



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FEMEC - FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA
PROJETO DE FIM DE CURSO



GUILHERME SALOMÃO AGOSTINI

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE RISCO NA GESTÃO EM
LABORATÓRIO DE PESQUISA**

UBERLÂNDIA
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FEMEC - FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA
PROJETO DE FIM DE CURSO



GUILHERME SALOMÃO AGOSTINI

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE RISCO NA GESTÃO EM
LABORATÓRIO DE PESQUISA**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecatrônica
como requisito para a obtenção do título
de Bacharel.

Orientador: Leonardo Rosa Ribeiro da
Silva

UBERLÂNDIA

2024

GUILHERME SALOMÃO AGOSTINI

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE RISCO NA GESTÃO EM
LABORATÓRIO DE PESQUISA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica como
requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecatrônica

Aprovado(a) em ____ de _____ de _____.

Prof. Dr Leonardo Rosa Ribeiro da Silva
Universidade Federal de Uberlândia
Orientador

Prof. Dr. Luciano José Arantes
Universidade Federal de Uberlândia
Membro Interno

Mestre Felipe Chagas Rodrigues de Souza
Universidade Federal de Uberlândia
Membro Interno

RESUMO

Após realizar entrevista com laboratório de pesquisa e desenvolvimento, foi constatado uma alta frequência em erros de estimativa de prazo e custo o que estava impactando no retorno sobre o capital investido (ROI) e na reputação do laboratório.

Para que haja melhoria na projeção de estimativa, o primeiro passo é entender qual o escopo da atividade ali desenvolvida. Por se tratar de um laboratório de pesquisa e desenvolvimento a maior parte do escopo desenvolvido envolve inexistência de informações ou informações parciais sobre um tema desenvolvido.

Sendo assim, é recomendado que o laboratório utilize-se da metodologia de gestão ágil, para que os riscos, indicadores e reavaliações sejam iterados o mais frequente possível possibilitando o pivotamento ou o tratamento dos riscos.

Por fim, formas de agregar a gestão de risco à gestão de cronograma foram apresentadas: buscando complementar as estimativas de prazo e custo.

Palavras-chave: Gestão de Risco, Gestão de cronograma, Estimativa de tempo

ABSTRACT

After conducting an interview with a research and development laboratory, it was noted a high frequency of errors in time and cost estimation, which was impacting the return on investment (ROI) and the laboratory's reputation.

In order to improve the estimation projection, the first step is to understand the scope of the activity being developed there. As it is a research and development laboratory, most of the developed scope involves lack of information or partial information about a developed topic.

Therefore, it is recommended that the laboratory utilize agile management methodology so that risks, indicators, and reassessments are iterated as frequently as possible, enabling pivoting or risk treatment.

Finally, ways to integrate risk management into schedule management were presented: seeking to complement time and cost estimates.

Keywords: Risk Management, Schedule Management, Time Estimation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de risco exemplar [6]

Figura 2 - Resultados e processos visto de cima [2]

Figura 3 - Diferentes papeis aos quais a governança deve suprir [2]

Figura 4 - Processo de gestão risco conforme [2].

Figura 5 - Estrutura base de gestão de projeto [8]

Figura 6 - Identificação de riscos [8]

Figura 7 - Estrutura guia para uma análise qualitativa [8]

Figura 8 - Tabela exemplo de tradução e criação de unidade base de medição de impacto de acordo com [8]

Figura 9 - Exemplo de matriz probabilidade-Impacto com escala [8]

Figura 10 - Estrutura para análise quantitativa de riscos [8]

Figura 11 - Exemplo de uma tabela para coleta de dados quantitativa advindo de observações em entrevistas com experts [8]

Figura 12 - Estrutura de planejamento de resposta ao risco [8]

Figura 13 - Representação das fases de planejamento de um projeto em cascata. Figura retirada de [23]

Figura 14 - Representação das fases e do funcionamento de gestão ágil em *Scrum*. Figura retirada de [23].

Figura 15 - Diagrama da rede de precedência baseada nas relações da tabela 2.

Figura 16 - Relação de Término para Término. Nesse caso a tarefa A só termina quando a tarefa B terminar.

Figura 17 - Início para Início. A tarefa sucessora (A) só pode iniciar quando a tarefa B iniciar também.

