o qual seria muito difícil a conclusão deste empreendimento.

RESUMO

A integração do EVM com a gestão do risco levanta de imediato a questão da relação entre as duas metodologias, embora o EVM e a gestão do risco partilhem o mesmo objetivo: fornecer aos decisores a informação necessária para suporte à decisão. Numa primeira análise parece não haver mais nenhuma ligação entre as duas metodologias, mas os fundamentos do EVM são totalmente influenciados, tanto pela gestão do risco no geral, como em particular pela análise do risco.

Neste trabalho procura-se esclarecer em que pontos os dois métodos se interligam e influenciam tendo como referência o PMBoK®. As várias técnicas e metodologias estão um pouco dispersas e nem sempre são coerentes.

Com os vários pressupostos resultantes da interligação entre os dois métodos, é proposto um *framework* de integração entre os dois métodos e uma implementação prática da mesma no Excel, resultando num conjunto de ferramentas que podem ser úteis no controlo e monitorização de um projeto.

Numa primeira fase os riscos são estratificados, para na sequência se aplicarem os diversos tipos de resposta a cada risco. Cada resposta ao risco terá uma influência no EVM ou algum tipo de relação que será utilizada com o fim de fornecer informação adicional de controlo e monitorização do projeto.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão de Projetos, Controlo de Projetos, Gestão do Valor Ganho, Gestão do Risco do Projeto

ABSTRACT

The integration between EVM and Project Risk Management immediately raises the question of the relationship between the two methods, even though EVM and project risk management share a common objective in project management: provide the decision-makers with the necessary information to support decisions. At first glance it seems to be no further connection between these two methodologies, but the fundamentals of EVM are fully influenced by risk management in general and by risk analyses as a component of risk management.

This work seeks to clarify in which points they meet or affect each other, with reference to PMBoK®. The several techniques and methods are somewhat disperse and not always coherent.

With the several assumptions resulting from the interconnection between the two methods, a framework of integration between the two methods is proposed, as well as its practical implementation in Excel, resulting in a set of tools that can be useful in controlling and monitoring a project.

In the first phase the risks are stratified for the application of the several risk responses to each risk. Each risk response will have an influence in EVM or some kind of relationship who will be used with the objective to provide additional information for controlling and monitoring the project.

KEYWORDS

Project Management, Project Control, Earned Value Management, Project Risk Management

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos do trabalho.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação	3
2. Revisão bibliográfica.....	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Gestão de projetos	6
2.3 Monitorização e controlo de projetos	10
2.3.1 Ferramentas e técnicas de monitorização e controlo de projetos	11
2.3.2 O EVM na gestão de projetos	12
2.3.3 Parâmetros e índices base do EVM.....	13
2.3.4 Previsões e estimativas usando o EVM.....	15
2.3.5 Construção e funcionamento do EVM.....	16
2.3.6 Dificuldades de implementação do EVM	20
2.4 Gestão do risco	21
2.4.1 A gestão do risco na gestão de projetos	21
2.4.2 Riscos individuais e riscos globais do projeto	23
2.4.3 Processos de gestão do risco	24
2.4.4 Análise qualitativa e quantitativa do risco	25

2.4.5	Estratégias de resposta ao risco	26
2.4.6	Controlo e monitorização do risco	27
2.5	Integração entre EVM e a gestão do risco	28
2.5.1	Influência da gestão do risco no EVM segundo o PMI.....	28
2.5.2	Formas de incluir o risco no EVM	32
2.5.3	Exemplo de integração baseada no PMI	34
2.5.4	Exemplo de integração baseada na APM.....	37
2.6	Conclusões.....	40
3.	Modelo de integração EVM e Gestão do risco.....	43
3.1	Expor o risco na metodologia EVM	43
3.1.1	Riscos conhecidos e geríveis proactivamente	44
3.1.2	Riscos conhecidos e não geríveis proactivamente	44
3.1.3	Riscos desconhecidos.....	44
3.1.4	Resumo da influência do risco e da gestão do risco no EVM.....	45
3.2	<i>Framework</i> de integração do EVM com a gestão do risco.....	46
3.2.1	Desenvolver a PMB com base na WBS e cronograma	47
3.2.2	Analisar os riscos conhecidos	48
3.2.3	Fazer as modificações necessárias ao projeto	48
3.2.4	Atualizar a PMB devido às modificações do projeto.....	48
3.2.5	Com a incerteza global estimar uma reserva de gestão.....	48
3.2.6	Incluir as componentes relativas aos riscos conhecidos e não tratáveis proactivamente	48
3.2.7	Criar nas <i>control accounts</i> as reservas de contingência.....	48
4.	Protótipo de apoio ao controlo e monitorização do projeto	49
4.1	Usar a PMB para controlo do projeto.....	49
4.2	Estimar o valor final do projeto tendo em conta a incerteza	51

4.2.1	Análise de Monte Carlo.....	51
4.2.2	@Risk.....	52
4.2.3	Distribuição probabilística PERT.....	53
4.2.4	Atribuir um valor à incerteza	54
4.3	Estimar o valor final do projeto tendo em conta os riscos identificados.....	56
4.4	Implementação da ferramenta de apoio ao <i>framework</i>	58
4.4.1	Página de criação da PMB (Folha PMB)	59
4.4.2	Página de cálculo da margem de gestão (Folha MR).....	59
4.4.3	Página de introdução dos riscos (Folha Risco)	61
4.4.4	Página de cálculo da contingência de reserva total (Folha CR).....	61
4.4.5	Página de cálculo do EVM (Folha EVM)	62
4.4.6	Incluir as contingências	63
4.4.7	Páginas de gráficos.....	64
5.	Conclusões.....	67
5.1	Relação entre o EVM e a gestão do risco	67
5.2	<i>Framework</i>	68
5.3	Ferramentas de apoio ao gestor de projetos.....	69
5.4	Utilidade prática do trabalho	69
5.5	Elementos para trabalho futuro.....	69
	Referências Bibliográficas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases do projeto	9
Figura 2: Valor cumulativo do PV, EV e AC	15
Figura 3: Gráfico acumulado do PV, AC e EV	18
Figura 4: Gráfico de barras das variâncias SV e CV.....	18
Figura 5: SPI e CPI acumulado	19
Figura 6 - Gráfico Bull's Eye SPIxCPI	20
Figura 7: Reserva de gestão e EVM.....	30
Figura 8: Componentes do budget do projeto	31
Figura 9: Distribuição Cumulativa de Probabilidade (S-curve).....	33
Figura 10: Cost Baseline integrada com o risco.....	35
Figura 11:Baseline de custos (BCWS/PV).....	36
Figura 12: Criar a project baseline.	38
Figura 13: PMB + provisões.	40
Figura 14: Resumo da influência do risco no EVM.....	46
Figura 15: Proposta de framework	47
Figura 16: Construção da PMB	49
Figura 17: Evolução do PV acumulado.....	50
Figura 18: Exemplo do histograma de uma simulação Monte Carlo.....	51
Figura 19: Menu do @Risk	52
Figura 20 : Janela de resultados do @Risk	52
Figura 21 : Exemplos de disbuições probabilísticas	53
Figura 22: Distribuições PERT e triangular	54
Figura 23: Reserva de Gestão e PMB	55

Figura 24: Distribuição obtida com a análise Monte Carlo	56
Figura 25: Incluir os riscos na PMB.....	57
Figura 26: Página de criação da PMB	59
Figura 27 : Valores a introduzir	60
Figura 28: Resultado da simulação	60
Figura 29 : Introdução dos riscos	61
Figura 30 : Totais WBS, CR e MR	61
Figura 31 : Calcular os índices EVM.....	62
Figura 32 : Ativar contingências	63
Figura 33 : CV e SV	64
Figura 34 : CPI e SPI.....	65
Figura 35 : EAC e BAC	65
Figura 36 : VAC e MR.....	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Standards das várias organizações dedicadas à gestão de projetos.....	7
Tabela 2: Performance Measurement Baseline	16
Tabela 3: Progresso físico do trabalho no final Julho	17
Tabela 4: Resumo dos riscos do projeto.....	43
Tabela 5: Tabela de exposição ao risco.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC - Actual Cost.....	13
ACWP - Actual Cost of Work Performed.....	13
APM - Association for Project Management	6
BAC - Budget At Completion.....	14
BCWP - Budget Cost for Work Performed.....	14
BCWS - Budget Cost for Work Scheduled.....	13
C/SCSC - Cost Schedule Control Systems Criteria	12
CCM - Critical Chain Method.....	11
CCTA - Central Computer and Telecommunications Agency from the UK government.....	6
CPI - Cost Performance Index	14
CPM - Critical Path Method.....	11
CV - Cost Variance	14
EAC - Estimate At Completion.....	15
ETC - Estimate To Complete	16
EU - European Union.....	6
EV - Earned Value	14
EVM - Earned Value Management.....	1
IPMA - International Project Management Association	6
MR - Management Reserve.....	37
PMAJ - Project Management Association of Japan.....	6
PMB - Performance Measurement Baseline	16
PMI - Project Management Institute	6

PV - Planned Value	13
SPI - Schedule Performance Index.....	14
SV - Schedule Variance	14
VAC - Variance At Completion.....	16
WBS - Work Breakdown Structure.....	16

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A abordagem à gestão de projetos é relativamente recente e tem sido motivada pela necessidade de respostas rápidas e eficazes à constante mutação do ambiente empresarial (Kerzner, 2009). Uma das componentes da gestão de projetos com mais necessidade de desenvolvimento devido à crescente competição global e ao rápido desenvolvimento tecnológico é o controlo e monitorização do projeto. O controlo e monitorização do projeto permitem verificar o estado do projeto durante a sua execução e assim concluir sobre a sua manutenção, ou não, dentro dos parâmetros considerados adequados. No caso de os parâmetros estarem fora da gama adequada, poderão ainda ser tomadas medidas de correção, que tem por objetivo promover a melhoria do estado do projeto e finalmente a sua conclusão com sucesso, ou seja, dentro dos objetivos.

Outra forma de promover o sucesso do projeto é pela gestão do risco, mas neste caso a minimização do risco de não conseguir os objetivos do projeto é conseguida pela criação de respostas antecipadas aos eventuais riscos que possam existir.

Um dos métodos utilizados para controlar e monitorizar o estado do projeto é o EVM (Earned Value Management) ou gestão do valor ganho. Neste método, os valores previstos no planeamento são comparados com os valores de execução do projeto, para determinar o seu estado, e desta forma criar eventuais correções que levem ao sucesso do projeto. Dada a crescente necessidade de técnicas de controlo e monitorização de projetos, uma das questões a colocar é a possibilidade de utilizar estas duas metodologias em conjunto, para obter informação adicional de controlo e monitorização. É com este propósito que nasce a necessidade de investigar ao pormenor as ligações entre as duas metodologias, ou pelo menos expor esta ligação.

As duas metodologias ao terem abordagens muito diferentes induzem a construção de um esquema, sequência ou *framework* para resumir a ligação existente entre EVM e a Gestão do Risco. Estando a ligação entre as duas metodologias clarificada, surge de imediato a ideia da possibilidade de transformar esta informação em algo com utilidade prática, na monitorização e controlo de um projeto.

Com base no exposto surgem três linhas orientadoras para a investigação:

- Investigar a ligação do EVM com a Gestão do Risco;
- Construir um *framework* de integração das duas metodologias;
- Utilizar o *framework* para criar ferramentas de controlo e monitorização do projeto.

Estas linhas orientadoras serão os objetivos de investigação deste trabalho.

A temática de integração entre o EVM e a Gestão do Risco é uma área com várias de linhas de investigação bastante atuais, principalmente na área da introdução da incerteza no EVM (Acebes, Pajares, Galan, & Paredes, 2014; Pajares & Paredes, 2011).

A abordagem feita neste trabalho será idêntica à proposta pela APM (*Association for Project Management*) (2008), mas baseada no PMBoK®. Este tipo de abordagem baseia-se na estratificação dos risco, na resposta diferenciada a cada forma de risco e na introdução das diversas componentes do risco na metodologia do EVM. Esta abordagem tem por objetivo incluir todas as formas do risco e de resposta ao risco e não só a incerteza.

1.2 Objetivos do trabalho

O objetivo deste trabalho será a obtenção de um *framework* de apoio ao controlo e monitorização do projeto, baseado na integração do EVM com a gestão do risco. A divisão deste objetivo genérico deu origem a três objetivos mais específicos que estão descritos a seguir:

1. Definição da ligação do EVM à gestão do risco.
2. Proposta de um *framework* que integre EVM e gestão do risco.
3. Obtenção de exemplos de ferramentas de apoio ao controlo e monitorização de projetos baseados na integração do EVM com a gestão do risco.

1.3 Metodologia de investigação

Neste trabalho foi utilizado o método de investigação documental em conjunto com a experimentação. A investigação documental foi baseada em artigos e bibliografia existente e que serviram como base teórica para o trabalho de experimentação, não foi uma investigação documental clássica no sentido de fazer uma descrição formal do passado, mas sim um levantamento do estado de conhecimento nesta área.

A experimentação proposta neste trabalho também não foi a experimentação clássica das ciências naturais, com todas as suas atividades:

- Definição de hipóteses
- Seleção de amostras a partir de populações conhecidas
- Atribuição das amostras a diferentes condições experimentais
- Introdução de alterações planeadas numa ou mais variáveis
- Medição de um número pequeno de variáveis dependentes
- Controlo das restantes variáveis

Neste trabalho procurou-se criar uma plataforma para teste da hipótese colocada, baseada nos princípios da experimentação, em que a alteração das variáveis de entrada provoca alterações nas variáveis dependentes (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Os vários tipos de resposta da “experiência” podem servir de apoio ao controlo do projeto.

A hipótese colocada foi que existe a possibilidade de incluir a Gestão do Risco como variável do EVM, e a plataforma foi o modelo de integração entre o EVM e a Gestão do Risco criado. As respostas são os resultados obtidos da implementação da plataforma criada.

Os resultados permitiram verificar a utilidade da integração para o controlo e monitorização do projeto.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em cinco capítulos. O capítulo 1 pretende descrever o contexto, motivação e objetivos deste trabalho, e como está organizado. O segundo capítulo procura expor as bases teóricas do tema, com recurso à revisão da literatura e assim responder ao primeiro objetivo específico. No terceiro capítulo está descrita a elaboração de um *framework* que integra EVM e gestão do risco (segundo objetivo específico) baseado no capítulo anterior. No quarto capítulo são apresentados exemplos de aplicação prática, conforme o objetivo específico três, e tendo por base todo o trabalho realizado. Por fim, o capítulo 5 apresenta um resumo dos resultados e perspectivas de trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

A abordagem à gestão projetos nas organizações é relativamente recente. Há cerca de 40 anos a sua utilização confinava-se ao departamento de defesa dos Estados Unidos da América. Hoje em dia, com a necessidade de um melhor controlo e um melhor uso dos recursos existentes, os conceitos da gestão de projetos propagaram-se para outras áreas além da defesa. Áreas como a construção, farmacêuticas, banca, hospitais e publicidade são alguns dos exemplos. As estruturas tradicionais mais funcionais e estáticas não se adequam tão facilmente às necessidades atuais de rapidez na constituição de equipas temporárias que respondam com eficácia à constante mutação do ambiente organizacional. Este ambiente empresarial não é novo, mas a escala em que ocorre atualmente, essa é nova. No passado as organizações procuravam reduzir o impacto destas mutações através de reduções drásticas de custos. Normalmente a pressão para reduzir custos levava à redução de pessoal. Como a redução de pessoal e o aumento da produtividade por meio de investimento em equipamentos também tem um limite, as organizações foram forçadas a procurar outras soluções (Kerzner, 2009).

Existem várias formas de organização, sendo a gerida por projetos uma das possíveis que pode integrar esforços complexos e reduzir a burocracia, embora a sua aceitação não seja consensual. A gestão por projetos promove o abandono da organização tradicional que é basicamente vertical e com uma forte ênfase na relação superior-subordinado (Kerzner, 2009).

Atualmente a mudança é permanente devido ao desenvolvimento explosivo das tecnologias e comunicações. Os anos 60 foram a década da produção em massa. As indústrias de manufatura tinham como objetivo produzir cada vez mais e introduziram métodos de produção para o conseguir, mas com o custo de uma baixa qualidade. Durante os anos 70 as empresas, para se diferenciarem, procuraram arduamente a qualidade. Impondo uniformidade e restringindo a gama de produtos, as empresas conseguiam atingir a qualidade, mantendo produções elevadas. Nos anos 80 a ênfase passou para a variedade enquanto se mantinha a qualidade e as produções elevadas. Para conseguir variedade, as companhias introduziram a flexibilidade nos sistemas de manufatura, mantendo a qualidade e os níveis de produção elevados. Nos anos 90 o mercado exige novidade. As organizações têm de adotar estruturas flexíveis para responder ao ambiente em mudança. Para terem vantagens competitivas é necessário estar num estado de melhoria contínua do processo de negócio. Cada novo produto é um projeto. A organização orientada ao

projeto é agora comum; mais de 20% da economia global atual é *project based*, atingindo 30% em mercados emergentes (Turner, 2009; Turner, Anbari, & Bredillet, 2013)

Os grandes projetos com utilização intensiva de engenharia são as áreas de utilização tradicional da gestão de projetos. Estes são empreendimentos envolvendo grandes equipes dedicadas, sendo frequente a colaboração de várias organizações *sponsor*. Mas a maioria dos projetos são mais pequenos. Projetos de engenharia ou construção de novas instalações, manutenção das instalações atuais, implementação de novas tecnologias ou sistemas informáticos, investigação, desenvolvimento ou lançamento de produtos, desenvolvimento da gestão ou programas de formação são exemplos dos projetos mais comuns (Turner, 2009).

O caso das tecnologias de informação é paradigmático. Nestas companhias a melhoria nos métodos de gestão de projetos é uma questão de sobrevivência devido à rápida mudança do ambiente empresarial. O desenvolvimento de sistemas e *software* requer conhecimentos profundos em tecnologia e produto, combinado com o efetivo uso da equipa. Para reduzir a complexidade e aumentar a performance, parece lógico colocar um pequeno grupo de engenheiros de *software* a trabalhar num único local. Mas a realidade, em tempos de desenvolvimento global de soluções, envolvendo vários tipos de competências, componentes, interfaces, ferramentas e processos, apresenta uma crescente complexidade. A gestão na engenharia de *software* assume uma importância crescente neste ambiente em constante mudança (Ebert & De Man, 2008).

2.2 Gestão de projetos

Existem várias organizações dedicadas à gestão de projetos, que emitem os seus *Standards/Bodies of Knowledge*. São exemplos o PMI (*Project Management Institute*), IPMA (*International Project Management Association*), APM (*Association for Project Management*), PMAJ (*Project Management Association of Japan*) e OGC (*Office of Government Commerce*). Neste trabalho usaremos como referência sempre que possível o PMBoK® do *Project Management Institute*.

Os documentos apresentados pelas organizações referidas estão listados na tabela 1.

Tabela 1: Standards das várias organizações dedicadas à gestão de projetos

Organização	Documento
PMI	PMBok® Project Management Body of Knowledge (PMI, 2013)
IPMA	ICB (IPMA Competence Baseline) (IPMA, 2006)
APM	APMBoK Association Project Management Body of Knowledge (APM, 2012)
PMAJ	P2M A Guidebook of Program & Project Management for Enterprise Innovation (PMAJ, 2005)
OGC	PRINCE2 Projects IN a Controlled Environment (OGC, 2009)

Estas organizações nacionais ou internacionais promovem a harmonização da terminologia, e dos diferentes entendimentos dos processos e métodos. Algumas destas organizações, como o PMI, são organizações profissionais em que os *Bodies of Knowledge* têm como objetivo avaliar e desenvolver técnicas de gestão de projetos, metodologias e guias para a entrega de projetos, que serão recomendadas aos respetivos membros (Ahlemann, Teuteberg, & Vogelsang, 2009).

Podemos dividir as organizações em duas categorias, *Standard-giving organizations* e *Standard-applying organizations*, embora em muitos casos a distinção não seja fácil. Por exemplo o PMBoK® é geralmente aceite como um manual de boas práticas, que fornece linhas orientadoras, regras e ferramentas para a gestão de projetos emitido pelo PMI, que se enquadraria nos *Standard-applying organizations* mas cujo *Body of Knowledge* se tornou numa norma ANSI em 2004 (Ahlemann et al., 2009).

Um projeto pode ser definido como um empreendimento temporário, único, com um propósito e com recursos limitados:

- Os projetos são empreendimentos temporários porque tem início e fim bem definidos;
- São únicos no sentido em que são trabalho não repetitivo;
- Com um propósito ou objetivos claros e bem definidos;
- Os recursos disponíveis para o projeto são limitados, pois em geral os recursos são escassos e têm de estar dentro dos parâmetros pré-definidos.

As restrições de tempo, custo e recursos estão todas interligadas e afetam a qualidade. Não podemos alterar uma das restrições sem afetar as outras.

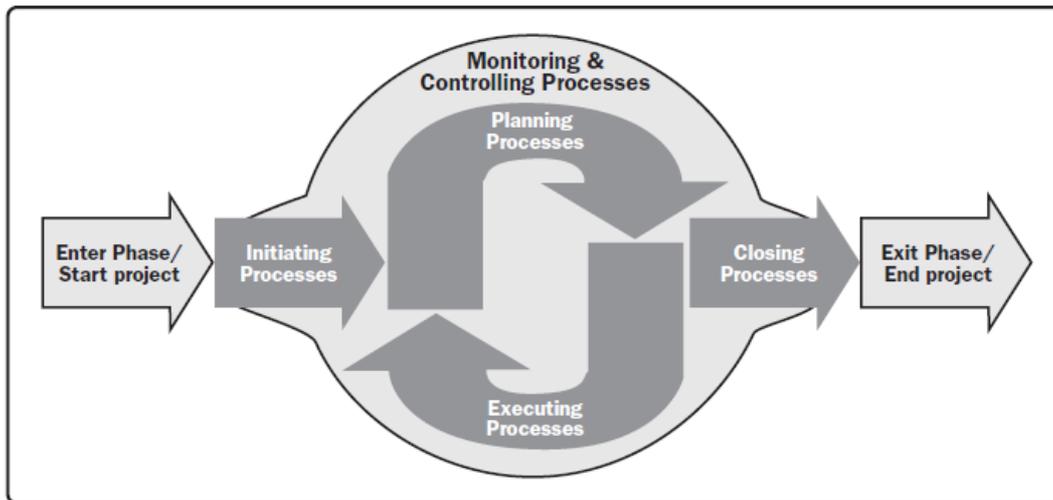
A gestão de projetos, segundo o PMBoK® do *Project Management Institute* (PMI, 2013), é a aplicação de conhecimentos, aptidões e técnicas às atividades do projeto para se conseguirem cumprir os requisitos do mesmo. Gerir um projeto normalmente inclui:

- Identificar as necessidades;
- Adaptar o projeto às várias necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas;
- Promover e manter a comunicação entre as partes interessadas;
- Gerir as partes interessadas em direção aos objetivos do projeto;
- Balancear as restrições que normalmente estão em conflito (qualidade, âmbito, tempo e custo).

Os projetos por serem temporários apresentam um ciclo de vida. O ciclo de vida de um projeto é a série de fases que o projeto passa entre o seu início e fim. O PMBoK® utiliza uma estrutura genérica e independente do tamanho e complexidade do projeto, idêntica para a maioria dos projetos: iniciar o projeto, organizar e preparar, executar o trabalho e terminar o projeto. No entanto um projeto pode ser dividido em qualquer número de fases, não havendo uma estrutura ideal aplicável a todos os projetos (PMI, 2013).

Estas fases são de grande utilidade no planeamento de um projeto, pois fornecem uma estrutura para a estimativa de custos, de meios humanos e para a alocação de recursos. Também permitem o escalonamento dos *milestones* e revisões ao projeto. O fim de cada fase poderá ser o momento

para revisões de grande importância com o objetivo de autorizar a fase seguinte (Vanhoucke, 2013).



*Figura 1: Fases do projeto
(PMI, 2013)*

O PMBoK® divide o projeto em cinco fases, embora a fase de monitorização e controlo seja paralela à execução (figura 1). Estas cinco fases, baseadas no ciclo de vida genérico do projeto, são utilizadas no PMBoK® como método de organização dos processos por grupos.

- Iniciação
 - ✓ Seleção do melhor projeto para os recursos disponíveis;
 - ✓ Identificação dos benefícios do projeto;
 - ✓ Preparação dos documentos de autorização do projeto;
 - ✓ Atribuição do gestor do projeto.
- Planeamento
 - ✓ Definição dos requisitos, qualidade e quantidade do trabalho;
 - ✓ Definição dos recursos necessários;
 - ✓ Escalonamento das atividades;
 - ✓ Avaliação dos vários riscos.

- Execução
 - ✓ Contratação dos elementos da equipa;
 - ✓ Direção e gestão do trabalho;
 - ✓ Aperfeiçoamento da equipa.
- Monitorização e Controlo
 - ✓ Verificação dos progressos;
 - ✓ Comparação do trabalho atualmente realizado com o planeado;
 - ✓ Análise de variações e impactos.
- Encerramento
 - ✓ Verificação de que todo o trabalho foi realmente feito;
 - ✓ Fecho dos contratos;
 - ✓ Fecho das contas do projeto;
 - ✓ Fecho administrativo da documentação do projeto.

A natureza única dos projetos cria incerteza. Essa incerteza gera vários cenários, em que um ou mais objetivos do projeto podem ser afetados pelos acontecimentos ou condições incertas, levando à necessidade de se fazer uma avaliação do risco associado ao projeto durante o planeamento. No PMBoK® esta área de conhecimento chama-se gestão do risco do projeto.

Por outro lado, quando o projeto já está em execução, na fase de monitorização e controlo, é necessário ter ferramentas que permitam avaliar o estado do projeto, para que, em caso de derrapagem nos custos ou tempo, se possa agir e assim evitar ou limitar o problema. Um dos métodos recomendados no PMBoK® é conhecido por *Earned Value Management* (EVM) (PMI, 2013).

2.3 Monitorização e controlo de projetos

Devido ao aumento da competição global e ao rápido desenvolvimento tecnológico, muitas empresas passaram a dar mais atenção à melhoria no controlo de projetos. Esta mudança operou-se tanto ao nível dos projetos internos como dos projetos externos (por projetos internos entende-se os projetos realizados no interior da empresa, entendendo-se como projetos externos

os projetos realizados para clientes) (Kim, Wells, & Duffey, 2003), o que gerou um crescente interesse em técnicas de monitorização e controlo de projetos.

No PMBoK® a fase de monitorização e controlo de projetos consiste num conjunto de processos associados com a verificação do progresso, revisões e performance, sendo a maior característica desta fase, a medida e análise da performance em intervalos regulares, ou a deteção de eventos que disparam a identificação de variações em relação ao planeado.

2.3.1 Ferramentas e técnicas de monitorização e controlo de projetos

A fase de monitorização e controlo pode ser dividida em várias disciplinas, que no PMBoK® se chamam áreas de conhecimento. Neste ponto, focaremos em particular, três áreas de conhecimento:

- Gestão do âmbito do projeto
- Gestão do tempo do projeto
- Gestão do custo do projeto

Âmbito, tempo e custo são objetivos do projeto e por isso têm de ser monitorizados e controlados. O PMBoK® propõe algumas ferramentas, que na maioria dos casos, só são aplicáveis a um dos objetivos indicados. Dentro das ferramentas ou técnicas propostas no PMBoK® para o controlo e monitorização, destacam-se as seguintes:

- Análise de tendências

Esta técnica refere-se ao acompanhamento gráfico da performance do projeto ao longo do tempo, por forma a evidenciar a deterioração ou melhora da performance.

- CPM (Critical Path Method)

O caminho crítico é o conjunto de tarefas ao longo do projeto para as quais um desvio na duração de qualquer tarefa provoca uma alteração na data final do projeto. A monitorização do progresso ao longo do caminho crítico pode ajudar a determinar o estado do cronograma.

- CCM (Critical Chain Method)

Este método deriva do método do caminho crítico, mas tem em conta os efeitos da alocação, otimização e nivelamento de recursos, assim como, a incerteza derivada da duração das tarefas do caminho crítico. O método da cadeia crítica é uma técnica que permite à equipa do projeto

criar *buffers* temporais em pontos específicos do cronograma. Um dos *buffers* é colocado no final do caminho crítico e é chamado de *project buffer*. Este *buffer* protege a data estabelecida para o fim do projeto de eventuais atrasos. Os restantes *buffers* são colocados no final dos caminhos não críticos, quando estes se unem à cadeia crítica, e protegem o caminho em causa em relação às possíveis variações. O nome dado a estes buffers é de *feeding buffers*.

Analisando o consumo destes *buffers* temos um método de aviso em relação ao estado do cronograma.

- EVM (Earned Value Management)

O EVM é uma metodologia que combina âmbito, cronograma e quantificação dos recursos, com o fim de evidenciar o progresso e performance do projeto. O método baseia-se na comparação do estado do projeto atual com os dados do projeto planeados.

As ferramentas ou técnicas indicadas no PMBoK® são na sua maioria, a combinação de várias técnicas, e por conseguinte, são baseadas num conjunto pequeno de técnicas base. O EVM faz parte desse conjunto de técnicas que serve de base às várias *tools&techniques* do PMBoK®.

De referir que a gestão do valor ganho (EVM) é uma metodologia amplamente usada em gestão de projetos, integrando o controlo do âmbito, tempo e custos na mesma metodologia (Acebes et al., 2014).

2.3.2 O EVM na gestão de projetos

O conceito de valor ganho teve origem nos engenheiros industriais das fábricas americanas dos finais do século XIX. Nos anos 60, a metodologia foi introduzida no departamento de defesa dos Estados Unidos com o nome de C/SCSC (Cost Schedule Control Systems Criteria). Inicialmente o C/SCSC foi utilizado com sucesso em grandes projetos, tendo no entanto uma grande carga de requisitos que o gestor de projeto teria de cumprir. A utilização deste sistema pelo setor privado seria mínima, pois o C/SCSC era demasiado complexo para a maioria dos projetos. Para encorajar o uso do EVM no setor privado, em 1996, o C/SCSC foi simplificado, sendo criado um sistema de gestão do valor ganho mais flexível (ANSI-EIA 748). Em 1996 o PMI edita o PMBoK®, onde a gestão do valor ganho aparece como uma técnica de gestão de projetos que é considerada uma boa prática. O PMI simplifica a terminologia e as fórmulas utilizadas, passando o EVM descrito no PMBoK® a representar o *standard* mínimo a aplicar a qualquer projeto (Fleming & Koppelman, 2010).

A gestão de custos tradicional em projetos é feita pela simples análise dos custos ao longo do tempo do projeto, sem haver uma medição precisa do trabalho que realmente já foi executado. Podemos estar dentro dos custos orçamentados mas não ter o trabalho expectável realizado. Na metodologia EVM, a performance do projeto é, em cada momento, medida em relação a uma *cost baseline*, que é construída com base nos custos de cada tarefa. À medida que estas vão sendo executadas, passamos a ter métricas que indicam se o projeto está adiantado ou atrasado, se está a gastar mais ou menos em relação ao planeado e temos a possibilidade de prever o custo final total do projeto (Fleming & Koppelman, 2010).

Algumas das características da gestão do valor ganho (EVM) que beneficiam a gestão de projetos

- A aplicação do EVM nas fases iniciais e de planeamento do projeto promove o aumento da validade e utilidade da *Cost Baseline* e do cronograma.
- Os gráficos e indicadores do EVM podem ser uma forma de prever a performance futura do projeto.
- O EVM tende a aumentar a importância da estrutura organizacional.
- A importância da escolha das estratégias de contabilização de custos aumenta com o EVM.
- A aprovação de alterações é mais importante com a utilização do EVM.

O EVM é considerado por muitos especialistas como uma das ferramentas mais úteis na medição da performance do projeto e no *feedback* de controlo do projeto (PMI, 2011).

2.3.3 Parâmetros e índices base do EVM

O método baseia-se em três valores que permitem obter índices de controlo do projeto e previsões dos custos e prazos no final do projeto.

- *Actual Cost (AC)*. Valor dos custos reais num determinado instante de tempo. Se estivermos a monitorizar uma atividade, será o custo incorrido pelo trabalho realizado desde o início da atividade até ao momento de análise. Também é conhecido por *Actual Cost of Work Performed (ACWP)*.
- *Planned Value (PV)*. Valor dos custos planeados para esse instante de tempo. Para qualquer ponto do tempo, o PV representa o trabalho que deveria ter sido feito. Também é designado por *Budget Cost for Work Scheduled (BCWS)*.

- *Earned Value* (EV). Valor realmente realizado com base nos valores planeados. Medida do trabalho realizado com base nos custos planeados. Outra designação é *Budget Cost for Work Performed* (BCWP).

Alguns índices de controlo do projeto.

- *Schedule Variance* (SV=EV-PV). O SV é uma medida de performance do cronograma do projeto (tempo). Para valores negativos o projeto está atrasado, para valores positivos o projeto está adiantado. O SV tende para zero no final do projeto, isto porque todas as atividades já foram feitas conforme planeado.
- *Cost Variance* (CV=EV-AC). O CV é uma medida de performance do custo do projeto. Para valores negativos os custos do projeto ultrapassam os custos planeados e para valores positivos os custos são inferiores ao planeado. O CV é bastante crítico porque relaciona a performance física do projeto com os gastos realmente incorridos (PMI, 2013).

O SV e CV podem ser convertidos em indicadores de eficiência que refletem a performance de custo e do cronograma, mas num formato em que é possível comparar projetos de tamanhos diferentes.

- *Schedule Performance Index* (SPI=EV/PV). O SPI é uma medida de eficiência do cronograma do projeto. Para um SPI<1 o projeto está atrasado, para um SPI>1 o projeto está adiantado em relação ao planeado.
- *Cost Performance Index* (CPI=EV/AC). O CPI mede a eficiência nos gastos do projeto em relação ao planeado. Para um CPI<1 o projeto está a gastar mais do que estava planeado, para um CPI>1 o projeto está a gastar menos que o planeado. É considerada a métrica mais crítica do EVM (PMI, 2013).

Apresenta-se um exemplo de um gráfico (figura 2) construído com os valores cumulativos do PV, AC e EV. O BAC (Budget At Completion) corresponde ao custo total orçamentado para o projeto e que pode ser diferente do custo real no final do projeto. Neste formato podemos controlar o projeto graficamente. Na data de controlo o projeto está atrasado e com o custo superior ao planeado.

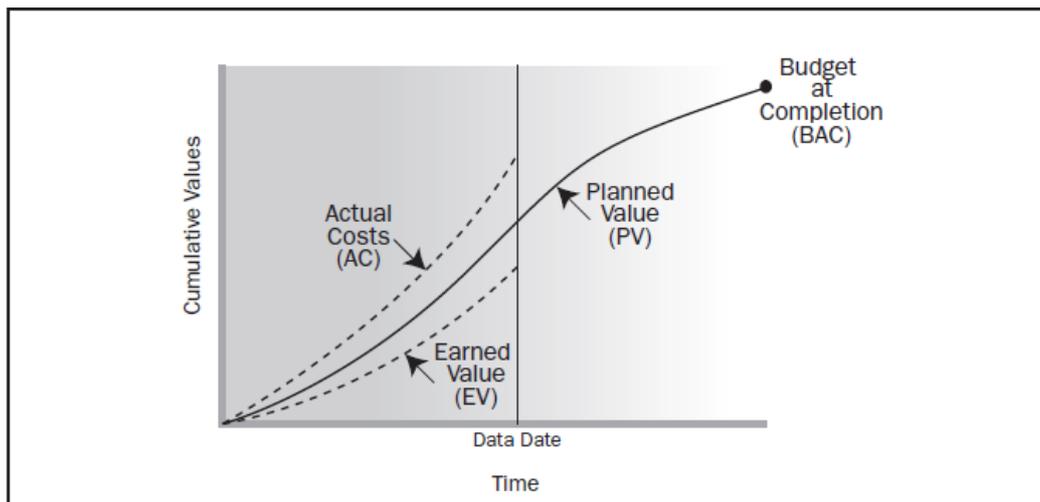


Figura 2: Valor cumulativo do PV, EV e AC
(PMI, 2008)

2.3.4 Previsões e estimativas usando o EVM

Prever ou estimar o resultado final do projeto é um aspeto importante da gestão de projetos e o EVM é bastante útil na previsão do custo e data do projeto no seu final.

- *Budget At Completion (BAC)*. Valor ou custo final do projeto conforme orçamentado.
- *Estimate At Completion – v1* ($EAC=AC + [BAC - EV]/CPI$). Estimativa para o custo final do projeto à taxa CPI atual. Quando a análise corrente do projeto indicar que os dados da performance passada são um bom indicador da performance futura, ou dito de outra maneira, a performance passada continuará a ser válida para o futuro, então podemos utilizar esta fórmula (Anbari, 2003). A fórmula pode ser simplificada para $EAC=BAC/CPI$.
- *Estimate At Completion – v2* ($EAC=AC + [BAC - EV]$). Estimativa para o custo final do projeto à taxa planeada. Quando a análise corrente do projeto indicar que a atual performance não é um bom indicador da performance futura e que no futuro a performance será igual ao planeado, pode-se utilizar a fórmula apresentada neste ponto para se obter uma estimativa para o custo final.
- *Estimate At Completion – v3* ($EAC=AC + [BAC - EV]/[CPI \times SPI]$). Estimativa para o custo final do projeto à taxa do CPI atual, e corrigida pelo SPI. A justificação desta fórmula estará no impacto que a performance do cronograma terá na estimativa do custo para terminar o projeto. Existe uma tendência para tentar corrigir eventuais atrasos, mesmo que isso implique mais recursos (Anbari, 2003).

- *Estimate To Complete* (ETC). Estimativa do valor que ainda teremos de gastar, para concluir o trabalho que falta. Numa determinada data de análise teremos para estimativa do custo final $EAC=AC+ETC$, o valor atual dos gastos AC mais a estimativa do valor que ainda teremos de gastar.
- *Variance At Completion* ($VAC=BAC-EAC$). Estimativa do valor que o projeto custará a mais ou a menos no final do projeto.

Estas previsões fornecem à equipa de gestão de projetos sinais de aviso, no caso das estimativas estarem fora dos limites aceitáveis.

2.3.5 Construção e funcionamento do EVM

Tanto o PV como o EV estão baseados na *Performance Measurement Baseline* (PMB), que é construída a partir da *Work Breakdown Structure* (WBS) e respetivo cronograma na fase de planeamento. Por isso, para que o EVM possa ser usado como técnica realística de controlo e monitorização da execução do projeto, o primeiro passo será a compreensão e organização do trabalho do projeto durante a fase de planeamento.

Nesta fase de planeamento será necessário elaborar com mais pormenor o âmbito do projeto usando a WBS. Através da WBS o trabalho pode ser organizado em elementos mais maneáveis e executáveis, chamados pacotes de trabalho (ou outro elemento da divisão do trabalho considerado adequado para o projeto em questão). Em seguida o trabalho terá de ser escalonado logicamente até todo o trabalho do projeto estar incluído. Assim que o trabalho esteja escalonado e os recursos atribuídos, o âmbito, cronograma e custos têm de ser integrados e registados numa tabela de custos, em função do tempo/divisão do trabalho a que se chama PMB.

Tabela 2: Performance Measurement Baseline

Adaptado de PMI (2005)

Projeto	WBS	Budget	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Fase 1													
	1.1 Pacote de trabalho 1	20	5	15										
	1.2 Pacote de trabalho 2	40		30	10									
	1.3 Pacote de trabalho 3	60			10	20	15	15						
	Fase 2													
	2.1 Pacote de trabalho 1	20							16	4				
	2.2 Pacote de trabalho 2	35						6	7	5	7	6	2	2
TOTAL		175	5	45	20	20	15	21	23	9	7	6	2	2
Acumulado			5	50	70	90	105	126	149	158	165	171	173	175

Na tabela 2 é apresentado um exemplo em que a divisão do trabalho considerada é o pacote de trabalho e o período de tempo é o mês. Para cada período de tempo temos o somatório de todos os pacotes de trabalho, que constitui o valor planejado para esse período (todos os valores da tabela estão numa determinada unidade monetária).

Este plano, com o *budget* em função do mês/pacote de trabalho, será usado para medir a performance do projeto. Também será necessário documentar a forma ou técnica que faz corresponder o progresso físico do trabalho a uma determinada percentagem, por forma a calcular o valor ganho de cada pacote de trabalho (tabela 3).

Tabela 3: Progresso físico do trabalho no final Julho

Adaptado de Anbari (2003)

Projeto	WBS	Budget	% Finalização	Valor ganho
	Fase 1			
	1.1 Pacote de trabalho 1	20	100%	20
	1.2 Pacote de trabalho 2	40	100%	40
	1.3 Pacote de trabalho 3	60	100%	60
	Fase 2			
	2.1 Pacote de trabalho 1	20	80%	16
	2.2 Pacote de trabalho 2	35	60%	21
TOTAL		175		157

A PMB inclui dois tipos de informação, uma que permite obter o PV em função tempo e outra que permite calcular o valor ganho (EV) em função da percentagem de cada pacote já concluído. Na prática e para efeitos de cálculo, o PV será para cada data, o acumulado do valor planejado dos vários períodos passados, e o EV, a soma dos vários EVs de cada pacote de trabalho, sendo cada EV individual, a percentagem do budget já realizada para esse pacote de trabalho.

Na fase de execução, o EVM requer o registo da utilização dos recursos numa base temporal. Ou seja, o AC deve ser registado periodicamente ao nível contabilístico, permitindo a comparação com o PV e o EV. Se a tabela 3 foi registada no final de julho, o PV=149, o EV=157 e o AC é igual ao valor acumulado dos gastos do projeto nessa data. Usando este método durante a execução, a equipa de projeto pode fazer as várias análises EVM que permitem controlar e prever resultados no final do projeto.

À medida que vão sendo obtidos os vários EV e AC durante a execução do projeto, vai sendo construído um gráfico idêntico ao da figura 3.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
PV	5	50	70	90	105	126	149	158	165	171	173	175
AC	10	30	65	100	120	125	140					
EV	5	30	40	84	108	134	157					

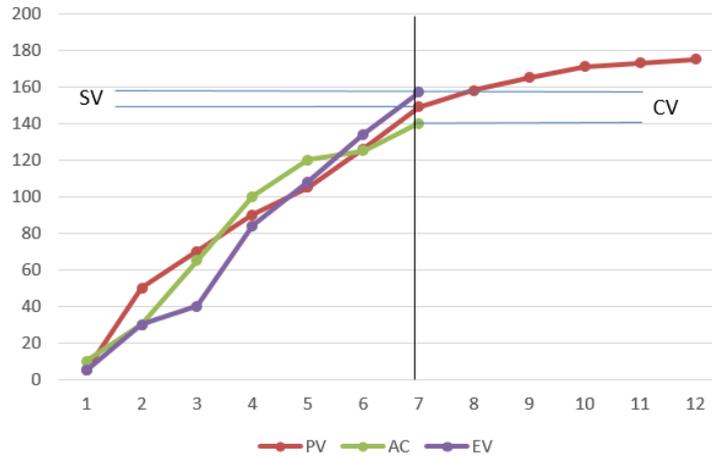


Figura 3: Gráfico acumulado do PV, AC e EV

Outro exemplo de gráfico útil na monitorização do projeto é o gráfico de barras das variâncias (figura 4), que permite verificar com facilidade que as barras negativas representam motivo de preocupação.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
PV	5	50	70	90	105	126	149	158	165	171	173	175
AC	10	30	65	100	120	125	140					
EV	5	30	40	84	108	134	157					
SV	0	-20	-30	-6	3	8	8					
CV	-5	0	-25	-16	-12	9	17					

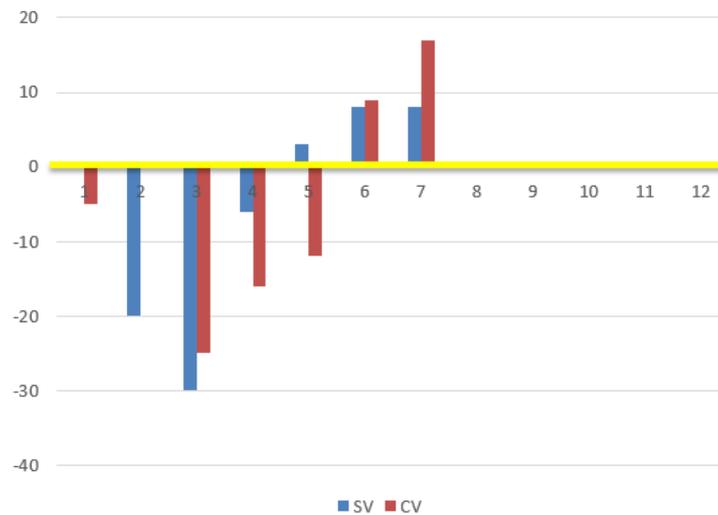


Figura 4: Gráfico de barras das variâncias SV e CV

A figura 5 representa os vários CPI e SPI acumulados e permite acompanhar a performance do projeto em relação à linha do 1. Valores inferiores a 1 representam atraso para o SPI e custo superior ao planejado para o CPI.