Figura 18 - Início para Término. A tarefa sucessora (A) só é dada como finalizada quando a tarefa B iniciar.

Figura 19 - Diagrama de Gantt construído a partir da tabela 2

Figura 20 - MMC para exemplo educativo.

Figura 21 - Plot do histograma para o exemplo educativo

Figura 22 - Histograma do exemplo educativo

Figura 23 - Modelos para estimação de prazos devem levar em consideração a união entre gestão de cronograma e gestão de risco.

Figura 24 - Diagrama de decisão simplificado sobre o modelo de gestão recomendado.

Figura 25 - Ciclo de indução mútua entre lista de tarefas e matriz de risco.

Figura 26 - Agregando impacto dos riscos nas estimativas utilizando PERT.

Figura 27 - Agregando impacto dos riscos nas estimativas utilizando Método de Monte Carlo (MMC).

Figura 28 - Modelagem teste para avaliar o código da modelagem.

Figura 29 - Modelagem teste referente ao gráfico

Figura 30 - Resultados do modelo teste.

Figura 31 - Modelagem da simulação realizada.

Figura 32- Parte do código responsável pela geração de gráficos.

Figura 33 - Resultado distribuição probabilidade do high level design.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparando natureza das metodologias

Tabela 2 - Lista de tarefas dada para uma determinada tarefa.

Tabela 3 - Estudo do caminho crítico para o exemplo educativo da tabela 2

Tabela 4 - Lista exemplo de tarefas adicionando dados conforme PERT.

Tabela 5 - Lista de tarefas educativas contendo média e desvio padrão.

Tabela 6 - Lista de tarefas com estimativa de tempo otimista, mais provável e pessimista, baseado no high level design.

Tabela 7 - Matriz adaptação entre classificação de impacto qualitativa dos riscos e seu significado no eixo do custo e do tempo.

Tabela 8 - Matriz de risco contendo a pontuação para priorização Impacto x Probabilidade.

Tabela 9 - Lista de gestão de risco adaptada para a metodologia proposta.

Tabela 10 - Lista de risco filtrada pelo apetite ao risco.

LISTA DE ABREVIATURAS

ISO - *International Organization for Standardization*

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

PMI - *Project Management Institute*

MDP - Método de Diagrama de Precedência

CPM - Método do Caminho Crítico

MMC - Método de Monte Carlo

LCC - *Life Cycle Cost* ou Custo do Ciclo de Vida

POC - *Proof Of Concept* ou Prova de Conceito

ROI - *Return On Investments* ou Retorno sobre o Capital Investido

EMV - *Expected Monetary Value* ou Valor Monetário Esperado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO:	6
2. REVISÃO DA LITERATURA:	9
2.1 ISO 31000:2009:	9
2.2 PMI-RMP e o PMBOK:	13
2.3 Análise de Risco Qualitativos e Quantitativos:	20
2.4 Planejamento em cascata e planejamento ágil:	22
2.5 Diagrama de Precedência (MDP) e Método do Caminho Crítico (CPM):	25
2.6 Diagrama de Gantt:	31
2.7 Estimativas de PERT ou estimativa dos três pontos:	32
2.8 Método de Monte Carlo (MMC):	37
2.9 Gestão de Ativos e Análise do Ciclo de Vida (LCC):	42
2.10 Proof Of Concept (POC) ou Prova de Conceito:	43
2.11 Gestão de risco e Análise exploratória:	44
2.12 Quantificando estimativa por meio de Ancoragem:	45
2.13 Gráfico de Burndown:	46
2.14 Expected Monetary Value (EMV):	47
3. DESENVOLVIMENTO:	48
3.1 Analisando o Escopo da Atividade de Pesquisa e Desenvolvimento:	50
3.2 Escolhendo Ferramentas de Gestão e Alinhando Expectativas:	52
3.3 Gestão de Risco e Estimativas:	52
3.4 Analisando Riscos ao Montar Equipes:	58
3.5 Aplicação de metodologias para projeto de pesquisa e desenvolvimento:	60
3.5.1 Prazo seguindo estimativas de PERT puro:	64
3.5.2 União da matriz de risco à estimativa por estimativas de PERT:	64
3.5.3 União da matriz de risco à estimativa por simulação:	65
4. CONCLUSÃO:	70
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:	71

1. INTRODUÇÃO:

A gestão de risco é uma ferramenta muito sólida e sua existência é realizada indiretamente em praticamente todas as áreas da vida. Historicamente ela tem sua aparição em decisões de grupos de caravanas mercantis: mesmo não sendo realizada com base em frameworks modernos. Dessa mesma forma ela foi sendo utilizada ao longo dos anos na tomada de decisão e priorização inteligente de tarefas. A gestão de risco da forma que conhecemos surgiu pelos intermédios do século 20 pois se demonstrou uma ferramenta estratégica fundamental na área econômica [5].