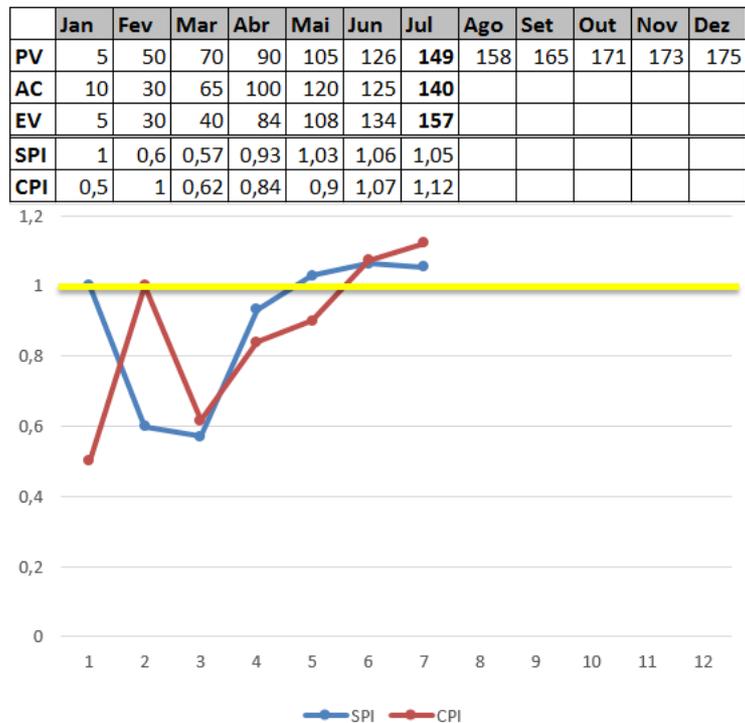


Figura 5: SPI e CPI acumulado

Outra forma de visualizar o SPI e o CPI acumulado é através de um gráfico *Bull's Eye* (figura 6). Neste gráfico cada ponto corresponde a um SPI (eixo x) e ao respectivo CPI (eixo y), criando quadrantes que informam se o projeto está atrasado ou adiantado e se o custo está acima ou abaixo do planejado. Conforme o quadrante onde se encontra o ponto, ficamos a saber a situação do projeto em tempo e custo. O centro do gráfico é o 1 e representa uma espécie de mira para onde os pontos deverão convergir. Também se pode construir um gráfico idêntico para o SV e o CV acumulado.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
PV	5	50	70	90	105	126	149	158	165	171	173	175
AC	10	30	65	100	120	125	140					
EV	5	30	40	84	108	134	157					
SPI	1	0,6	0,57	0,93	1,03	1,06	1,05					
CPI	0,5	1	0,62	0,84	0,9	1,07	1,12					

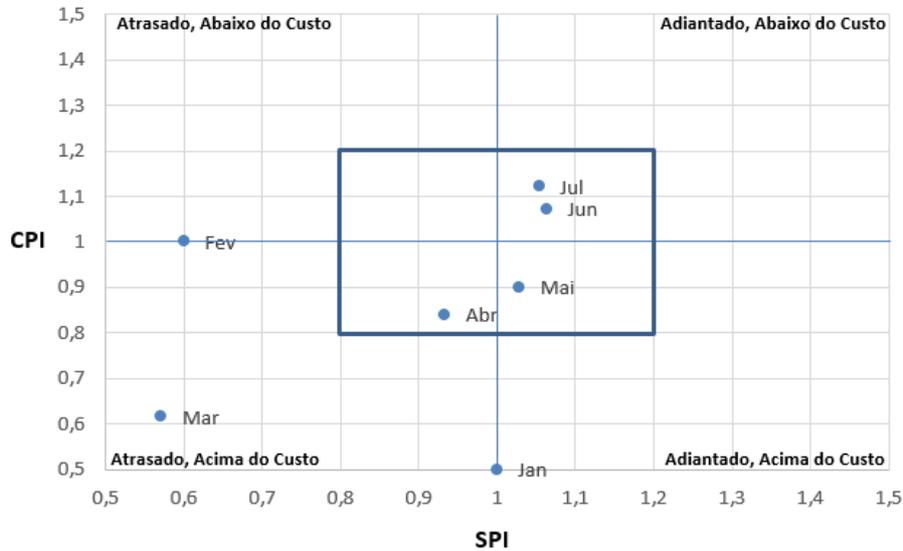


Figura 6 - Gráfico Bull's Eye SPIx CPI

2.3.6 Dificuldades de implementação do EVM

Embora a metodologia seja simples de entender, na tradução para a prática surgem algumas dificuldades de implementação. Algumas das dificuldades encontradas tem origem no próprio método, por exemplo, a tradução do progresso físico do trabalho para o valor ganho, a contabilização precisa dos custos do projeto para cada período de tempo e o planejamento dos custos na construção da PMB. Outras dificuldades ficam a dever-se ao ambiente do próprio projeto.

Kim, Wells e Duffey (2003) referem alguns dos problemas apontados pelos utilizadores do EVM durante a sua introdução no setor privado: custos elevados na sua implementação, demasiados papéis, falta de conhecimento dos gestores de projetos, falta de participação por parte dos utilizadores, conflito entre gestores de projeto e consultores, falta de confiança entre os promotores e os empreiteiros (no caso de projetos de construção civil) e pressão para apresentar só resultados positivos. Num estudo realizado por Kim et al. (2003), conclui-se que a aceitação do EVM tem sido crescente, tanto no setor público como no privado, e que os problemas estão a diminuir. Os autores concluem que não chega introduzir o EVM numa

organização, é necessário ter em conta a cultura organizacional, apoio contínuo da gestão de topo, mecanismos de integração, treino efetivo e sistemas de suporte (contabilidade, PMO, ERP e outros).

2.4 Gestão do risco

Na bibliografia consultada surgem argumentos em relação às vantagens em mudar o termo “risco” para “incerteza”. Por exemplo Ward e Chapman (2003) consideram que o uso do termo “risco” é redutor, pois “risco” é normalmente considerado como algo de negativo e como um evento, em vez de uma fonte de incerteza mais geral. Os autores propõem antes o uso do termo "gestão da incerteza" em vez de gestão do risco ou gestão da oportunidade. Nesta abordagem a Gestão do Risco do Projeto deixa de estar focada nas ameaças e passa ter muito mais preocupação em entender as fontes de incerteza.

Para assistir a estas modificações, podem ser tomadas algumas medidas que irão dar mais ênfase à nova abordagem:

- Mais foco no registo da informação, com o objetivo de mais tarde refinar as estimativas e a análise;
- Melhor entendimento das fontes da incerteza;
- Valorização das abordagens quantitativas.

Segundo esta perspetiva, a “Gestão da Incerteza” facilitaria um maior foco e atenção na gestão da variabilidade das atividades organizacionais que influenciam os projetos.

O PMBoK® usa o termo “gestão do risco” com a finalidade de representar a gestão das ameaças, a gestão das oportunidades e a variabilidade causada pela incerteza do projeto. No entanto, conforme referido por Ward e Chapman (2003), a abordagem do PMBoK® tem a tendência para dar mais ênfase aos aspetos negativos, ficando a impressão que a gestão do risco será em primeiro lugar a gestão das ameaças.

2.4.1 A gestão do risco na gestão de projetos

No PMBoK®(PMI, 2013) risco está definido como um evento (ou condição) incerta que no caso de ocorrer tem um efeito positivo ou negativo nos objetivos do projeto. Nos objetivos incluem-se o âmbito, cronograma, custo e qualidade. Nesta definição de risco estão incluídas duas dimensões: incerteza e o seu efeito nos objetivos do projeto. A incerteza pode ser descrita pela probabilidade de ocorrência e o seu efeito pelo impacto nos objetivos. A definição também

refere efeitos positivos ou negativos nos objetivos do projetos. Estes dois tipos de risco são chamados de oportunidades e ameaças respectivamente.

A gestão do risco do projeto tem como fim identificar e priorizar riscos antes de estes acontecerem, sendo por isso necessário classificar os eventos em termos de probabilidade de ocorrência e o seu impacto nos objetivos (PMI, 2009).

Apresentam-se de seguida algumas das características da gestão do risco do projeto, conforme o *Practice Standard for Project Risk Management* (PMI, 2009):

- A gestão do risco do projeto não é uma opção. É fundamental para o sucesso da gestão de projetos, é parte integrante de todos os aspetos da gestão de projetos e de todas as fases destes.
- A gestão do risco do projeto não substitui outros processos da gestão de projetos, pelo contrário, necessita dos dados dos outros processos e fornece a perspetiva de risco a esses processos.
- A exposição ao risco é máxima nos estádios iniciais do projeto, mas nesta altura, a informação sobre os riscos do projeto está ao seu nível mínimo.
- Quanto mais cedo no ciclo de vida do projeto forem reconhecidos os riscos, mais realísticos serão os planos e expectativas do projeto.
- Durante a execução do projeto, o processo de monitorização do risco procura por riscos que possam emergir, tendo como objetivo dar a resposta adequada, assim como, a remoção dos riscos que deixaram de ser plausíveis.
- A incerteza nas estimativas e pressupostos do projeto levam à necessidade da gestão do risco do projeto. Por exemplo, o escalonamento do projeto assume durações de atividades e disponibilidade de recursos como se estas fossem conhecidas com certeza total.
- A gestão do risco fornece as bases para a estimativa do valor da reserva de contingência do custo e do cronograma, sendo uma forma de dar resposta ao nível de confiança definido para o cumprimento dos objetivos do projeto.

2.4.2 Riscos individuais e riscos globais do projeto

Na definição de risco estão incluídos os vários eventos distintos entre si, que apesar de incertos podem ser claramente descritos e também as várias condições genéricas e menos específicas que levam à incerteza global do projeto. Baseado nestas duas classes de eventos, no PMBoK® é referido que existem dois tipos de riscos, os conhecidos e os desconhecidos. Os conhecidos são os que estão identificados e podem ser analisados, sendo possível a sua gestão ou controlo (no caso de não ser possível a sua gestão proactiva deverá ser atribuída uma reserva de contingência); os desconhecidos não podem ser geridos proactivamente, sendo necessária a criação de uma margem de gestão para este tipo risco (PMI, 2013).

Pode ser útil considerar o risco do projeto em dois níveis: O nível dos riscos individuais e o nível dos riscos globais do projeto (PMI, 2009).

Os riscos individuais:

- São eventos ou condições específicas que podem afetar os objetivos do projeto;
- Podem afetar positivamente ou negativamente um ou mais dos objetivos, elementos ou tarefas do projeto;
- Se compreendidos podem ajudar na aplicação de esforços ou recursos, que aumentem a possibilidade de sucesso do projeto;
- O dia-a-dia da gestão do risco baseia-se nestes riscos.

Os riscos globais do projeto:

- Representam o efeito da incerteza no projeto como um todo;
- Representam mais do que a soma de todos os riscos individuais;
- Também representam a exposição dos *stakeholders* às implicações dos resultados do projeto.

2.4.3 Processos de gestão do risco

No PMBoK® os riscos têm um tratamento através dos seguintes processos (PMI, 2009, 2013):

- Planeamento da gestão do risco
 - ✓ Desenvolvimento da estratégia de gestão dos riscos globais;
 - ✓ Decidir que processos executar;
 - ✓ Integrar a gestão do risco com o resto das atividades dos projeto.

- Identificação dos riscos
 - ✓ Identificar todos os riscos conhecidos, tendo em conta os objetivos do projeto;
 - ✓ Como alguns riscos são desconhecidos em determinado momento, o processo terá de ser iterativo, por forma a procurar novos riscos;
 - ✓ Aquando da identificação de um risco, deverá ser procurada no imediato a potencial resposta.

- Análise qualitativa dos riscos
 - ✓ Avaliar características individuais dos riscos;
 - ✓ Priorizar riscos com base nas características;
 - ✓ Categorizar riscos com base na sua fonte ou causa;
 - ✓ Aplicar os métodos de análise de risco qualitativos à lista de riscos;
 - ✓ Os riscos com alta prioridade terão o foco no plano de resposta a riscos, e poderão ser analisados como os riscos globais com técnicas quantitativas.

- Análise quantitativa dos riscos
 - ✓ Estimativa quantitativa dos efeitos do risco globais nos objetivos do projeto;
 - ✓ Baseia-se na informação dos planos atuais quando se considera o efeito do risco como um todo;
 - ✓ Avalia as possibilidades para atingir os objetivos do projeto com sucesso;
 - ✓ Pode ser usada para estimar as reservas de contingência, normalmente para tempo e custo.

- Plano de resposta aos riscos
 - ✓ Determinar o conjunto de ações de resposta apropriadas, tanto para riscos individuais como para riscos globais;
 - ✓ O plano deve ser desenvolvido para todos os riscos considerados importantes;
 - ✓ As medidas a tomar devem concordar com eventuais alterações nos custos, cronograma, recursos e âmbito;
 - ✓ Cada ação deve estar claramente atribuída ao responsável pelo risco.

- Monitorização e controlo dos riscos
 - ✓ Acompanhar os riscos identificados;
 - ✓ Monitorizar o risco residual;
 - ✓ Identificar novos riscos;
 - ✓ Verificar que o plano de resposta ao risco é executado no tempo apropriado e avaliar a sua validade.

A seguir à identificação dos riscos é necessário determinar a importância de cada risco, por forma a priorizar o grau de atenção a dar aos riscos individuais, avaliar o nível do risco global e determinar as respetivas resposta. A priorização dos riscos individuais pode ser feita usando técnicas qualitativas enquanto a avaliação do risco global pode ser realizada por uma análise quantitativa. Em alguns casos pode ser necessária a combinação das duas técnicas para os dois tipos de risco.

2.4.4 Análise qualitativa e quantitativa do risco

A avaliação do risco pode ser feita usando técnicas qualitativas para enquadrar os riscos individuais e técnicas quantitativas para entrar em consideração com o efeito geral do risco do projeto como um todo.

As técnicas qualitativas são usadas para uma melhor compreensão dos riscos individuais em algumas das seguintes características (PMI, 2009):

- Probabilidade de ocorrência;
- Grau de impacto nos objetivos do projeto;
- Possibilidade de gestão do risco;
- Calendarização dos possíveis impactos;
- Relacionamento com os outros riscos;
- Causas e efeitos.

As técnicas qualitativas normalmente são usadas na maioria dos projetos que fazem uma avaliação do risco, enquanto as técnicas quantitativas podem ou não ser necessárias (PMI, 2009).

As técnicas quantitativas fornecem informação do efeito combinado entre riscos e têm em conta os efeitos probabilísticos e globais do risco, tais como:

- Relação entre os riscos;
- Interdependência;
- Realimentação;
- Indicação do grau global de exposição ao risco enfrentado pelo projeto.

Os resultados desta análise deverão ser usados para desenvolver as respostas apropriadas, em particular, o cálculo das reservas de contingência necessárias. As técnicas quantitativas podem não ser necessárias em todos os projetos (PMI, 2009).

2.4.5 Estratégias de resposta ao risco

Existem vários tipos de estratégias de resposta a riscos e para cada risco pode ser escolhida uma estratégia ou um conjunto de estratégias que sejam apropriadas. Para implementar essa estratégia será necessário implementar ações específicas, como por exemplo a reserva de contingência que é alocada para tempo e custo. As estratégias podem ser construídas para riscos negativos (ameaças), ou para riscos positivos (oportunidades). As três estratégias que normalmente lidam com as ameaças são: evitar, transferir e mitigar. Uma quarta estratégia, aceitar, pode ser utilizada para riscos negativos/ameaças ou para riscos positivos/oportunidades. Estas estratégias deverão ser escolhidas por forma a fazer corresponder a probabilidade e o

impacto com os objetivos gerais do projeto. O evitar e o mitigar são normalmente boas estratégias para lidar com riscos críticos e com grande impacto, para riscos menos críticos e com menos impacto a transferência e a aceitação serão boas estratégias (PMI, 2013).

- Evitar

Nesta estratégia, a resposta ao risco tem por objetivo eliminar a ameaça ou o impacto desta no projeto. Normalmente o gestor do projeto muda o plano ou os objetivos por forma a eliminar completamente a ameaça. Exemplos: Prolongar o cronograma, mudar a estratégia ou reduzir o âmbito, e no limite, cancelar o projeto.

- Transferir

A transferência do risco é uma estratégia de resposta a riscos onde a equipa de projeto passa o impacto da ameaça para terceiros. Transferir o risco simplesmente passa a gestão do risco para terceiros não o elimina. A transferência de risco envolve o pagamento à entidade que fica com os riscos. Exemplos de mecanismos de transferência de risco: seguros e garantias de boa execução.

- Mitigar

Mitigar o risco é uma estratégia onde a equipa de projeto atua por forma a reduzir a probabilidade de ocorrência ou impacto do risco. A antecipação de ações que visem a redução da probabilidade e/ou impacto do risco são mais efetivas que esperar as consequências da sua ocorrência. Exemplos de ações de mitigação: processos menos complexos, fazer mais testes, escolha de fornecedores mais fiáveis.

- Aceitar

A aceitação é a estratégia onde a equipa de projeto decidiu, que embora tenha conhecimento do risco, não tomar nenhuma ação até que este ocorra. Nesta estratégia a equipa de projeto decidiu não alterar o plano de gestão do projeto para lidar com o risco, ou é incapaz de encontrar outra estratégia de resposta possível. A maneira ativa de lidar com esta estratégia é a criação de uma reserva de contingência, que inclua tempo, dinheiro, ou recursos para responder aos riscos.

2.4.6 Controlo e monitorização do risco

Em qualquer ponto do projeto, o gestor de projeto necessita de ter o nível de confiança no sucesso do projeto e para isso terá de controlar ou monitorizar o risco e gerir as reservas.

Controlar ou monitorizar o risco requer ferramentas para seguir, tanto os riscos globais, como os riscos individuais (PMI, 2009).

Exemplos de estratégias utilizadas:

- São necessárias técnicas que permitam medir o nível de confiança no sucesso do projeto;
- As ferramentas para a gestão dos *buffers* de tempo devem estar integradas com as técnicas de escalonamento;
- As ferramentas de gestão dos custos devem estar alinhadas com as práticas financeiras;
- Devem ser feitas previsões para determinar se as reservas são suficientes;
- São necessárias ferramentas que permitam medir o progresso dos gastos.

2.5 Integração entre EVM e a gestão do risco

A gestão do valor ganho (EVM) é uma disciplina da gestão de projetos que funciona na dependência de outras disciplinas e onde é essencial uma abordagem integrada. Embora esta dependência esteja sempre presente, a relação do risco e da gestão do risco com o EVM é considerada no *Practice Standard for Earned Value Management* com sendo de alguma complexidade (PMI, 2011).

2.5.1 Influência da gestão do risco no EVM segundo o PMI

No PMI não existe um *Practice Standard* dedicado à integração entre o EVM e a gestão do risco, embora no *Practice Standard for Earned Value Management* (PMI, 2011) o apêndice E (Integrating Earned Value Management with Risk Management) procure dar algum desenvolvimento ao tema. Por outras palavras, o tema não aparece normalmente referido com o nome de “Integração entre EVM e gestão do risco”, ou como técnica/ferramenta, mas existe uma integração implícita por meio da dependência entre os vários processos.

A gestão do risco já inclui um *framework* genérico que irá influenciar a construção da PMB. Quando se usam as estratégias de resposta ao risco, em particular o evitar, o transferir e o mitigar, já estamos a incluir as eventuais consequências para os objetivos do projeto na PMB (PMI, 2011).

A metodologia EVM prevê uma reserva de gestão e reservas de contingência como margem para suportar outras estratégias de resposta ao risco. Como a Reserva de Gestão é destinada a trabalho invisível e não planeado em avanço, está acima da PMB. Em contraste os planos de

contingência estão desenhados para lidar com riscos específicos e quantificáveis, podem ser incorporados na PMB (PMI, 2011).

De seguida serão apresentadas algumas das características da reserva de gestão, reserva de contingência, e como estas se relacionam com a PMB. Também é apresentado como as respostas da Gestão do Risco se relacionam com a PMB.

Estas características e respostas são importantes para a compreensão dos mecanismos que explicam como a Gestão do Risco está exposta no EVM.

Um conceito que é necessário esclarecer é o de *Cost Baseline*. Segundo o *Practice Standard for Earned Value Management* (PMI, 2011), *Cost Baseline* é a versão aprovada da PMB e não inclui qualquer reserva de gestão.

Reserva de Gestão

- As Reservas de Gestão são parte do orçamento do projeto, reservado para trabalho invisível, que faz parte do âmbito do projeto.
- A Reserva de Gestão tem como função suportar a incerteza que possa afetar o projeto e que não pode ser especificada.
- Para a determinação da Reserva de Gestão do projeto são necessárias estimativas.
- A Reserva de Gestão não está incluída na *Cost Baseline*, mas faz parte do *budget* total do projeto (esta reserva não está faseada no tempo).
- A reserva não deve ser usada para mascarar problemas de performance.

No gráfico da figura 7 podemos ver que alguns dos valores do EVM, como o $VAC=BAC-EAC$, podem ser comparados com o valor da reserva de gestão, que depende do risco global do projeto. Relembrar que o BAC é o valor orçamentado para o total do projeto e o EAC é o valor estimado para o total do projeto e que depende da performance do projeto num determinado instante antes do final do projeto. À medida que os vários EACs vão sendo calculados durante a execução do projeto podemos estimar se o valor da reserva de gestão chega para as previsões atuais do projeto. Neste contexto o EVM pode ser considerado um método de controlo e monitorização da margem de gestão.

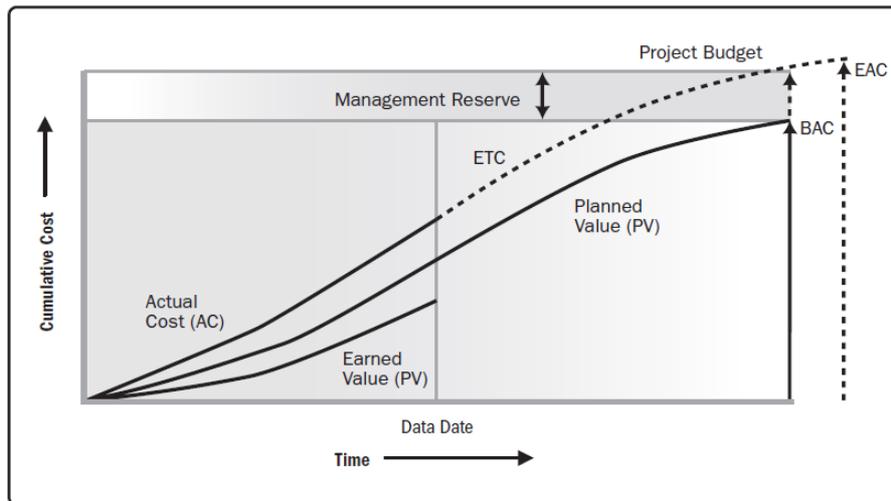


Figura 7: Reserva de gestão e EVM
(PMI, 2013)

Reserva de contingência

- A reserva de contingência é o *budget* dentro da *Cost Baseline*, que é alocado para os riscos identificados, em que se utilizou a técnica de aceitar o risco e para os quais a reserva foi planejada.
- A reserva de contingência só é desbloqueada no caso do risco se materializar.
- A reserva de contingência pode ser alocada para uma atividade, o projeto inteiro ou para ambos.
- Pode ser uma porcentagem do custo estimado, um valor fixo, ou pode ser obtida usando métodos de análise quantitativos.
- A reserva pode ser utilizada para responder a ameaças ou para explorar oportunidades.
- Os outros tipos de estratégias de resposta a riscos (evitar/explorar, mitigar/incrementar, transferir/partilhar) promovem a alteração do plano de gestão do projeto e da PMB, e já fazem parte do âmbito e do respetivo budget do projeto.

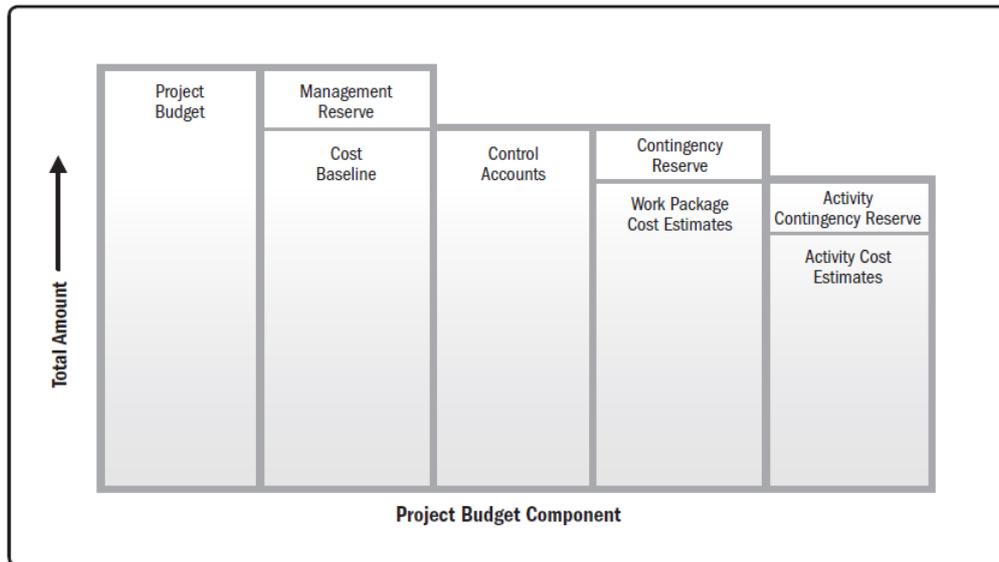


Figura 8: Componentes do budget do projeto
(PMI, 2013)

A figura 8 representa a decomposição do budget do projeto nas suas várias componentes.

Como a *Cost Baseline* é construída a partir dos valores resultantes de cada pacote de trabalho (tabela 2), e como neste modelo, os valores de cada *Control Account* (Control Account = Pacote de Trabalho + Reserva de Contingência) incluem uma parte de reserva, verifica-se que os parâmetros do EVM também são dependentes da reserva alocada para fazer face aos riscos.

Um ponto importante relativo às normas EVM e à reserva de contingência refere-se ao uso das reservas contingência. O uso das reservas de contingência é uma prática da gestão do risco que não é aplicada em todos os *standards* EVM, embora seja comum o seu uso em ambiente empresarial. Em ambientes baseados na norma ANSI-748, o único *budget* permitido dentro da PMB e que não está na WBS é o *Undistributed Budget*. É necessário ter em atenção que a reserva de contingência representa *budget* dentro da PMB que não está identificado no âmbito, e isto não é aceitável na norma ANSI-748. No *Practice Standard for Earned Value Management* considera-se o uso da reserva de contingência aceitável, mas que poderá não o ser em todos os ambientes (PMI, 2011).

O *Practice Standard for Earned Value Management* propõe que as reservas de contingência sejam parte do *Undistributed Budget* e que no caso do risco não se materializar, a contingência não será disponibilizada e não entrará na *Control Account*. Em termos de EVM a metodologia

pode ser aplicada porque os valores da contingência estão planejados e faseados no tempo como o resto da *Control Account*.

Incluir as estratégias de Gestão do Risco na PMB

Até agora foi apresentado como as reservas de contingência e a reserva de gestão estão ligadas à PMB. Neste ponto apresenta-se a ligação da Gestão do Risco à PMB. Seguem-se as respostas da Gestão do Risco e a respetiva ligação à PMB:

- Evitar o risco

Em vez de seguir um caminho com riscos, evita-se o risco completamente. Quando esta estratégia é utilizada, a PMB já inclui o *budget* tempo/fase necessário para fazer face ao novo caminho.

- Transferir o risco

Neste tipo de risco a ameaça continua a existir, mas o risco foi transferido para terceiros. Também neste caso a PMB já inclui as eventuais correções que possam existir.

- Mitigar o risco

Aqui o risco continua a existir mas o impacto ou a probabilidade da ameaça foi diminuída proactivamente. Embora o risco seja diminuído, o risco residual continua a existir. A PMB já inclui o *budget* tempo/fase necessário para mitigar o risco.

- Aceitar o risco

Em alguns casos o risco pode ser uma ameaça para os objetivos do projeto, mas como têm um risco relativo pequeno, devido à probabilidade e impacto, o gestor de projeto pode não gerir ativamente este tipo de risco e aceitar as consequências. Por exemplo, as consequências do risco não valem os recursos necessários para o mitigar. Neste caso deverá ser dimensionado um plano de contingência que será executado no caso da ocorrência do risco.

2.5.2 Formas de incluir o risco no EVM

O risco como fonte de incerteza permite introduzir no EVM, em particular na PMB, variabilidade. Esta variabilidade estará associada a alguma classe de riscos enquadrável na gestão do risco. No *Practice Standard for Earned Value Management* é apresentada uma primeira forma de incluir o risco no modelo e como pode ser interpretada. Segundo este *practice standard*, na fase inicial do projeto, deverá ser feita uma análise estatística com o fim de se

obter uma *S-curve* (distribuição cumulativa de probabilidade) para o custo total do projeto (figura 9).

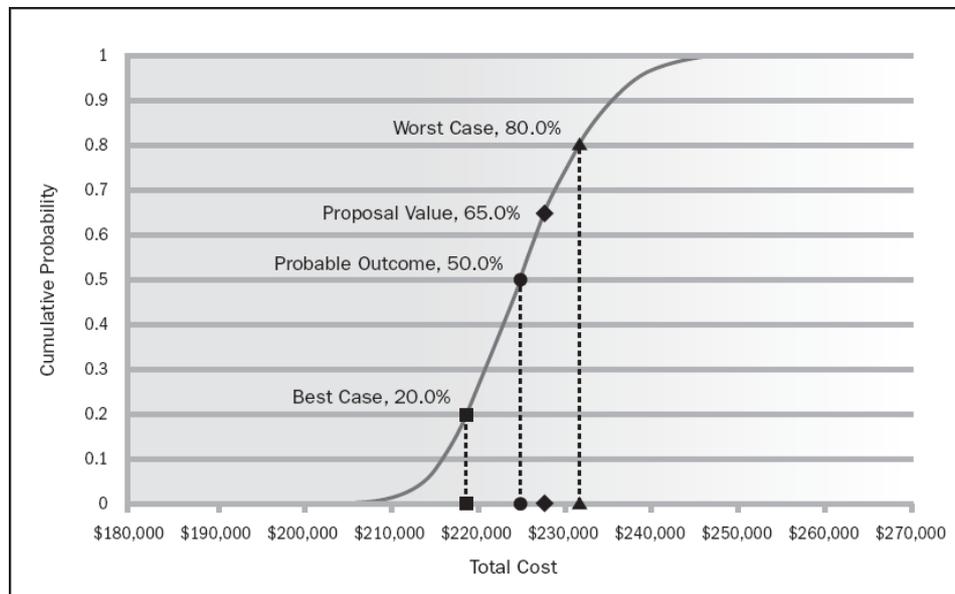


Figura 9: Distribuição Cumulativa de Probabilidade (S-curve)
(PMI, 2011)

A função desta distribuição será a de se obterem os possíveis limites dos custos, por forma a ser possível ajustar o grau de risco aceitável para uma determinada organização. A *S-curve* é derivada das estimativas do custo, da incerteza nas estimativas do custo e dos riscos e oportunidades identificados (PMI, 2011).

Na pesquisa efetuada surgem algumas variantes ou evoluções em relação à possível extensão do EVM, usando a variabilidade do projeto para incluir o risco na metodologia (Acebes et al., 2014; Pajares & Paredes, 2011).

No EVM normal as variâncias e os índices de performance informam o gestor de projeto quando o projeto tem custos superiores ao planeado ou está com atrasos, mas não informam se estes estão dentro da variabilidade esperada para o projeto. Para resolver esta lacuna, Pajares e Paredes (2011) propõem novas métricas que combinam o EVM e o risco para controlo e monitorização do projeto: Cost Control Index (CCol) e Schedule Control (SCol). Os dois índices fazem a comparação das medidas do EVM com os valores máximos que o projeto exhibe no caso das hipóteses da análise do risco. Estes índices alertam o gestor do projeto para

mudanças sistêmicas e estruturais que afetam o risco do projeto, custo e cronograma, para um determinado nível de confiança em custo e cronograma.

Num outro artigo, Acebes, Pajares, Galan, e Paredes (2013) propõem um *framework* gráfico que expande os conceitos do parágrafo anterior. O controlo do projeto usa os índices do parágrafo anterior e adiciona mais duas medidas: *buffer* cumulativo máximo e a soma do *buffer* cumulativo mínimo com o *buffer* cumulativo máximo. O *framework* baseia-se na análise EVM, mas também integra a análise do risco e o conceito de variabilidade do projeto.

Numa abordagem diferente, Acebes, Pajares, Galan, e Paredes (2014) procuram introduzir a incerteza na modelação do projeto, transformando as variáveis da metodologia EVM em distribuições probabilísticas. O resultado são distribuições probabilísticas em tempo e custo, para qualquer percentagem de conclusão do projeto. Como os dados estão organizados para o EVM, é possível apresentar os resultados em gráficos. Para implementar este tipo de técnica, os gestores de projetos só necessitam dos dados do EVM tradicional e da simulação de Monte-Carlo.

As três últimas abordagens demonstram a possibilidade de integrar o risco com a metodologia EVM de várias formas, mas estas abordagens ao criarem novos índices e novas descrições matemáticas, retiram a vantagem da simplicidade do EVM.

2.5.3 Exemplo de integração baseada no PMI

Hillson (2004) apresenta um exemplo de integração entre o EVM e a gestão do risco, onde aparecem os princípios base que sustentam a interface entre as duas metodologias. Este baseia-se na ideia de que o EVM e a gestão do risco são complementares, que cada um tem os seus pontos fortes e fracos, e que uma abordagem em conjunto produz melhores resultados do que a abordagem individual. O EVM tem vantagens na análise da performance passada do projeto, enquanto a gestão do risco só consegue analisar o futuro sem ter em conta o passado.

Segundo Hillson (2004) as boas práticas do EVM recomendam a inclusão de uma margem para a incerteza da *Cost Baseline*, mas, algumas *Cost Baselines* são criadas sem terem em conta os riscos e apenas consideram uma contingência para trabalho não planeado. É frequente as contingências não terem identificados os riscos que as originaram, mas antes, refletirem a intuição de que pode ser necessário ter alguma reserva para o caso de algo correr mal. Além disso, as contingências são frequentemente escondidas para evitar a sua remoção pela gestão antes do projeto começar.

Através de uma análise de risco total, antes de o projeto começar, a gestão do risco contribui para o EVM, tornando explícita a consideração da incerteza e risco na construção da *Cost Baseline*. Por outras palavras, ao atribuir incerteza e risco, tanto ao custo como ao tempo, fica possível avaliar o grau de risco da *baseline* do projeto. Com a incerteza gerada pela simulação de Monte Carlo em custo e tempo, obtém-se uma *Cost Baseline* variável que por conseguinte gera índices de performance e estimativas EVM variáveis dentro de certos limites. Os resultados permitem a determinação do melhor caso para o projeto que será o mais económico e o mais rápido, no sentido contrário consegue-se o pior caso. Recomenda-se o uso da curva central em vez da *Cost Baseline* original (figura 10).

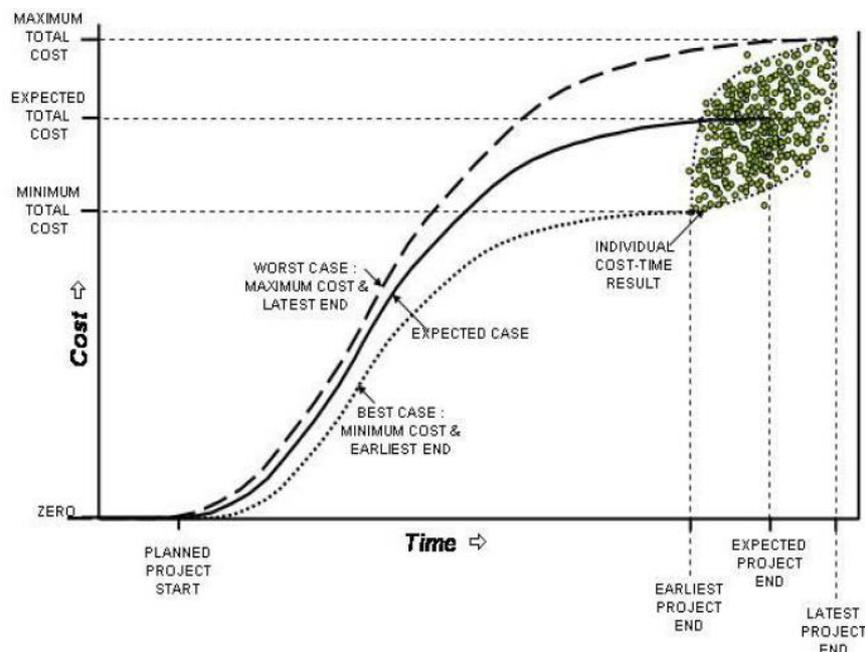


Figura 10: *Cost Baseline* integrada com o risco
(Hillson, 2004)

Segue-se a sequência para a criação da *baseline* de custos (BCWS/PV) apresentada por Hillson (figura 11).

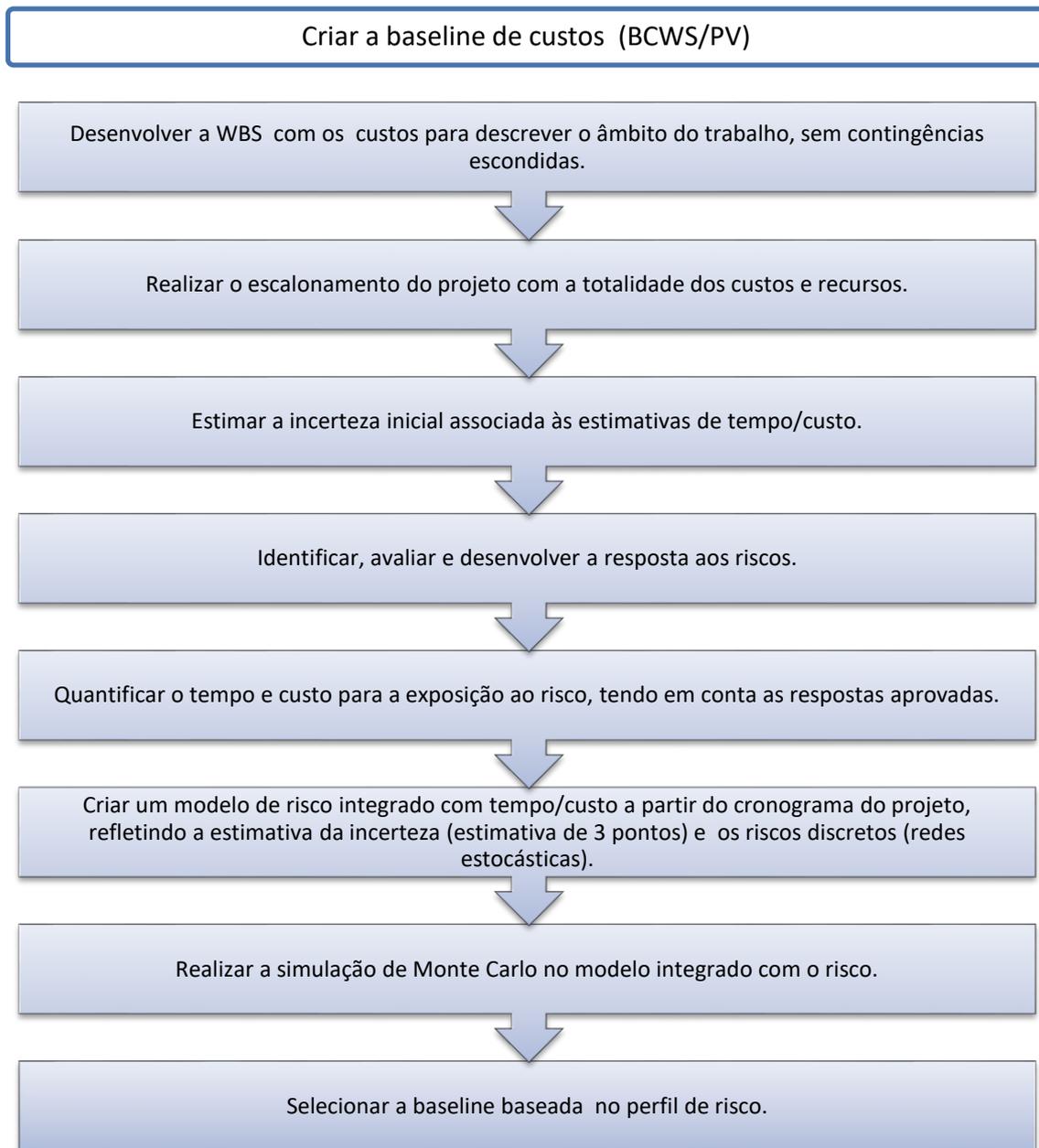


Figura 11:Baseline de custos (BCWS/PV)

Adaptado de Hillson (2004)

Resumindo, Hillson (2004) faz referência a duas vantagens nesta abordagem conjunta, por um lado a obtenção de uma *Cost Baseline* mais realista e dependente dos riscos, por outro lado os índices de performance EVM podem ser utilizados também como verificação da qualidade da análise do risco.

2.5.4 Exemplo de integração baseada na APM

A *Association for Project Management* (APM) já possui um manual de integração do EVM com o risco, em que o tema é bastante aprofundado, *Interfacing Risk and Earned Value Management* (APM, 2008). Segundo este manual, o principal benefício na integração da gestão do risco com o EVM será a entrega de melhores planificações do projeto, promovendo a melhoria na gestão do projeto e por conseguinte o sucesso nos resultados.

Todos os conceitos apresentados nos pontos anteriores aparecem aqui, embora possam ser utilizados em posições diferentes na sequência ou com nomes diferentes. Segue-se o *framework* apresentado, onde se faz uma descrição de alto nível de como criar uma *project baseline*.