Um conceito tão bem aproveitado na área financeira foi então levado para a área de gestão de projetos pelo *Project Management Institute* (PMI) em 1969 e depois na geração do *Project Management Body of Knowledge* (primeira versão do PMBOK) em 1996, sendo que em 2009 somente a ISO 31000 surgiu e foi difundida.

Apesar da gestão de risco ser uma ferramenta extremamente forte: a maior parte dos gestores não a utilizam em seus projetos, seja por falta de conscientização, recursos limitados, complexidade nas incertezas, falta de treinamento ou cultura organizacional (aversão ao risco ou positividade imposta) [11] [3] [13]. Portanto, muitos projetos passam a possuir deficiências analíticas por simplesmente ignorarem a gestão de risco, sem ao menos entender como a gestão de risco pode ser um importante aliado para diminuir danos e sanar dores que são frequentemente sentidas em gestão de projetos.

Para buscar diminuir a quantidade de desastres ambientais, sociais e financeiros advindos de projetos, e pelos motivos já citados, a legislação propôs a lei 14133/21, substituindo as leis número nº 8.666/93, 10.520/02 e 12.462/11. A lei 14133/21 obriga a gestão de risco em projetos e orçamentos para licitações públicas.

Outro motivo principal por trás dessa imposição está na avaliação da maturidade: isto é, é possível analisar a maturidade de uma empresa, laboratório ou companhia observando como a empresa trata os possíveis riscos negativos e oportunidades positivas, prioriza as tarefas e organiza a estrutura corporativa interna buscando responsabilidade. A esse fator é o que tem nome de “governança”.

A lei brasileiro baseou-se na ISO 31000 à qual nos dá diretrizes para construção de um processo interno de gestão de risco: seja a nível organizacional

seja a nível de projeto, ao qual está intimamente ligado ao nível organizacional, propondo um mapa de risco discretizado ao qual busca controlar duas variáveis independentes: impacto e probabilidade, como na Figura 1.

Impacto	Muito Alto	15 Risco (b)	19	22	24	25
	Alto	10	14 Risco (a)	18	21	23
	Médio	6	9	13	17	20
	Baixo	3	5	8	12	16
	Muito baixo	1	2	4	7	11
		Raro	Pouco provável	Provável	Muito provável	Praticamente certo
		Probabilidade				

Figura 1 - Mapa de risco exemplar [6]

A Figura 1 apresentada nos mostra o artefato “mapa de risco”, nesse caso segmentado em cinco níveis abstratos. O Tribunal de Contas da União [6], definiu que a cor verde, diagonal que conecta o risco de impacto médio de probabilidade rara ao impacto muito baixo de probabilidade provável, define riscos que podem ser desprezados (compra de risco), da mesma forma ele definiu que os riscos na cor amarela devem ser priorizadas e monitoradas e as tarefas de coloração vermelha devem ser tratadas ou até modificadas.

Vale apontar que, analisar os riscos por si só não diminui o impacto do risco, mas mostra o quão maduro seu projeto é: mostra a transparência da equipe e também avalia o *know how* dela. É na fase de tratamento dos riscos que a governança adapta o projeto ao dado apetite de risco do *stakeholder* ou da companhia.