Framework APM

- Estabelecer o contexto do projeto.
- Desenvolver o termo de abertura, a WBS (Work Brakedown Structure) e a OBS (Organisational Breakdown Structure) inicial.
- Desenvolver o *budget* e o cronograma utilizando a técnica *top-down*.
- Identificar os riscos ao nível estratégico.
- Realizar a análise de risco inicial (em tempo e custo).
- Rever o *budget* e o cronograma utilizando a técnica *top-down*.
- Integrar a WBS/OBS para integrar o âmbito da responsabilidade.
- Criar *control accounts* e fazer a análise de risco.
- Desenvolver e atualizar a PMB (Performance Measure Baseline).
- Atualizar e incluir o *project risk register* na *baseline*.
- Fazer concordar a PMB com a MR (Management Reserve).
- Aprovar a *project baseline*.

Na figura 12 está apresentado o modo como as várias componentes da estrutura se interligam.

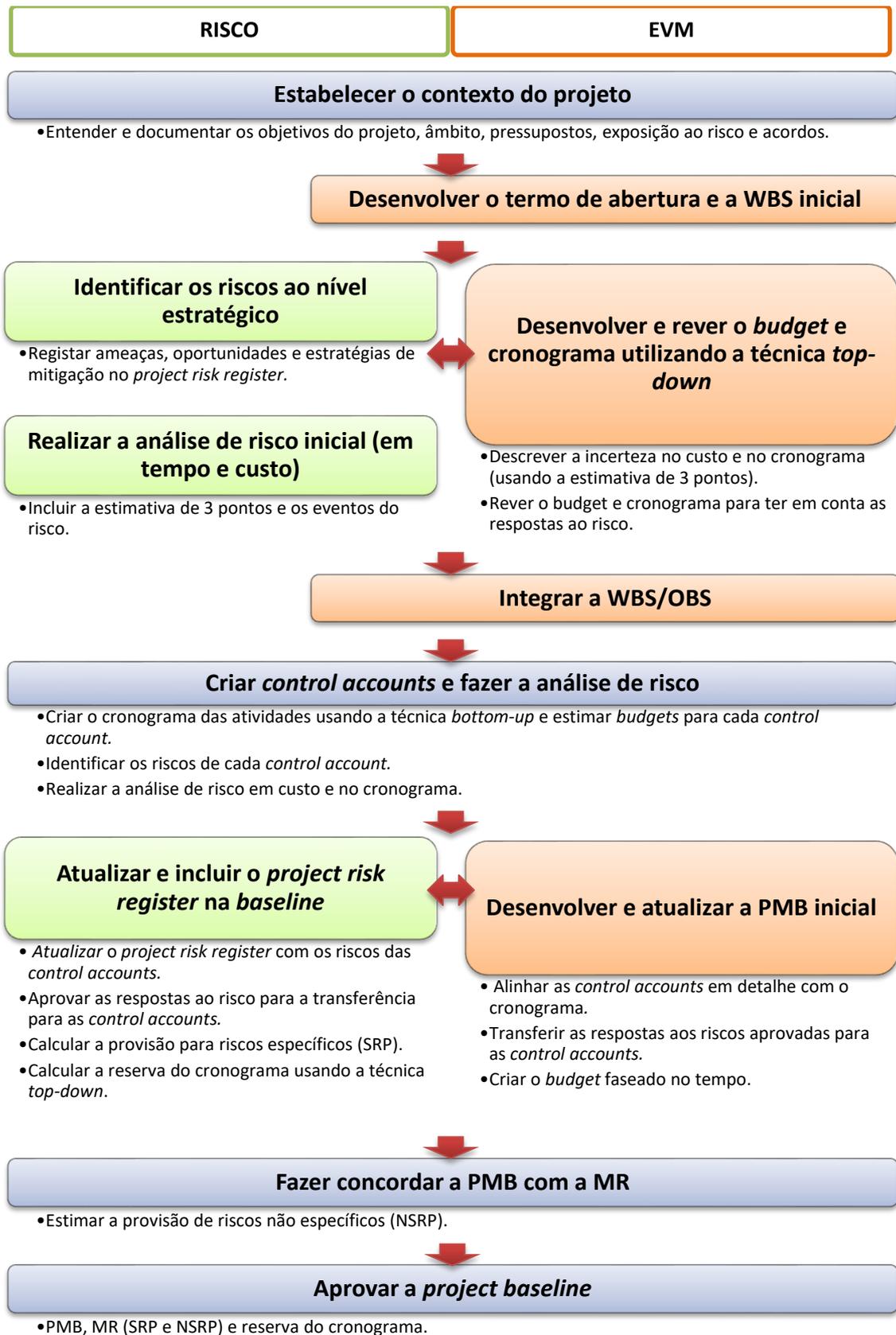


Figura 12: Criar a project baseline.

Adaptado de APM (2008)

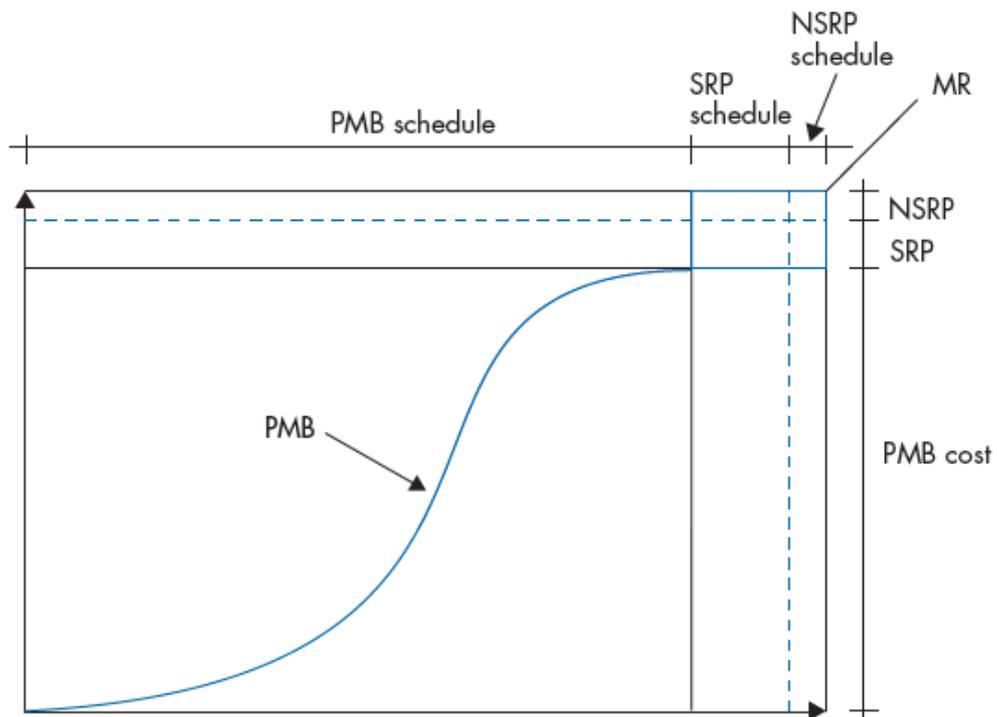
Algumas notas importantes da sequência:

- Desenvolver o *budget* e cronograma utilizando a técnica *top-down*, será atribuir estimativas de custos ao âmbito da WBS para o budget e estimar os maiores blocos de trabalho para o cronograma. Nesta fase excluem-se eventos do risco, mas incluem-se estimativas de incerteza, usando estimativas de 3 pontos, a otimista, a mais provável e a pessimista.
- Identificar os riscos ao nível estratégico em relação aos objetivos do projeto inclui a construção de uma *Risk Breakdown Structure* e o estabelecimento de tolerâncias, patamares que despoletam as respostas e limites.
- Depois de identificados os riscos estratégicos deverão ser incluídos os impactos dos eventos do risco. Esta análise deverá ser feita para a incerteza nas estimativas e para o impacto dos eventos do risco.
- A análise de risco para cada *control account* será usada para obter reserva dependente da incerteza nas estimativas (*budget* e cronograma). As *control accounts* não incluem eventos do risco.

Principais pontos a reter na integração proposta pela APM

- O processo de integração do EVM com o risco é iterativo, serão necessárias várias análises de risco em vários pontos da sequência de integração.
- Os riscos derivam de duas fontes, incerteza das estimativas ou riscos desconhecidos e eventos do risco que são derivados dos riscos identificados.
- A PMB já inclui algumas das estratégias de resposta ao risco.
- São contabilizadas ameaças e oportunidades.
- As reservas dependem dos vários tipos de risco.

Por exemplo, a reserva de gestão é igual a soma da provisão de riscos específicos e riscos não específicos. Sendo riscos específicos os riscos identificados como ameaças e riscos não específicos os riscos desconhecidos. Na figura 13 estão representadas as várias componentes deste modelo.



*Figura 13: PMB + provisões.
(APM, 2008)*

2.6 Conclusões

O EVM, ao utilizar como base valores planeados, tem incluída alguma incerteza. Esta incerteza está dependente dos riscos associados ao projeto. Por conseguinte os valores obtidos pelo EVM estão sempre afetados pelos riscos. Os métodos numéricos referidos no PMBoK® e as extensões ao EVM propostas por Pajares e Paredes (2011), Acebes et al. (2014) são exemplos de como se pode introduzir a variabilidade na PMB. A maneira como se traduzem os riscos do projeto para a variabilidade a incluir no modelo, é ligeiramente diferente entre os vários métodos. A descrição matemática, os nomes dados ou o ponto onde é introduzida a variabilidade, são algumas das diferenças. Neste caso o termo “risco” representa incerteza associada ao risco global do projeto.

Num patamar superior temos a gestão do risco que engloba a gestão dos riscos globais e não identificáveis e a gestão dos riscos individuais e identificáveis. Aqui, “risco” refere-se ao modo como se tratam todos os tipos de risco e evidencia a necessidade de estratificar ou identificar os vários tipos de risco.

Também na gestão do risco referente ao tratamento dos riscos identificáveis a PMB sofre alterações. No PMBoK® a gestão do risco possui uma sequência de processos que alteram a PMB durante a sua construção, através das respostas aos riscos identificáveis.

Pontos a reter

1. Não existe um modelo pré-definido para a integração do EVM com a gestão do risco.
2. O PMBoK® já inclui na interligação entre processos as bases da integração entre EVM e a gestão do risco.
3. O termo “gestão do risco” inclui a gestão das ameaças, gestão das oportunidades e a incerteza do projeto.
4. No PMBoK® as reservas são a resposta aos vários tipos de risco.
5. A base do EVM é a PMB e esta é dependente da gestão do risco.

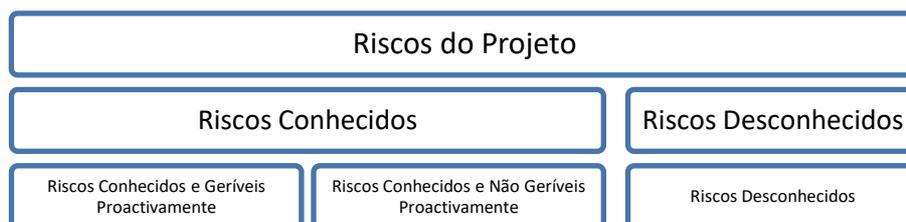
3. MODELO DE INTEGRAÇÃO EVM E GESTÃO DO RISCO

Um dos objetivos deste trabalho é a criação de um modelo que procure integrar ou relacionar o EVM com a gestão do risco. Neste capítulo é apresentado um possível exemplo em que esta integração está explícita. Numa primeira parte estratifica-se o risco por forma a criar diferentes respostas a cada tipo de risco e em seguida apresenta-se como cada resposta pode influenciar o EVM ou como pode o EVM ser utilizado em conjunto com os resultados da gestão do risco. Também são descritos os métodos práticos para a estimativa da reserva de gestão e das reservas de contingência. Numa segunda parte apresenta-se uma proposta de um *framework* de alto nível, que não pretende ser exaustivo, mas sim um exemplo que pode ser aprofundado. Como as repostas ao risco influenciam as diversas fases da metodologia EVM, o *framework* também será uma sequência que permitirá colocar cada operação na sua posição temporal.

3.1 Expor o risco na metodologia EVM

Baseado na aproximação do EVM à gestão do Risco apresentada no PMBoK®, *Practice Standard for Earned Value Management* e *Practice Standard for Project Risk Management*, resumiram-se os diversos riscos na seguinte tabela (tabela 4).

Tabela 4: Resumo dos riscos do projeto



Nesta tabela procura-se sistematizar os vários tipos de riscos por forma a facilitar ou automatizar a sua integração na metodologia EVM, sendo o seu principal objetivo, tornar explícita cada componente do risco dentro da metodologia EVM.

3.1.1 Riscos conhecidos e geríveis proactivamente

Estes são os riscos normalmente tratados na análise de risco do dia-a-dia da gestão de projetos, e podem ser tratados conforme a sequência a seguir apresentada:

- Identificação, caracterização e documentação dos riscos.
- Realização da análise qualitativa que inclui a determinação de probabilidades e do respetivo impacto nos objetivos do projeto, o que leva à priorização dos riscos.
- Conforme os resultados do impacto nos objetivos do projeto serão desenvolvidas respostas que incluem evitar, transferir, mitigar e aceitar o risco. Evitar, transferir e mitigar provocam alterações ao projeto, tanto no custo como no tempo.

Os riscos para os quais se decidiu aceitar o risco, ou o risco residual das outras técnicas de resposta ao risco, serão tratados a seguir.

Influência no EVM: As alterações ao projeto provocadas pela análise qualitativa traduzem-se numa *Cost Baseline* mais realística e por conseguinte em melhores índices EVM.

3.1.2 Riscos conhecidos e não geríveis proactivamente

Estes riscos são conhecidos mas porque não existe uma maneira de os tratar, ou porque é impossível eliminar o risco por completo, ou ainda porque se optou por assumir o risco, serão garantidos por uma reserva de contingência. Como esta reserva só será utilizada no caso de o risco realmente ocorrer, os índices EVM são corrigidos sempre que o risco ocorre. Isto porque o valor da contingência só é contabilizado na PMB se o risco se materializar.

O método mais comum para estimar o valor total da reserva de contingência, será a soma de todas as exposições ao risco, dos riscos registados no plano de contingência. Sendo a exposição ao risco, o produto do custo, no caso do risco se materializar, pela probabilidade de ocorrência.

Influência no EVM: Os índices EVM ao serem corrigidos melhoram as suas capacidades como indicadores, evitando distorções.

3.1.3 Riscos desconhecidos.

Os riscos desconhecidos correspondem a uma parte dos riscos globais do projeto e representam incerteza não especificável do projeto. Estes riscos existem em todos os projetos e como não é possível um tratamento idêntico ao dos riscos conhecidos, normalmente é atribuída uma reserva de gestão para responder a esta incerteza.

O valor da reserva de gestão pode ser obtida por métodos quantitativos em conjunto com o grau de exposição ao risco que a organização está disposta a enfrentar. Utilizando a simulação de Monte Carlo podem-se obter os limites superiores e inferiores para os custos e tempo do projeto. Com estes números, mais o grau de exposição ao risco da organização, temos uma estimativa para a reserva de gestão.

Para efeitos práticos, neste trabalho considera-se que os riscos desconhecidos representam a parte que sobra do risco total, quando retiramos os riscos conhecidos:

Risco Total = Risco Conhecidos + Riscos Desconhecidos

Mas provavelmente esta operação é uma simplificação teórica que tem como objetivo a simplificação dos cálculos.

Influência no EVM: A reserva de gestão não faz parte da *Cost Baseline*, não está faseada no tempo e por conseguinte também não afeta os índices de performance EVM. Durante a fase de controlo e monitorização as previsões EVM ($VAC=BAC-EAC$) podem ser o método para controlar a reserva de gestão.

3.1.4 Resumo da influência do risco e da gestão do risco no EVM

Os riscos conhecidos normalmente têm um tratamento típico na gestão de projetos, conforme está resumido no ponto 3.1.1, e que tem como consequência a possível alteração do projeto, que por conseguinte também altera a PMB. Uma PMB melhor resulta numa *Cost Baseline* também melhor e uma melhor qualidade de previsão dos índices EVM.

Para os riscos conhecidos e que não podem ser tratados proactivamente, será atribuída uma reserva de contingência com as características apresentadas no ponto 3.1.2 e que resulta numa *Cost Baseline* corrigida sempre que um risco se materializa.

Os riscos desconhecidos, dadas as suas características resumidas no ponto 3.1.3, podem ser garantidos por uma reserva mais global e não faseada no tempo, que no PMBoK® se chama de reserva de gestão. Como esta reserva é um valor somado ao total da *Cost Baseline*, pode ser comparada com a variação do custo final do projeto em relação ao total da *Cost Baseline*.

A figura 14 resume a influência do risco e da gestão do risco no EVM conforme a estratificação dos riscos e as respetivas respostas apresentadas nos pontos anteriores.

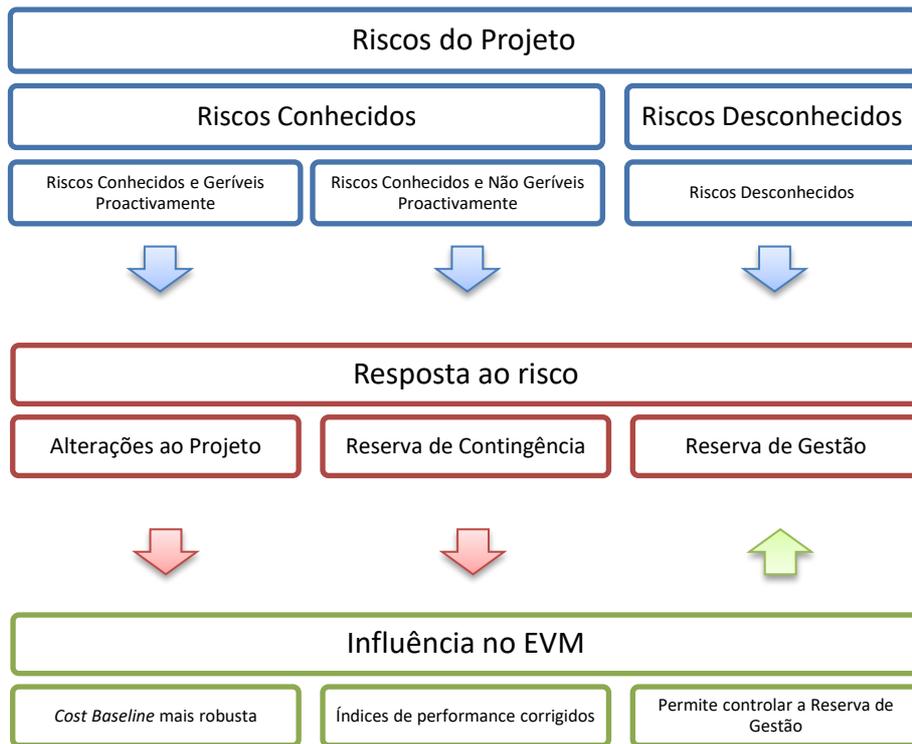


Figura 14: Resumo da influência do risco no EVM

3.2 *Framework* de integração do EVM com a gestão do risco

Com base no ponto anterior segue-se uma proposta de um *framework* de alto nível onde a gestão do risco está integrada no desenvolvimento do EVM (figura 15).

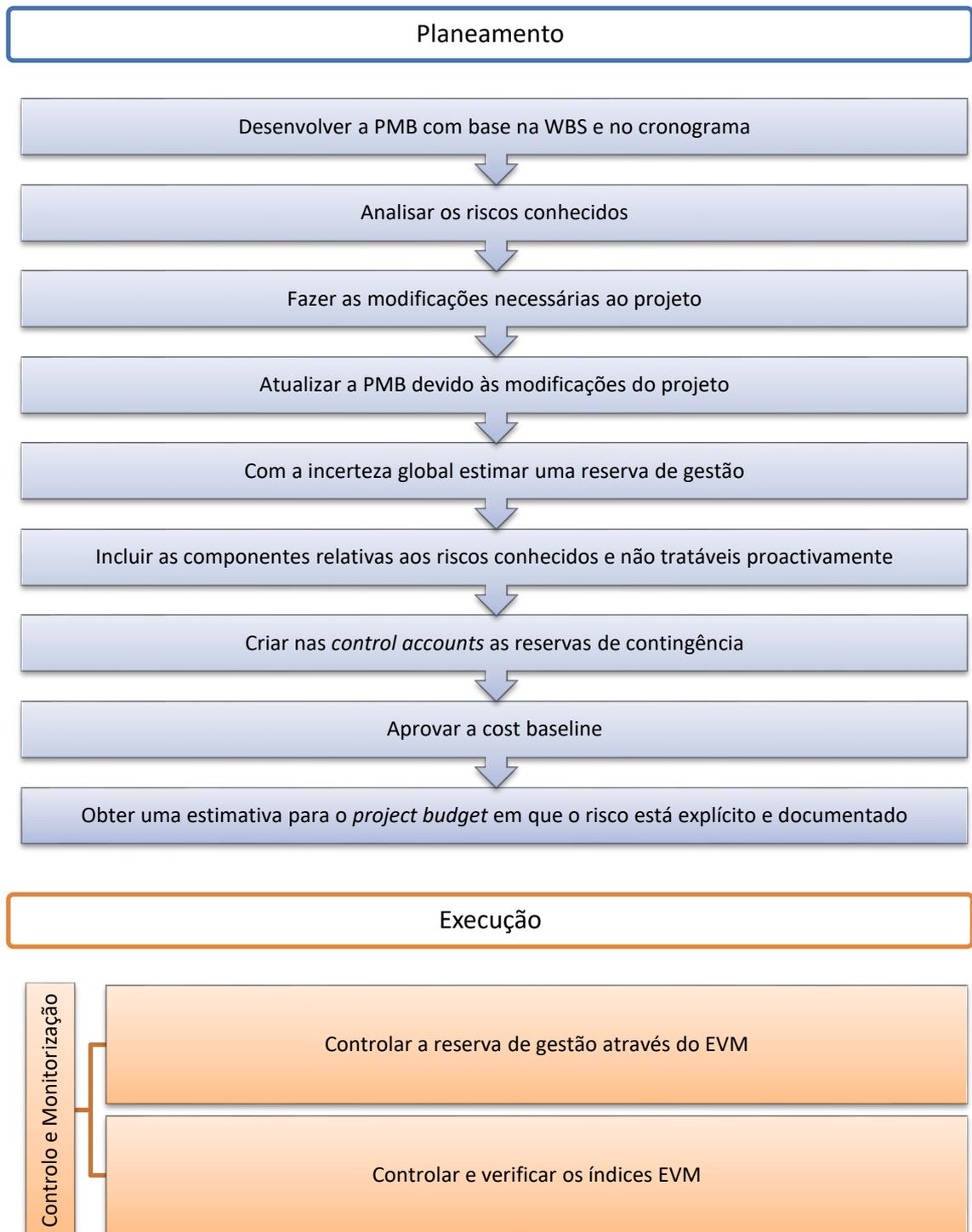


Figura 15: Proposta de framework

3.2.1 Desenvolver a PMB com base na WBS e cronograma

Desenvolver a PMB será construir uma tabela de custos por período de tempo. A escolha do período de tempo deverá estar em sincronismo com a estratégia de contabilização de custos. O

grau de profundidade da divisão do trabalho também deverá ser o adequado a uma análise de alto nível. Na prática estamos simplesmente a construir as bases do EVM, em que teremos de ter em conta as características do projeto, organização e limites práticos para a utilização destas ferramentas.

3.2.2 Analisar os riscos conhecidos

Nesta análise inclui-se o desenvolvimento de estratégias de resposta ao risco, a separação de respostas imediatas e respostas através de contingências.

3.2.3 Fazer as modificações necessárias ao projeto

Conforme as respostas imediatas aprovadas, modificar o projeto, o que pode incluir a modificação da WBS e cronograma.

3.2.4 Atualizar a PMB devido às modificações do projeto

Refazer a PMB com base nas modificações do ponto anterior.

3.2.5 Com a incerteza global estimar uma reserva de gestão

No caso dos riscos desconhecidos a estratégia será a criação de uma margem de gestão que dependa da incerteza global do projeto. Em termos de modelo, a incerteza global será modelada a partir da incerteza nas estimativas de custo e tempo. Usando a estimativa de 3 pontos em conjunto com a análise de Monte Carlo obtêm-se os limites para os custos do projeto.

Em resumo: Esta análise está dependente das estimativas, da incerteza das estimativas e das correções devidas aos riscos de resposta imediata; a reserva obtida não está faseada no tempo.

3.2.6 Incluir as componentes relativas aos riscos conhecidos e não tratáveis proactivamente

Ao nível da PMB e para cada elemento da divisão de trabalho definida (pacote de trabalho neste caso), ter em conta a exposição aos riscos para cada risco registado.

3.2.7 Criar nas *control accounts* as reservas de contingência

Para cada *control account* criar uma reserva de contingência que só será executada se o risco se materializar.

4. PROTÓTIPO DE APOIO AO CONTROLO E MONITORIZAÇÃO DO PROJETO

Um dos objetivos deste trabalho é a investigação da possibilidade de utilizar a integração entre o EVM e a gestão do risco para gerar ferramentas de apoio ao gestor de projeto. Como a PMB é a base do EVM, será o princípio utilizado para resumir o projeto em custo e tempo. A figura 16 ilustra e resume a criação da PMB.

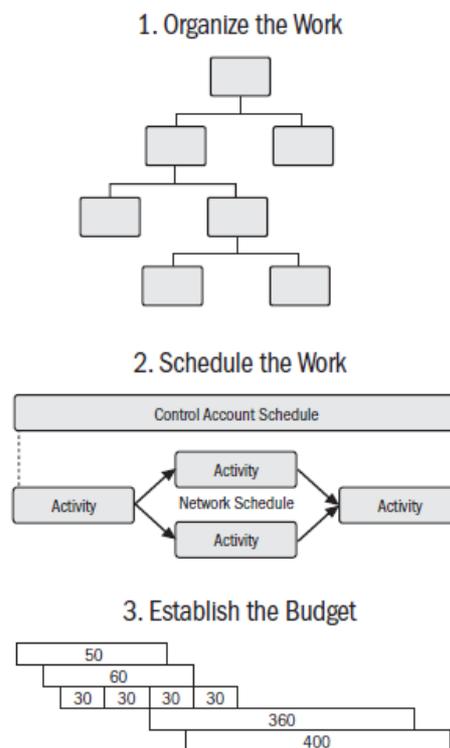


Figura 16: Construção da PMB
(PMI, 2011)

4.1 Usar a PMB para controlo do projeto

A PMB é uma tabela de custos faseada no tempo, baseada na divisão do trabalho (WBS) e no cronograma do projeto. Pode ser construída como uma tabela de alto nível, em que os períodos de tempo são escolhidos por forma a estarem sincronizados com os períodos de contabilização dos custos reais do projeto e onde o grau de profundidade da repartição do trabalho deverá ser o adequado ao projeto, mantendo a intenção de ser um resumo de alto nível e prático de utilizar.

Por exemplo para um projeto hipotético sem o objetivo de generalizar, se o cronograma está dividido até ao dia, mas a contabilização dos custos reais só é possível ao mês, não será de grande utilidade fazer uma PMB com os períodos de tempo ao dia. Na WBS, também pode não ser útil ir até à divisão máxima do trabalho. A ideia será um planeamento de custos focado no EVM e não nos pormenores da WBS e cronograma.

A simples utilização da tabela já será de grande utilidade, pois permite ver de imediato onde estão os custos faseados no tempo. Se associarmos a tabela ao gráfico dos valores acumulados dos custos por período de tempo, passamos a ter um método simples de monitorização da evolução das modificações ao projeto.

Segue-se um exemplo de uma PMB com o gráfico acumulado dos custos planeados ou o PV acumulado (figura 17).

WBS	Budget	Início	Fim	Duração	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pacote Trabalho 1	17	1	4	4	3	6	7	1										
Pacote Trabalho 2	47	2	6	5		5	3	9	10	20								
Pacote Trabalho 3	40	5	7	3					20	10	10							
Pacote Trabalho 4	3	8	8	1								3						
Pacote Trabalho 5	25	7	10	4							4	5	8	8				
Pacote Trabalho 6	62	5	13	9					3	3	5	6	8	9	8	10	10	
Pacote Trabalho 7	37	10	14	5										4	7	7	7	12
Total	231				3	11	10	10	33	33	19	14	16	21	15	17	17	12
		Acumulado		PV 1	3	14	24	34	67	100	119	133	149	170	185	202	219	231
				PV 0	3	14	24	33	66	79	98	112	128	141	156	173	188	194

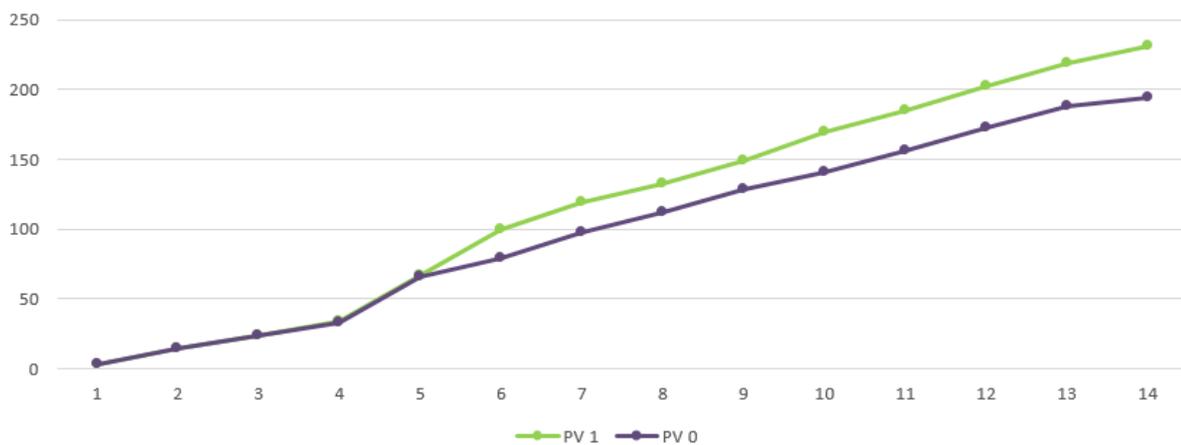


Figura 17: Evolução do PV acumulado

O PV 0 seria uma versão inicial antes da análise de risco em que se memorizaram os valores para comparação com versões futuras. Aprovadas as alterações ao projeto resultaria no PV 1.

Ou seja, depois da análise de risco, a resposta aos riscos identificáveis e tratáveis poderia resultar numa alteração à PMB idêntica ao exemplo.

4.2 Estimar o valor final do projeto tendo em conta a incerteza

Os valores planeados possuem um grau de incerteza que representa risco associado ao projeto, nomeadamente risco global. Utilizando o modelo referido no capítulo anterior, em que a incerteza global pode ser utilizada para estimar a reserva de gestão, podemos construir uma tabela em que os valores dos custos dos vários elementos de trabalho não são fixos, mas sim, distribuições probabilísticas, resultando que o total do projeto também será uma distribuição probabilística.

Apesar de a incerteza estar presente, tanto no custo como no tempo, neste modelo só se utilizará a incerteza em custo.

4.2.1 Análise de Monte Carlo

A análise de Monte Carlo é uma simulação computacional que depende de amostragens aleatórias para determinar o valor e a probabilidade das variáveis dependentes.

Em termos gerais, esta técnica testa um modelo matemático para um elevado número de valores aleatórios, para que, os possíveis resultados tenham uma gama de valores o mais completa possível e aleatória. Aplicando esta técnica em modelos de custos, podemos obter uma distribuição probabilística dos possíveis resultados (figura 18).

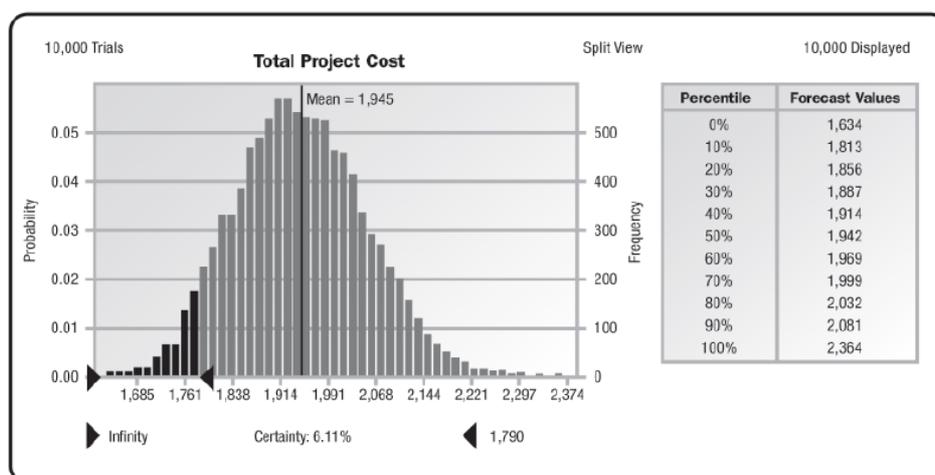


Figura 18: Exemplo do histograma de uma simulação Monte Carlo

(PMI, 2009)

4.2.2 @Risk

O @Risk é um *add-in* para o Microsoft Excel da Palisade Corporation, que permite incluir diretamente no Excel a análise de Monte Carlo, sem ser necessário escrever código ou fazer grandes cálculos. Todas as funções e o aspeto gráfico da folha de cálculo são mantidos, o que permite a inclusão da variabilidade em folhas de Excel existentes. Depois de iniciar o @Risk, o Excel passa a ter à sua disposição mais um conjunto de funções e menus (figura 19), e uma janela gráfica (figura 20) para mostrar os resultados da simulação.



Figura 19: Menu do @Risk

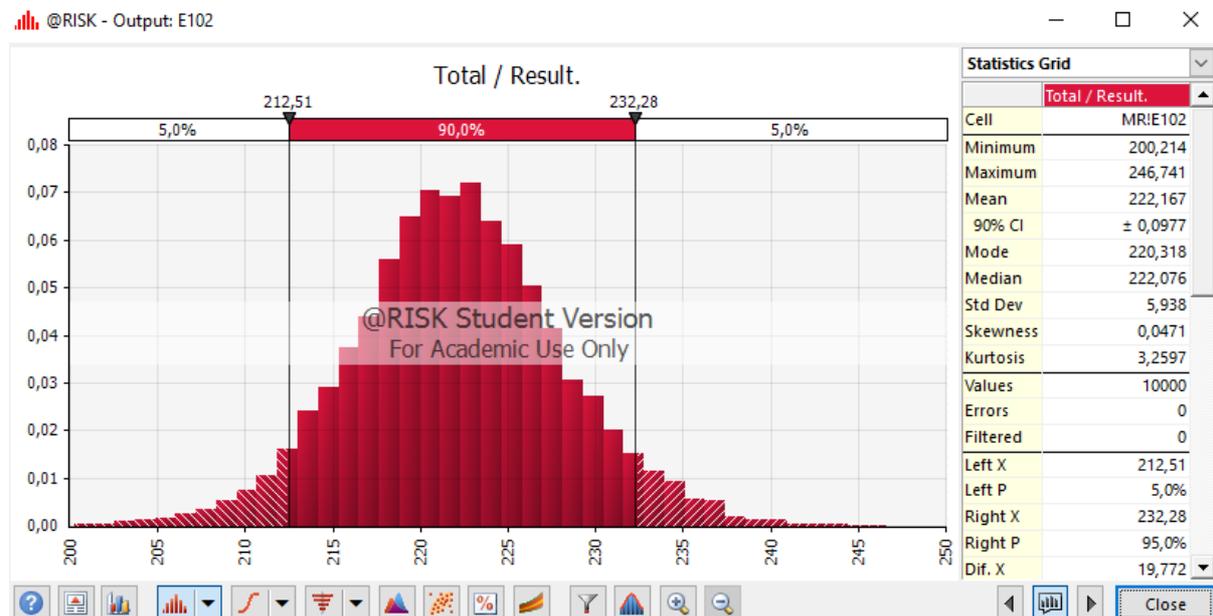


Figura 20 : Janela de resultados do @Risk

Resumindo, o *add-in* permite fazer uma análise Monte Carlo através de uma gama distribuições probabilísticas que simulam a incerteza em modelos matemáticos, por forma a gerar a variabilidade resultante do risco (figura 21).

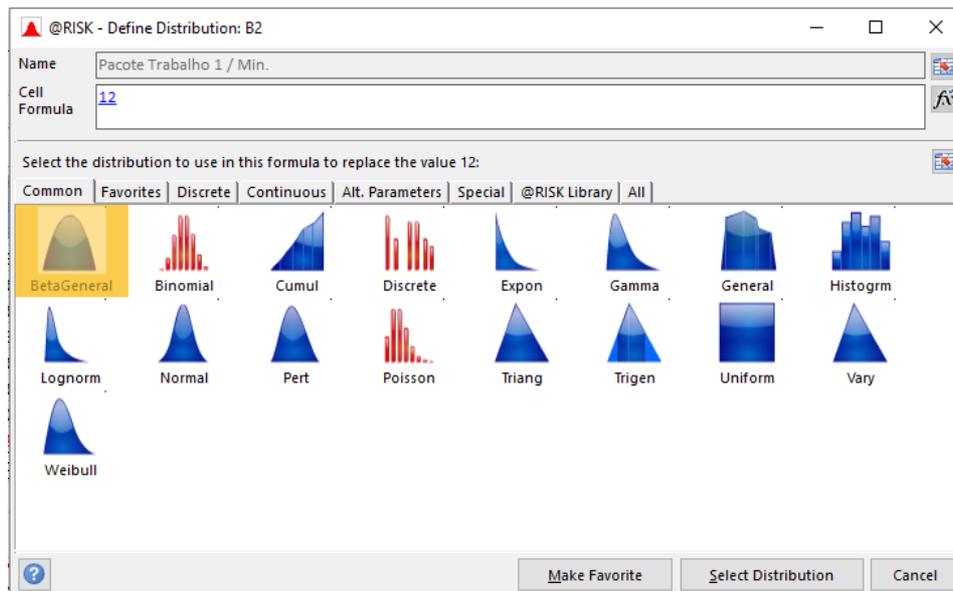


Figura 21 : Exemplos de disbuições probabilísticas

Neste trabalho foi usada a versão 7 do @Risk para os primeiros testes e a versão 7.5 nos testes finais com uma licença de estudante.

4.2.3 Distribuição probabilística PERT

A precisão das estimativas para os custos das atividades pode ser melhorada utilizando a técnica dos três pontos. Nesta técnica, em vez de se considerar um único valor para o custo da atividade, consideram-se três valores (PMI, 2013):

- O mais provável (cM). O custo baseado no cenário mais realista.
- O mais otimista (cO). O custo baseado no melhor cenário possível.
- O mais pessimista (cP). O custo baseado no pior cenário possível.

O valor do custo esperado (cE) para duas distribuições que normalmente se usam com esta técnica:

- Distribuição triangular. $cE = (cP + cM + cO) / 3$
- Distribuição PERT (caso particular da distribuição beta). $cE = (cP + 4cM + cO) / 6$

A distribuição PERT será preferível pois tem uma função de densidade curva que estará mais próxima da realidade (figura 22) (Palisade, 2015).

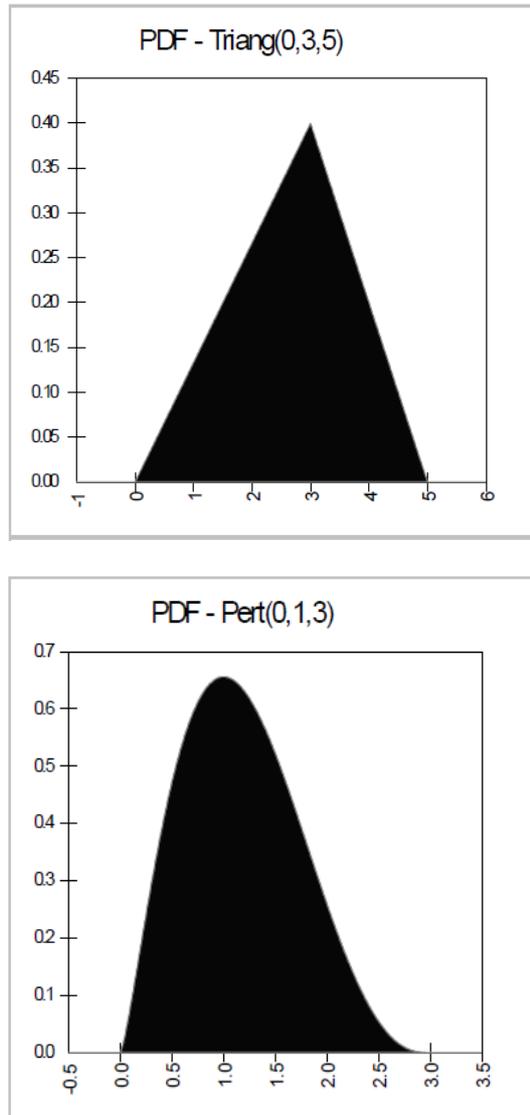


Figura 22: Distribuições PERT e triangular
(Palisade, 2015)

4.2.4 Atribuir um valor à incerteza

A reserva de gestão será o valor somado ao orçamento total do projeto para responder ao risco global do projeto e portanto deverá ser dependente da incerteza. A seguir será apresentado um exemplo prático (figura 23) onde a reserva de gestão é estimada a partir da técnica dos 3 pontos em conjunto com a análise de Monte Carlo.

Neste exemplo as colunas (Min.), (Budget) e (Max.) representam os valores do orçamento menos otimistas, mais prováveis e os mais otimistas, respetivamente. A coluna (Result) será

onde cada iteração de Monte Carlo coloca o resultado, que representa o budget para o pacote de trabalho nessa iteração. No final a coluna apresenta a média.

WBS	Min.	Budget	Max.	Result.	Início	Fim	Duração	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pacote Trabalho 1	15	17	20	17,17	1	4	4	3	6	7	1										
Pacote Trabalho 2	40	47	50	46,33	2	6	5		5	3	9	10	20								
Pacote Trabalho 3	35	40	50	40,83	5	7	3					20	10	10							
Pacote Trabalho 4	2	3	5	3,17	8	8	1								3						
Pacote Trabalho 5	21	25	27	24,67	7	10	4							4	5	8	8				
Pacote Trabalho 6	50	62	64	60,33	5	13	9					3	3	5	6	8	9	8	10	10	
Pacote Trabalho 7	35	37	40	37,17	10	14	5										4	7	7	7	12
Total	198	231	256	229,67				3	11	10	10	33	33	19	14	16	21	15	17	17	12
			<97%	238,51			MR+PMB	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
			MR	8,84			PMB	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231
			Acumulado				PV	3	14	24	34	67	100	119	133	149	170	185	202	219	231

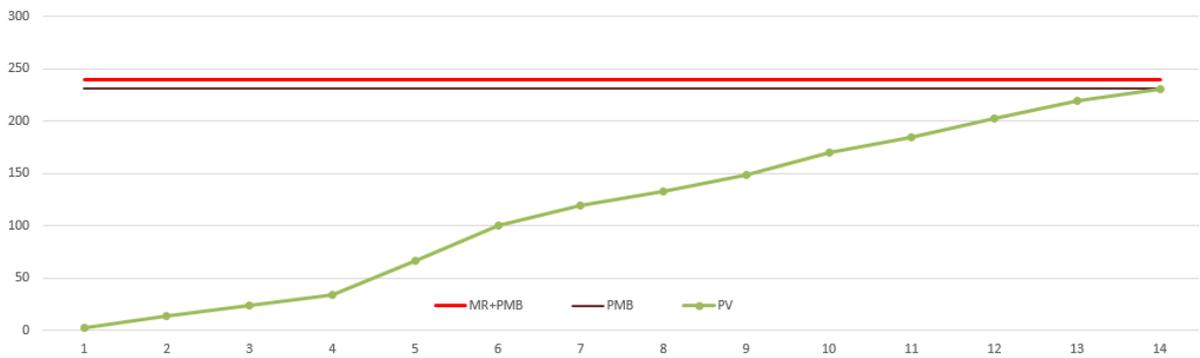


Figura 23: Reserva de Gestão e PMB

Nesta representação conseguimos visualizar a introdução de uma margem para riscos desconhecidos baseada na variação dos valores dos *budgets*. Para o exemplo usou-se o @Risk com a distribuição PERT. Para 50000 iterações, obtém-se a distribuição apresentada no gráfico (figura 24). Resultando como Valor médio=229,67 e Desvio padrão=4,42.