A discussão que será apontada nesse artigo é: existem muitas outras ferramentas, frameworks e formas distintas de se fazer gestão de risco, e ainda mais que isso, é inclusive recomendado [1], que a equipe, companhia, empresa ou laboratório crie sua própria metodologia, ajustando as diferentes ferramentas e métodos para seu tamanho, informações existentes, cultura e objetivos. Outra forma de concluir é: cada projeto deve realizar a gestão de risco com base nos dados ao qual possui acesso, pessoas ao qual possui acesso, apetite ao risco e recursos ao qual possui acesso, sempre buscando aumentar as chances de capturar

oportunidades e tratar os riscos cujo impacto pode ser muito expressivo. É necessário perceber que empresas que buscam perfil inovador assumam maiores riscos do que projetos executados pelo Estado, cujos *stakeholders* é indiretamente a população toda, e portanto geralmente possui um apetite ao risco mais conservador pois falhas na execução e resultados não promissores podem atrapalhar a imagem do governo ou até mesmo de uma nação [14]. Olhando dessa forma, projetos que foram estressados pela gestão de riscos tendem a ser mais resilientes e confiáveis do que projetos que não realizaram a gestão de risco adequadamente: riscos não tratados são riscos comprados, mesmo que sem saber, e a equipe só trata o risco que ela enxerga, por isso a importância de “estressar” um projeto.

Os laboratórios de pesquisa constantemente trabalham com projetos de alto vulto e/ou são afetados pelas avaliações Estatais, seu principal *stakeholder*, e por isso a confiabilidade e a maturidade são requisitos “não-funcionais” e diferenciais frente a contratações e captações de recursos. Por conseguinte, o intuito desta monografia é avaliar junto à equipe coordenadora de um laboratório as principais dores, e sugerir as principais metodologias de avaliação de risco, ou gestão de projeto para dada dificuldade. A gestão de risco bem efetuada nesses ambientes permitirá analisar e detectar riscos diminuindo o impacto dele através do tratamento e comparações entre os eventos. Vale lembrar que o impacto do risco pode ser medido por meio do custo esperado (recurso financeiro), tempo e em alguns casos por meio da reputação ou qualquer outra forma que o laboratório ache pertinente.

2. REVISÃO DA LITERATURA:

A Lei 14133/21 [7], não menciona um framework de gestão de risco mas recomenda a utilização da matriz de risco, ou matriz de alocação de risco, utilizados nos caputs dos órgãos públicos, isto é, o formato utilizado pelo [6] e a norma guia ISO 31000/2009 [2]. Logo, a empresa pode utilizar a metodologia ou framework que preferir desde que o artefato “matriz de alocação de riscos” ou “matriz de risco” seja construída e apresentada. O que a matriz deve apresentar em si não é dito diretamente, porém, de acordo com o exemplo [6] percebe-se que as duas variáveis que são aguardadas: impacto e probabilidade, assim como a presença das linhas de apetite de risco e de ações. Impactos positivos, ou oportunidades podem ser apresentadas, sendo sua apresentação extremamente recomendada.

Portanto, para licitações que sejam de grande vulto [7], confirmado por edital próprio, faz-se necessário a apresentação desta matriz, porém o balizamento dos dados: como o impacto e a probabilidade, como foram obtidos, e sua apresentação, podem utilizar de frameworks e processos de governança próprios: devidamente apresentadas conforme solicitado no edital.

2.1 ISO 31000:2009

A norma ABNT NBR ISO 31000:2009 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Gestão de Riscos (GEE-63) e fornece princípios e diretrizes genéricas para a gestão de risco: independente de qual o projeto ou ramo de trabalho da organização em questão. Desta forma a ISO 31000:2009 nos dá os requisitos e os pontos que devem ser observados para a utilização ótima da gestão de riscos.

Seu escopo abrange desde a estrutura interna da organização até a forma com que os riscos podem ser analisados, priorizados e por fim tratados e acompanhados.

Se implementado conforme o guia da norma, Figura 2, espera-se que a companhia colha seguintes oportunidades de melhoria (e portanto servir esses diferenciais aos *stakeholders*):

- Identificar oportunidades e ameaças: seja ela financeira ou temporal;
- Tomar decisões inteligentes e dentro do possível baseada em dados;

- Priorizar atividades e tarefas e dentro do possível baseada em dados;
- Criar indicadores chaves bem direcionados, ou, criar alarmes bem direcionados: tática;
- Melhorar reportes internos e externos de informações que importam;
- Proteger e criar valor: a gestão de risco ajuda a empresa a manter-se atenta ao social, econômico e ambiental, analisando a segurança, a saúde, a escalabilidade, assuntos legais, aceitação pública, operações, entre outros assuntos chaves para o sucesso organizacional.

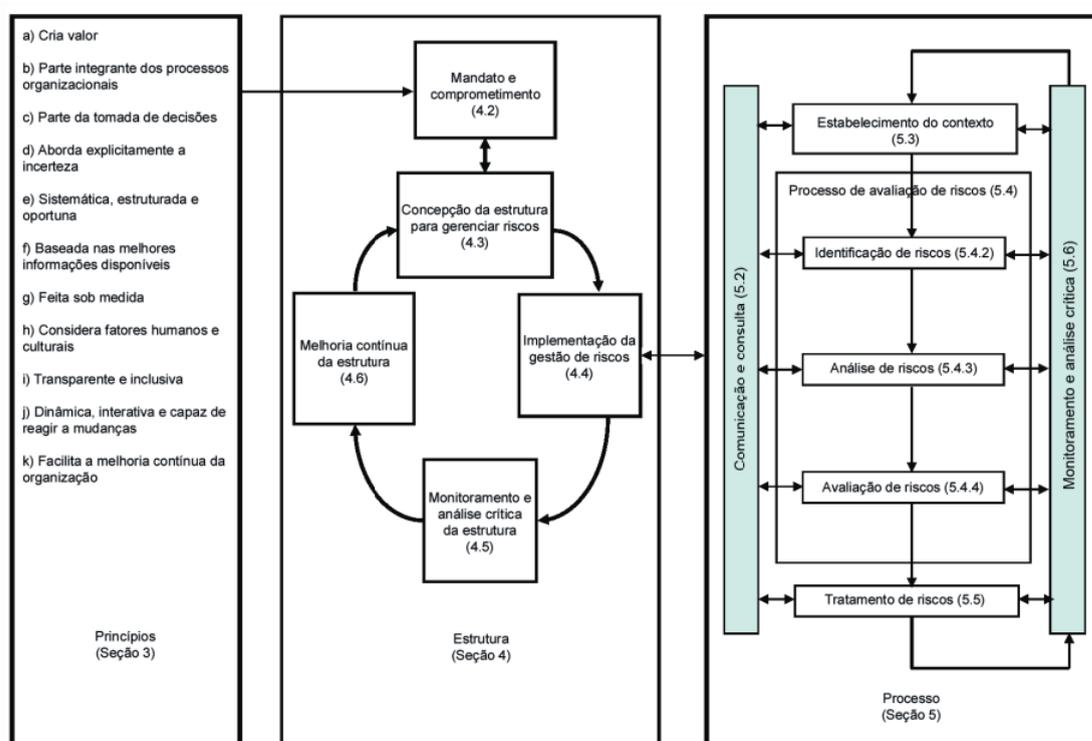


Figura 2 - Resultados e processos visto de cima [2].

Conforme a Figura 2, observe que a estrutura proposta não possui fim e sim está sempre em constante melhoria iterativa. Em outras palavras a metodologia de risco ao qual a companhia venha a desenvolver, deve propor monitoramento e re-análises: isto para manter a tomada de decisão e priorização de riscos e atividades sempre afiada e atenta.

O documento fornece os principais papéis e responsabilidades que devem ser assumidos, Figura 3, para que o processo continue frutificando:

- Proprietários dos riscos, e autoridade de gerenciar os riscos, implementar ações: sendo os responsáveis dentro da empresa por cada área ao qual o risco pertença. Esses responsáveis lidam diretamente com o risco.
- Responsável pela manutenção e desenvolvimento da estrutura de gestão de risco: o papel de manter o processo de gestão de risco fluindo.
- Responsável pelas auditorias e medições de desempenho, assegurando níveis apropriados de reconhecimento: o papel cuja responsabilidade é manter os indicadores chave de processo rodando e válidos. É essa pessoa quem critica todo o processo.