Ou seja $\mu = 229,67$ e $\sigma = 4,42$.

Para uma probabilidade de 97,72% de o custo total ser inferior a um determinado valor (Vd), necessitamos de 2σ com a distribuição normal.

$$P(V \leq Vd) = 97,72\% \Rightarrow \Phi(z) = 0,9772 \Rightarrow z = 2 \text{ resultando } Vd = 2\sigma + \mu$$

Escolhendo uma margem de gestão $2\sigma = 8,84$, garantimos que a margem cobre 97,7% da variabilidade. Em termos de representação gráfica, a reserva de gestão será um valor somado ao total da PMB, neste caso 8,84 unidades (figura 23).

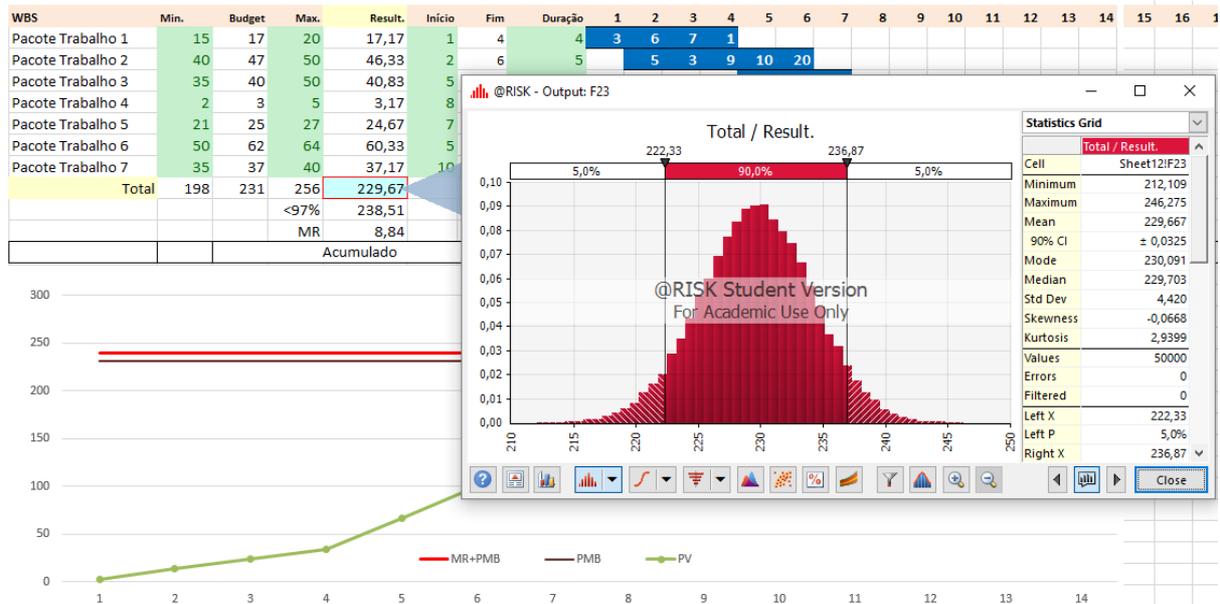


Figura 24: Distribuição obtida com a análise Monte Carlo

Com este exemplo pretende-se mostrar um método para estimar a reserva de gestão e por conseguinte o valor a somar ao total do projeto para ter em conta o risco global do projeto.

4.3 Estimar o valor final do projeto tendo em conta os riscos identificados

Os riscos identificados e não tratados proactivamente são garantidos por uma reserva de contingência. No exemplo apresentado na figura 25, este valor aparece como um total somado à PMB, mas esta reserva é um valor faseado no tempo e interno à PMB, que não fica automaticamente disponível.

No exemplo apresentado, a tabela 5 serve para relacionar cada elemento do trabalho com todos os riscos identificados e não tratados proactivamente. Somando o valor da exposição a cada risco, obtém-se o valor da exposição total ao risco para o elemento de trabalho. A coluna total apresenta o valor da reserva de contingência para cada pacote de trabalho.

Tabela 5: Tabela de exposição ao risco

WBS	Total	Risco1			Risco2			Risco3		
		Custo	Prob.	Custo Exp.	Custo	Prob.	Custo Exp.	Custo	Prob.	Custo Exp.
Pacote Trabalho 1	1	10	0,1	1			0			0
Pacote Trabalho 2	0			0			0			0
Pacote Trabalho 3	0			0			0			0
Pacote Trabalho 4	0			0			0			0
Pacote Trabalho 5	0			0			0			0
Pacote Trabalho 6	1			0	5	0,2	1			0
Pacote Trabalho 7	0			0			0			0

WBS	Budget	Exp. Risco	Início	Fim	Duração	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Pacote Trabalho 1	17	1,00	1	4	4	3	6	7	1											
Pacote Trabalho 2	47	0,00	2	6	5		5	3	9	10	20									
Pacote Trabalho 3	40	0,00	5	7	3					20	10	10								
Pacote Trabalho 4	3	0,00	8	8	1							3								
Pacote Trabalho 5	25	0,00	7	10	4						4	5	8	8						
Pacote Trabalho 6	62	1,00	5	13	9					3	3	5	6	8	9	8	10	10		
Pacote Trabalho 7	37	0,00	10	14	5										4	7	7	7	12	
Contingência		2,00																		
Total	231					3	11	10	10	33	33	19	14	16	21	15	17	17	12	
			Total	PMB+Cnt	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	
			Total	PMB	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	
		Acumulado	PV			3	14	24	34	67	100	119	133	149	170	185	202	219	231	

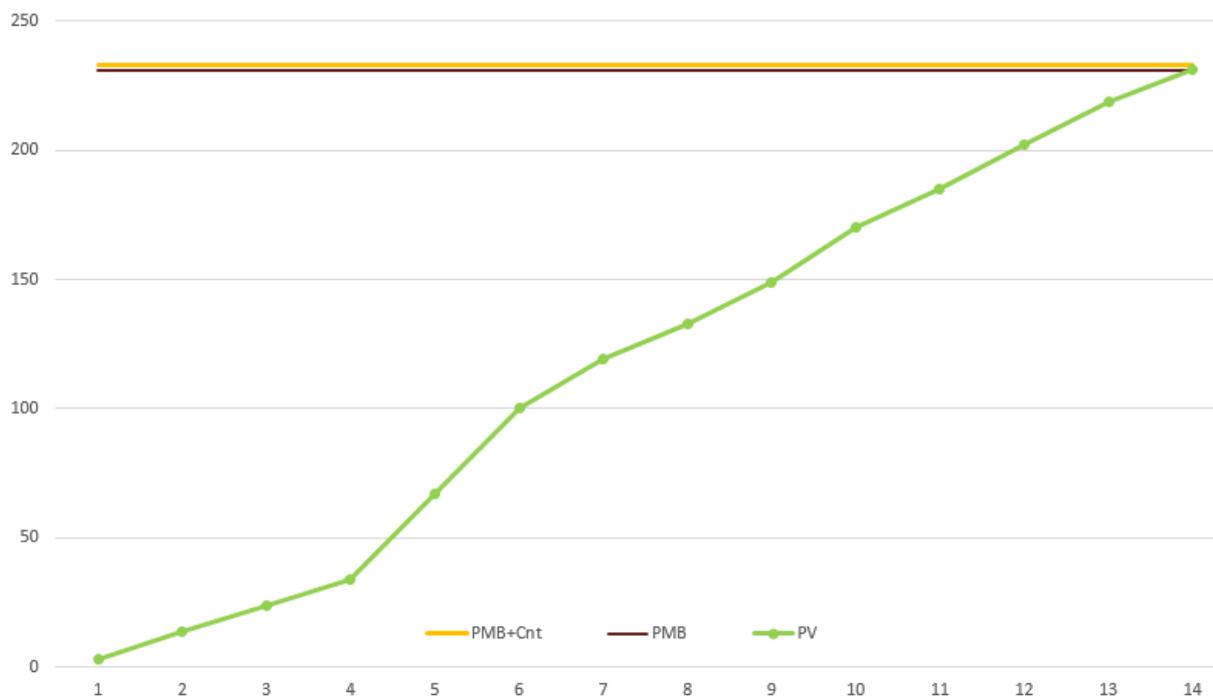


Figura 25: Incluir os riscos na PMB

A figura 25 apresenta o valor total da reserva de contingência para o projeto tendo em conta os riscos registados. Como a reserva de contingência só é atribuída no caso do risco se materializar, os valores só são somados à PMB durante a execução do projeto. Na prática a figura permite controlar o valor total da reserva para os riscos identificados.

A soma do valor total da PMB com o total das contingências e com a reserva de gestão resulta num total para o projeto com os riscos incluídos.

4.4 Implementação da ferramenta de apoio ao *framework*

Os pontos anteriores descrevem possibilidades de utilização da PMB, da incerteza em conjunto com a PMB e do risco com a PMB. Neste ponto será apresentada uma ferramenta desenvolvida para acompanhar o *framework* de integração entre o EVM e a gestão do risco.

Para o efeito foram criadas em excel uma sequência de páginas que registam alguns dos passos do *framework* e que apresentam os resultados num formato gráfico. As referidas páginas serão explicadas nos pontos seguintes.

Sequência de páginas implementadas

Planeamento

- Página de criação da PMB (Folha PMB)
- Página de cálculo da margem de gestão (Folha MR)
- Página de introdução dos riscos (Folha Risco)
- Página de cálculo das contingências de reserva (Folha CR)

Controlo e Monitorização

- Página de cálculo do EVM (Folha EVM)
- Página dos gráficos das variâncias (Folha Variâncias)
- Página dos gráficos dos índices (Folha Índices)
- Página do gráfico do EAC (Folha EAC)
- Página do gráfico do VAC (Folha VAC)

4.4.1 Página de criação da PMB (Folha PMB)

Nesta página são introduzidos os valores das estimativas de custos para cada elemento de trabalho e por período de tempo. Nesta fase do planeamento, o cronograma, a WBS e a atribuição de recursos já deverão estar definidos.

Relativamente à página, é necessário preencher o cronograma e os custos:

1. Preencher, para cada elemento de trabalho, o início e a duração (nesta versão só é possível utilizar 100 períodos de tempo).
2. Preencher com os custos as células azuis que estão escalonadas.

1	WBS	Budget	Início	Fim	Duração	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Pacote Trabalho 1	19,00	1	4	4	2	5	10	2				
3	Pacote Trabalho 2	0,00	4	6	3								
4	Pacote Trabalho 3	0,00	1	1	1								
5	Pacote Trabalho 4	0,00	1	1	1								
6	Pacote Trabalho 5	0,00	1	1	1								
7	Pacote Trabalho 6	0,00	1	1	1								
8	Pacote Trabalho 7	0,00	1	1	1								
102	Total	19,00				2	5	10	2	0	0	0	0
103					PV	2	7	17	19	19	19	19	19
104	Registrar				PV -1								
105	Limpar				PV -2								
106					PV -3								

Figura 26: Página de criação da PMB

O PV regista os valores acumulados dos custos planeados a utilizar nas restantes fases do projeto.

Antes das modificações geradas pela análise dos riscos conhecidos, memorizar os valores no PV -1. Desta forma temos a possibilidade de acompanhar graficamente a evolução da PMB. Esta função obtém-se pressionando o botão registrar (figura 26).

4.4.2 Página de cálculo da margem de gestão (Folha MR)

Esta página tem como objetivo a obtenção de várias estimativas para a margem de gestão, dependentes do grau de garantia necessário para o projeto e dos valores mais otimistas e mais pessimistas para o custo dos elementos de trabalho.

O primeiro passo será o preenchimento dos valores mais otimistas e mais pessimistas, além do número de σ (desvio padrão) a considerar na análise (figura 27).

1	WBS	Min.	Budget	Max.
2	Pacote Trabalho 1	18	19,00	21
3	Pacote Trabalho 2	12	15,00	20
4	Pacote Trabalho 3	36	38,00	40
5	Pacote Trabalho 4	43	47,00	49
6	Pacote Trabalho 5	9	10,00	12
7	Pacote Trabalho 6	23	28,00	29
8	Pacote Trabalho 7	6	7,00	9
102	Total	147	164,00	180
103				Total
104		6=	2,00	MR

Figura 27 : Valores a introduzir

Para uma probabilidade de 97,72% de o custo total ser inferior a um determinado valor, necessitamos de 2σ .

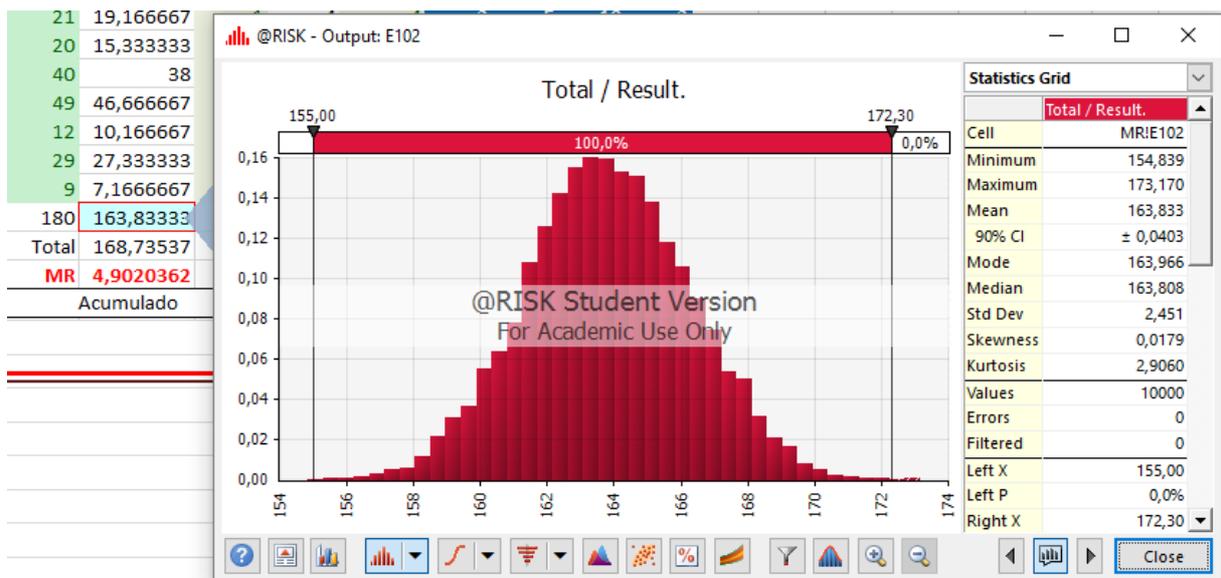


Figura 28: Resultado da simulação

Neste exemplo obtém-se MR=4,9 (figura 28). O valor da última simulação será usado para o cálculo do *budget* total do projeto.

4.4.3 Página de introdução dos riscos (Folha Risco)

Nesta página (figura 29) registam-se todos os riscos conhecidos. Para cada risco é necessário indicar o valor no caso de o risco se materializar e a respetiva probabilidade de ocorrência.

1												
2	WBS	Total	Custo	Risco1 Prob.	Custo Exp.	Custo	Risco2 Prob.	Custo Exp.	Custo	Risco3 Prob.	Custo Exp.	
3	Pacote Trabalho 1	3,5	10	0,1	1	5	0,5	2,5			0	
4	Pacote Trabalho 2	0			0			0			0	
5	Pacote Trabalho 3	0			0			0			0	
6	Pacote Trabalho 4	0			0			0			0	
7	Pacote Trabalho 5	0			0			0			0	
8	Pacote Trabalho 6	1			0	5	0,2	1			0	
9	Pacote Trabalho 7	0			0			0			0	

Figura 29 : Introdução dos riscos

4.4.4 Página de cálculo da contingência de reserva total (Folha CR)

Página resumo (figura 30) com os custos totais, incluindo as reservas obtidas das páginas anteriores.

$$\text{Project Budget} = \text{MR} + \text{CR} + \text{Total WBS}$$

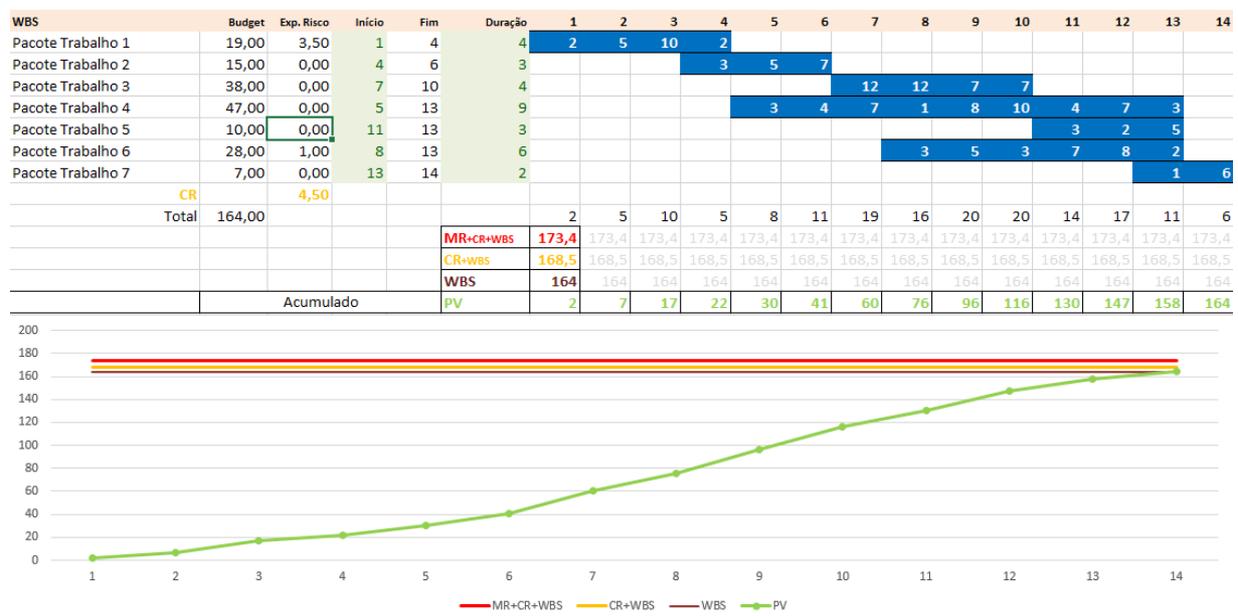


Figura 30 : Totais WBS, CR e MR

4.4.5 Página de cálculo do EVM (Folha EVM)

As páginas anteriores servem para introduzir os dados que fazem parte da fase de planeamento. Nesta página, esses dados são usados para comparação com os dados reais conforme a metodologia EVM.

Esta será a página principal durante o controlo e monitorização do projeto. Sempre que esteja concluído um período de tempo do EVM, o gestor de projeto deve atualizar os respetivos valores do AC e EV. Com a tecla “Inserir” calcula os índices para o período indicado (figura 31).

1	WBS	CR	Budget	EV	AC	Início	Fim	Duração	1	2	3	4	5	6
2	Pacote Trabalho 1	0	19,00	100%	19	1	4	4	2	5	10	2		
3	Pacote Trabalho 2	0	15,00	20%	3	4	6	3				3	5	7
4	Pacote Trabalho 3	0	38,00	0%	0	7	10	4						
5	Pacote Trabalho 4	0	47,00	0%	0	5	13	9					3	4
6	Pacote Trabalho 5	0	10,00	0%	0	11	13	3						
7	Pacote Trabalho 6	0	28,00	0%	0	8	13	6						
8	Pacote Trabalho 7	0	7,00	0%	0	13	14	2						
102				22,00	22									
103	Total		164,00						2	5	10	5	8	11
104								CR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
105				Acumulado				PV	2,00	7,00	17,00	22,00	30,00	41,00
106	Período atual		4					EV	3,8	5,7	16,15	22		
107								AC	1,95	7,5	16,5	22		
108								CV	1,85	-1,8	-0,35	0		
109								SV	1,8	-1,3	-0,85	0		
110								CPI	1,94872	0,76	0,97879	1		
111								SPI	1,9	0,81429	0,95	1		
112								EAC	84,1579	215,789	167,554	164		
113								VAC	79,8421	-51,789	-3,5542	0		

Figura 31 : Calcular os índices EVM

Os valores obtidos são utilizados para criar os gráficos da variância, performance, EAC e VAC.

4.4.6 Incluir as contingências

No caso de um risco se materializar é necessário ativar a respectiva contingência, o que altera o PV e o EV (figura 32).

1	WBS	CR	Budget	EV	AC	Início	Fim	Duração	1	2	3	4	5	6
2	Pacote Trabalho 1	1	19,00	100%	20	1	4	4	2	5	10	2		
3	Pacote Trabalho 2	0	15,00	20%	3	4	6	3				3	5	7
4	Pacote Trabalho 3	0	38,00	0%	0	7	10	4						
5	Pacote Trabalho 4	0	47,00	0%	0	5	13	9					3	4
6	Pacote Trabalho 5	0	10,00	0%	0	11	13	3						
7	Pacote Trabalho 6	0	28,00	0%	0	8	13	6						
8	Pacote Trabalho 7	0	7,00	0%	0	13	14	2						
102				23,00	23									
103	Total		165,00						2	5	10	5	8	11
104								CR	0,11	0,26	0,53	0,11	0,00	0,00
105			Acumulado					PV	2,11	7,37	17,89	23,00	31,00	42,00
106	Período atual		4					EV	3,8	5,7	16,15	23		
107								AC	1,95	7,5	16,5	23		
108		Inserir						CV	1,85	-1,8	-0,35	0		
109								SV	1,8	-1,3	-0,85	0		
110		Limpar						CPI	1,94872	0,76	0,97879	1		
111								SPI	1,9	0,81429	0,95	1		
112								EAC	84,1579	215,789	167,554	165		
113								VAC	79,8421	-51,789	-3,5542	0		
118								Total						
119		Ativar contingências		Risco 1	<input checked="" type="checkbox"/> Check			1,00	0,11	0,26	0,53	0,11	0,00	0,00
120				Risco 2	<input type="checkbox"/> Check			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
121														
122														

Figura 32 : Ativar contingências

Exemplo: Supondo que o risco 1 se concretizou provocando um aumento de uma unidade no pacote de trabalho 1. Neste caso o AC passa a ser AC = 20. Se não existisse uma contingência para este pacote de trabalho, os valores dos índices seriam afetados, traduzindo uma performance inferior. Como a contingência tem exatamente o valor = 1, os índices de performance mantêm-se (figura 31 e 32 – quadrado azul).

Como as contingências são reserva organizada por elemento de trabalho (neste caso pacote de trabalho) e como cada elemento de trabalho normalmente ocupa vários períodos de tempo, neste trabalho optou-se por distribuir o valor total da reserva para esse elemento de trabalho proporcionalmente ao custo de cada período de tempo. Esta opção de distribuir a reserva ao longo do elemento de trabalho fica a dever-se à necessidade de manter a coerência do EVM, pois disponibilizar recursos antes do tempo altera os índices do EVM. Por exemplo se um risco acontece no início do pacote de trabalho, ativando a reserva de imediato na sua totalidade, provoca uma distorção de imediato nos índices (no caso dos recursos só serem necessários ao longo do tempo). Por outro lado existem riscos em que a necessidade de recursos pode não ser

distribuída e nesse caso o valor deveria ser disponibilizado na sua totalidade no momento do evento do risco.

4.4.7 Páginas de gráficos

Para monitorizar a performance criaram-se as seguintes páginas de gráficos: Variâncias, Índices, EAC e VAC.

Todos os gráficos foram criados com intenção de medir a performance em relação ao tempo, pois a apresentação tipo tendência além de ser a mais simples de entender por qualquer utilizador, também é um indicador valioso onde podemos avaliar a evolução dos índices e em conformidade agir (Anbari, 2003). Os gráficos apresentados são relativos às figuras 31 e 32.

A figura 33 apresenta o gráfico das variâncias para os quatro períodos passados. No período quatro como o EV e AC são iguais a 23 a variação é nula ou seja o projeto nem está atrasado nem adiando e os custos são o planeado.

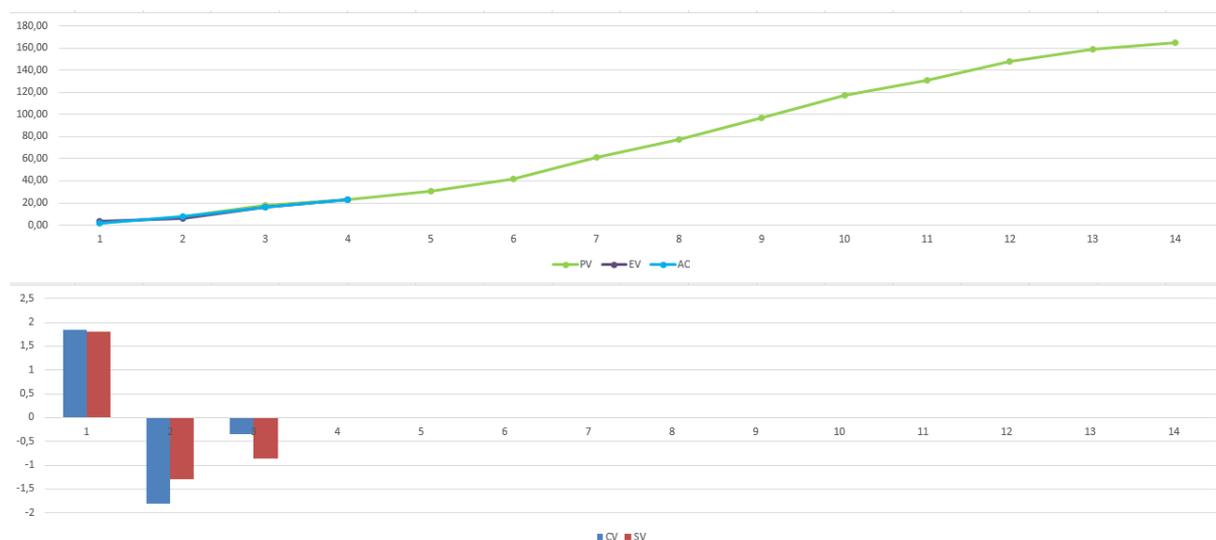


Figura 33 : CV e SV

O gráfico da figura 34 apresenta o CPI e SPI para os períodos referidos na figura 33. Para criar uma referência fácil de monitorizar acrescentou-se a linha da unidade. É muito fácil acompanhar a evolução do gráfico pois as linhas que unem os pontos criam a ideia de como irá pender o projeto. Neste caso os valores inferiores à unidade representam para o CPI, sobrecusto e para o SPI, atraso.

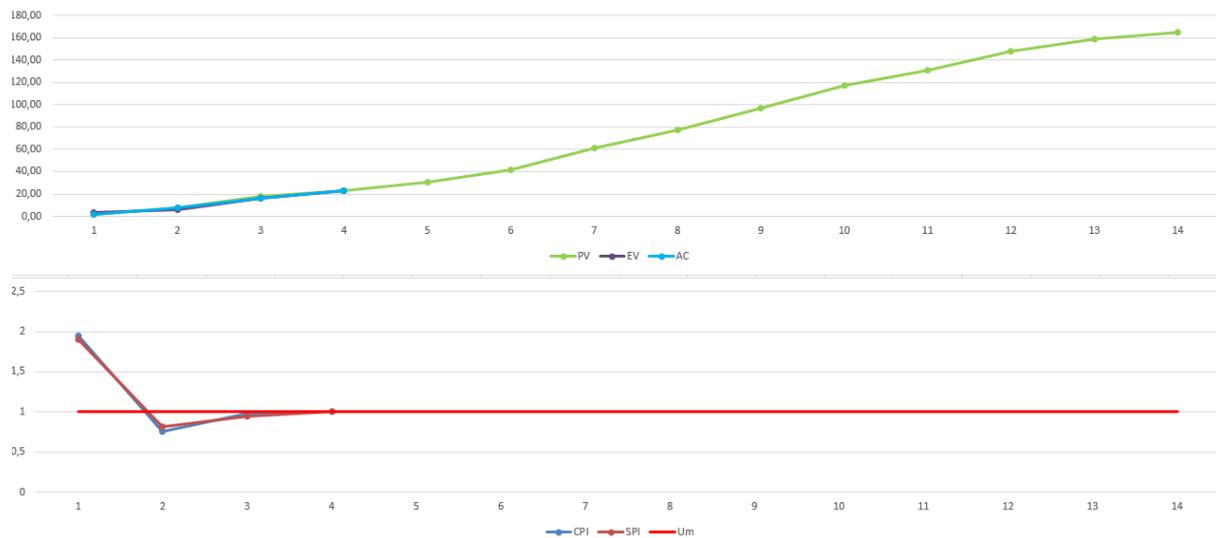


Figura 34 : CPI e SPI

O gráfico da figura 35 compara o valor planejado do *budget* do projeto (BAC), linha de referência, com a estimativa do EVM para o final do projeto (EAC). O valor mais elevado para a estimativa situa-se como seria de esperar no período de CPI mais baixo.

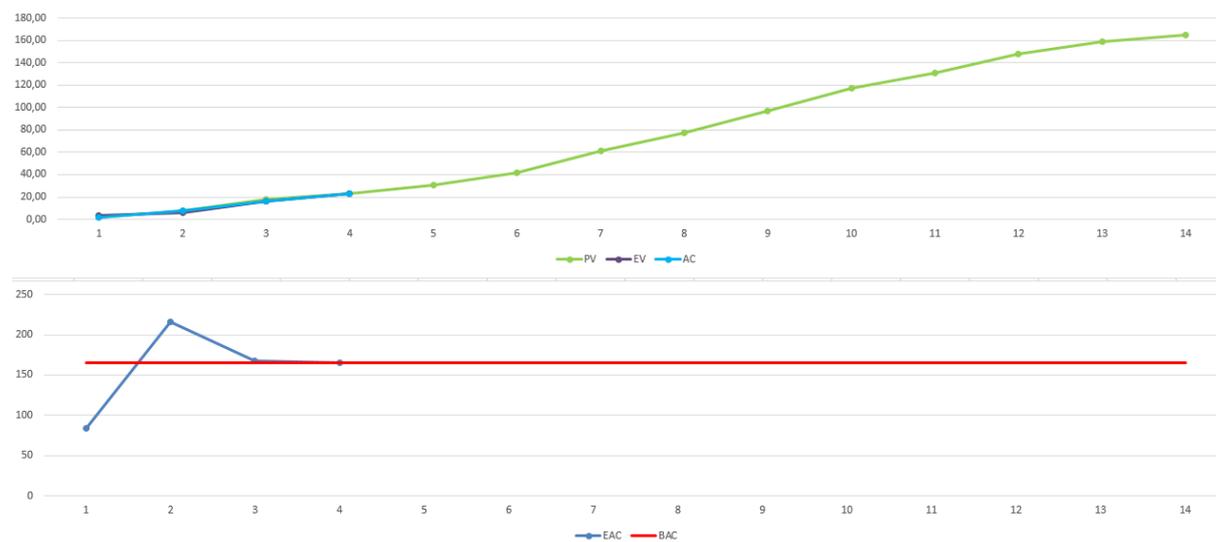


Figura 35 : EAC e BAC

Utilizando a margem de gestão como referência (o valor obtido na análise de risco) podemos verificar se a margem chega para garantir a variação do custo final do projeto estimada no EVM (figura 36).

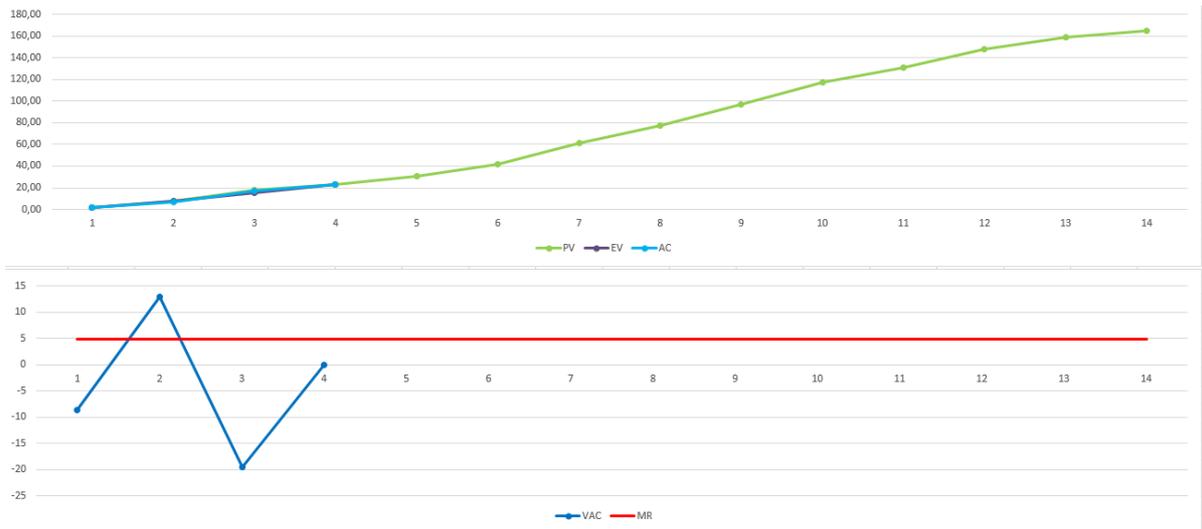


Figura 36 : VAC e MR

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo a proposta de um *framework* de apoio ao controlo e monitorização de projetos, baseado na integração do EVM com a gestão do risco. A divisão deste objetivo genérico deu origem a três objetivos mais específicos que estão descritos a seguir:

1. Definição da ligação do EVM à gestão do risco.
2. Proposta de um *framework* que integre EVM e gestão do risco.
3. Obtenção de exemplos de ferramentas de apoio ao controlo e monitorização de projetos baseados na integração do EVM com a gestão do risco.

Seguem-se os resultados obtidos para cada objetivo e ainda um ponto relativo à utilidade prática do trabalho e outro com uma referência a possíveis trabalhos futuros.

5.1 Relação entre o EVM e a gestão do risco

A gestão do risco e o EVM partilham a mesma função na gestão de projetos. Promover o sucesso do projeto. No entanto, cada uma utiliza meios diferentes para atingir esse fim. A gestão do risco procura prever eventuais respostas ao não cumprimento dos objetivos e o EVM têm por fim monitorizar o estado desses objetivos.

Numa primeira análise parece não haver mais nenhuma ligação entre as duas metodologias, mas os fundamentos do EVM são totalmente influenciados, tanto pela gestão do risco, como pela análise de risco. No PMBoK® a integração está implícita e nem sequer é referenciada com o nome “Integração entre o EVM e a gestão do risco”, o que deixa antever a necessidade de se explicitar cada componente do risco dentro da metodologia EVM. Seguidamente são apresentados os pontos em que se baseia esta integração.

1. A gestão do risco inclui a gestão das ameaças, gestão das oportunidades e a incerteza do projeto. Convém vincar que a gestão do risco inclui todas as variantes do risco, em primeiro lugar porque se prepara uma imagem do risco que necessita de ser estratificado. Por outro lado fica-se com a impressão que gestão do risco é a gestão das ameaças, embora estejam incluídas as restantes componentes. Finalmente, o uso da palavra “risco” em alguns casos induz a ideia de gestão do risco, quando realmente se está a falar só da incerteza do projeto.

2. É necessário estratificar o risco para enquadrar as várias vertentes da gestão do risco.
3. A gestão do risco já tem um *framework* próprio que influencia o EVM, isto porque as várias respostas aos riscos estratificados alteram os resultados do EVM.
4. As bases do EVM são construídas sobre pressupostos que já incluem incerteza e risco. Nos pontos anteriores partimos sempre da gestão do risco e deduzimos as influências no EVM, mas no caso de partimos do lado do EVM também se pode concluir que a metodologia está construída sobre valores que incluem risco e incerteza.
5. E por fim, tanto a incerteza, como o risco, podem ser incluídos no modelo do EVM.

Como referido por Hillson (2004), a principal vantagem da integração entre o EVM e a gestão do risco será, o evidenciar das várias componentes do risco dentro da metodologia EVM.

5.2 *Framework*

O *framework* apresentado no ponto 3.2 é um exemplo de uma estrutura que integra o EVM e a gestão do risco, baseado no PMBoK® e com influências da integração baseada na APM (APM, 2008) e na integração proposta por Hillson (2004).

Como o EVM está dependente de outras componentes da gestão de projetos, como por exemplo a WBS, o cronograma, os métodos de contabilização dos custos, num *framework* mais avançado seria necessário incluir essas componentes, tornando o processo mais completo. O mesmo se pode dizer da gestão do risco, em que por exemplo a análise dos riscos conhecidos requer um tratamento qualitativo bastante desenvolvido. Neste trabalho a opção foi reduzir a estrutura ao mínimo por forma a focar só nos aspetos essenciais da influência da gestão do risco no EVM, permitindo uma implementação mais direta e mais simples de entender.

A integração proposta baseia-se na metodologia do EVM, na estratificação do risco e na metodologia da Gestão do Risco. Ou seja, como o EVM tem por base a comparação de valores de execução do projeto com valores planeados, introduzindo as componentes do risco ou as alterações na planificação provocadas pela Gestão do Risco, passamos a ter um EVM com mais capacidades de controlo e monitorização. Por outro lado, o risco passa a estar registado como uma das variáveis de que depende o EVM. Por fim, podemos dizer que a principal característica deste modelo é a correção dos índices de performance EVM introduzida pela gestão do risco, e por conseguinte, uma melhor qualidade informativa destes.

5.3 Ferramentas de apoio ao gestor de projetos

As alterações à PMB (PV) provocam variações nos parâmetros base do EVM, logo, qualquer tipo de apresentação gráfica da variação destes parâmetros ou dos que dependem destes será útil para o gestor de projeto. Foi com este propósito que se implementaram várias páginas Excel que procuram integrar numa mesma solução as várias componentes do *Framework* referido. Como objetivo final pretende-se facilitar o acompanhamento do estado do projeto, em termos de EVM, e com o risco explícito.

Para a construção das referidas páginas foi utilizado o MS Excel versão 2013 com recurso a algumas sub-rotinas escritas em *Visual Basic for Applications* do Excel.

5.4 Utilidade prática do trabalho

Conforme referenciado no capítulo 2, na atualidade existe uma necessidade premente por técnicas de controlo e monitorização de projetos. O EVM é uma dessas técnicas de controlo e monitorização muito utilizada na atualidade e que fornece indícios de eventuais problemas existentes no projeto. Por outro lado a gestão do risco garante que esses eventuais problemas sejam minimizados, mesmo antes de acontecerem. Embora seja claro que os dois métodos se influenciam, não existem muitas soluções que permitam utilizar os dados das duas metodologias em conjunto. Este trabalho procurou mostrar que existem algumas possibilidades para a utilização conjunta dos dados e que estes podem ser visualizados, permitindo o seu uso em aplicações mais avançadas. O protótipo apresentado é só uma ideia inicial que pode ser aprofundada e melhorada.

Outra utilidade do trabalho será a concretização das várias técnicas, para gerar soluções práticas. Normalmente nos livros e *standards* aparecem as referências às técnicas mas não aparecem exemplos de implementação prática onde quase sempre é necessário fazer escolhas na aproximação à realidade.

5.5 Elementos para trabalho futuro

No protótipo apresentado os custos e cronograma são colocados manualmente na página PMB. Uma possibilidade de evolução seria a interligação da página com *softwares* comerciais, como por exemplo o MS Project. O MS Project é muito útil na organização e contabilização do trabalho, mas não tem grandes possibilidades para resumir o projeto em termos de gráficos de custos ou gráficos dos índices de performance.

No modelo atual só se contabilizaram as influências do risco em custo, mas o tempo ou cronograma também é influenciado. Uma evolução natural será a inclusão do tempo nas várias páginas. Por exemplo a incerteza que permite estimar uma margem de reserva em custo, também pode ser usada para estimar uma margem de reserva de tempo, mas neste caso a origem da incerteza está nas durações das tarefas, em particular nas tarefas do caminho crítico.

Outra limitação do modelo atual será a não reavaliação dos riscos ao longo do projeto. Numa versão mais completa seria necessário criar formas de incluir os riscos novos e remover riscos que já não fazem sentido.

Por fim, numa versão mais automática, seria necessário que tarefas, períodos de tempo e número de riscos não estivessem limitados e que apenas fossem acrescentados quando necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebes, F., Pajares, J., Galan, J., & Paredes, A. (2013). Beyond Earned Value Management: A Graphical Framework for Integrated Cost, Schedule and Risk Monitoring. *Selected Papers from the 26th Ipma (International Project Management Association), World Congress, 74*, 181-189. doi:10.1016/j.sbspro.2013.03.027
- Acebes, F., Pajares, J., Galan, J., & Paredes, A. (2014). A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics. *International Journal of Project Management*, 32(3), 423-434. doi:10.1016/j.ijproman.2013.08.003
- Ahlemann, F., Teuteberg, F., & Vogelsang, K. (2009). Project management standards - Diffusion and application in Germany and Switzerland. *International Journal of Project Management*, 27(3), 292-303. doi:10.1016/j.ijproman.2008.01.009
- Anbari, F. (2003). Earned value project management method and extensions. *Project Management Journal*, 34(4), 12.
- APM. (2008). *Interfacing Risk and Earned Value Management*. Princes Risborough, Buckinghamshire: Association for Project Management.
- APM. (2012). *APM body of knowledge*. Princes Risborough, Buckinghamshire: Association for Project Management.
- Ebert, C., & De Man, J. (2008). Effectively utilizing project, product and process knowledge. *Information and Software Technology*, 50(6), 579-594. doi:10.1016/j.infsof.2007.06.007
- Fleming, Q., & Koppelman, J. (2010). *Earned value project management*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute.
- Hillson, D. (2004). *Earned Value Management and Risk Management: A practical synergy*. Paper presented at the PMI Global Congress 2004 - North America, Anaheim, California, USA.
- IPMA. (2006). *ICB - IPMA Competence Baseline*. The Netherlands: International Project Management Association.
- Kerzner, H. (2009). *Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*: John Wiley & Sons.

- Kim, E., Wells, W., & Duffey, M. (2003). A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management*, 21(5), 375-382. doi:10.1016/S0263-7863(02)00049-2
- OGC. (2009). *Managing Successful Projects with PRINCE2®*: The Stationery Office.
- Pajares, J., & Paredes, A. (2011). An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index. *International Journal of Project Management*, 29(5), 615-621. doi:10.1016/j.ijproman.2010.04.005
- Palisade. (2015). *@RISK User's Guide (Version 7): Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft® Excel*. Ithaca, NY: Palisade Corporation.
- PMAJ. (2005). *P2M - A Guidebook of Program & Project Management for Enterprise Innovation*. Tokyo, Japan: Project Management Association of Japan.
- PMI. (2005). *Practice standard for earned value management*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- PMI. (2008). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- PMI. (2009). *Practice standard for project risk management*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- PMI. (2011). *Practice standard for earned value management*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- PMI. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. New York: Prentice Hall.
- Turner, J. (2009). *The handbook of project-based management : leading strategic change in organizations*. New York: McGraw-Hill.
- Turner, J., Anbari, F., & Bredillet, C. (2013). Perspectives on research in project management: the nine schools. *Glob Bus Perspect*, 1(1), 3-28. doi:10.1007/s40196-012-0001-4
- Vanhoucke, M. (2013). *Project management with dynamic scheduling : baseline scheduling, risk analysis and project control*. New York: Springer.

Ward, S., & Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), 97-105. doi:10.1016/S0263-7863(01)00080-1