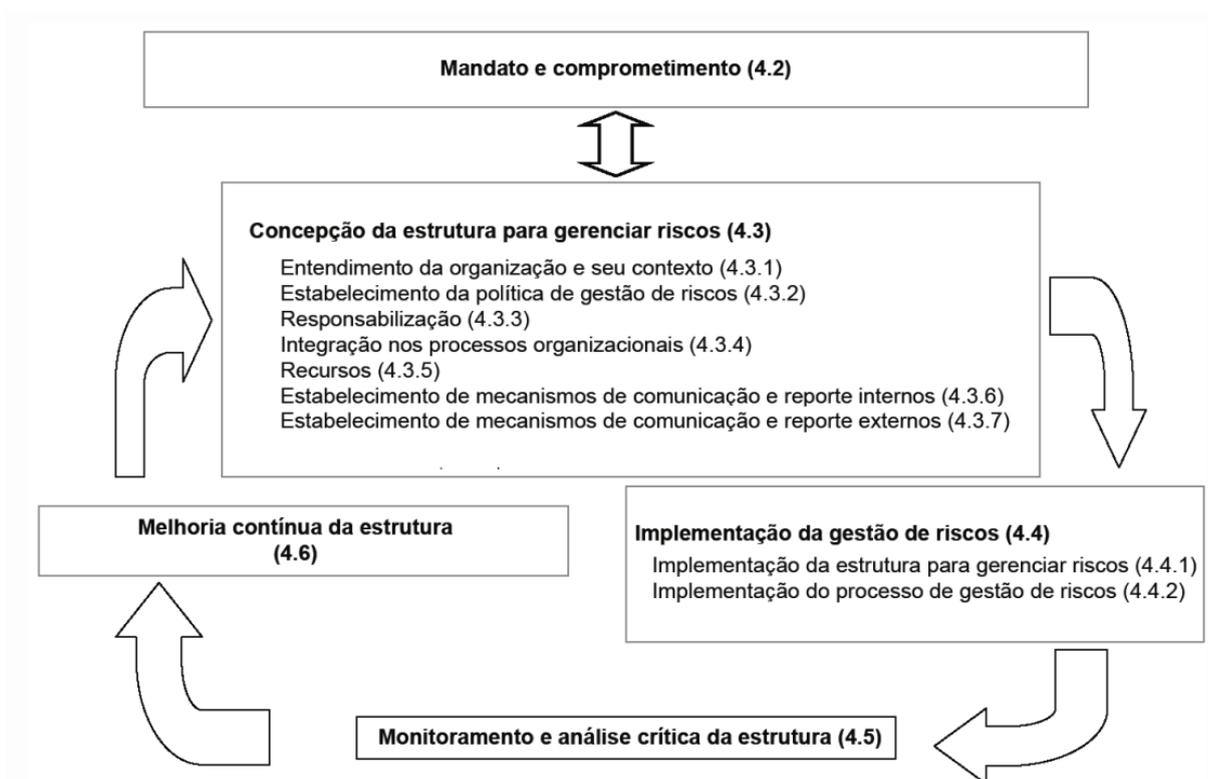


Figura 3 - Diferentes papéis aos quais a governança deve suprir [2]

Ao plano que mantém a estrutura de pessoas e processos rodando de forma organizada e interativa dentro da empresa damos o nome de mandato e comprometimento: é a gestão de risco sendo delegada dentro da estrutura da empresa. A quantidade de pessoas necessárias não é citada pela norma, mas somente o papel e a estrutura base. O custo para manter o processo, portanto,

depende da hora-homem exigida de cada componente do processo, e, a hora-homem necessária para cada componente não é citada pela norma, mas é plausível concluir que depende do grau de entendimento humano sobre o processo, e da quantidade disponível de dados (por exemplo na forma de histórico).

Finalmente, com a estrutura organizacional estabelecida e alinhada, a norma fornece um guia para gestão de riscos, Figura 4:

1. Estabelecimento de contexto: bom entendimento do objetivo a curto, médio e longo prazo da empresa ou do projeto. Vale entender que o risco e a oportunidade está ligada à realização ou existência de algo. Com objetivo bem entendido, segue o entendimento do macroambiente e do microambiente, assim como entender quais indicadores são chaves. Por fim, entender em quais cenários os riscos serão estudados.
2. Identificação de riscos: gerar uma lista abrangente (*brainstorm*) contendo os diferentes eventos, causas e consequências. Por fim, entenda quais riscos estão conectados e quais riscos podem gerar reação em cadeia, isto é, ao disparar de uma consequência, vários outros riscos se tornam altamente prováveis. Vale lembrar que oportunidades devem ser listadas.
3. Análise de riscos: busca-se entender se o risco é negativo ou positivo. Nessa etapa os fatores que geram os riscos são enfatizados e portanto a probabilidade e o impacto são gerados: sejam eles qualitativos, semi-qualitativos ou quantitativos.
4. Avaliação de riscos: entender qual o apetite ao risco do projeto ou organização: qual o limiar do risco deve ser tratado? Qual risco deve ser rejeitado?
5. Tratamento de riscos: caso o risco seja tratado: entender qual estratégia será utilizada.

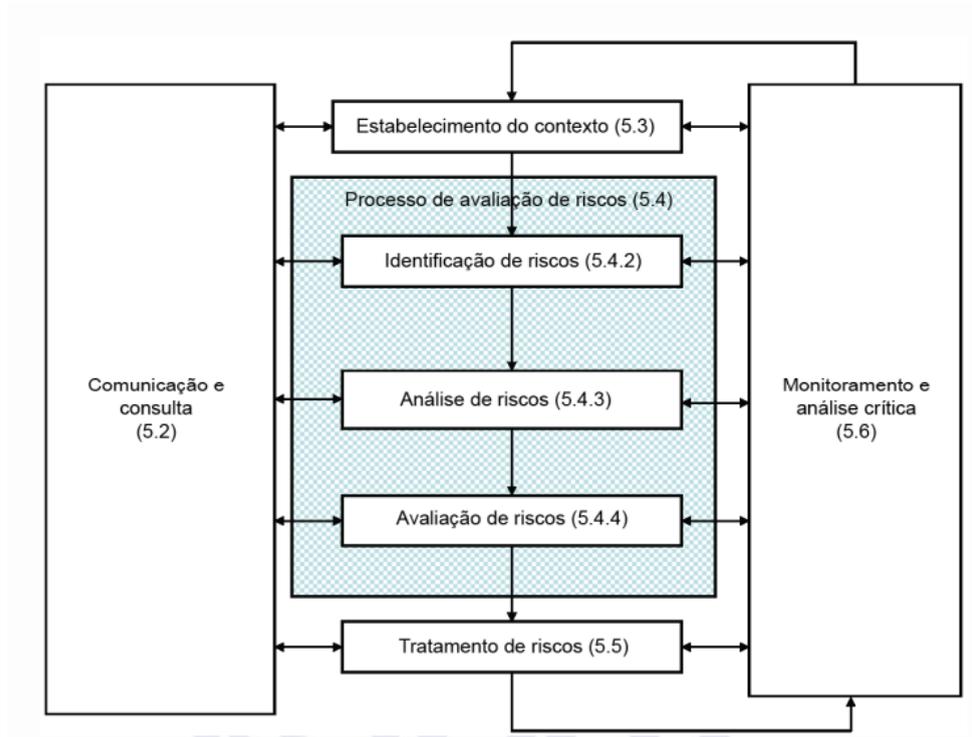


Figura 4 - Processo de gestão risco conforme [2].

A norma sugere diferentes estratégias para lidar com os riscos:

- Evitar o risco: descontinuando atividade;
- Aumento do risco: em caso de oportunidade;
- Redução do impacto: através de medidas de contenção;
- Redução da probabilidade: através de processos e alarmes;
- Compartilhamento de risco, ou, terceirização de riscos através de seguros;
- Aceitação de risco consciente.

O volume de artefatos produzidos e de alinhamento é grande e a norma propõe a existência de um sistema para o controle e armazenamento dos artefatos.

2.2 PMI-RMP e o PMBOK

O PMBOK ou “*Project Management Body of Knowledge*” é um conjunto de boas práticas, processos e guias voltadas para o gerenciamento de projetos mantido pelo PMI “*Project Management Institute*”. Esse é um guia também muito conhecido pela comunidade, assim como a ISO 31000, e sua apresentação é de suma

importância, já que ele apresenta algumas metodologias que não estão presentes na ISO 31000.

O PMI-RMP trata-se de uma certificação dada a um profissional especializado em gestão de riscos.

O PMBOK é amplamente utilizado na indústria de gestão de projetos em softwares, mas não é específico para esse ramo de utilização.

Periodicamente o PMI atualiza o PMBOK gerando uma nova edição: coletada a partir de informações referentes ao mercado, com ênfase à indústria de software: e por isso é uma boa fonte para buscar tendências de mercado. As versões utilizadas para análise foram as versões 2000, 2008 e 2021.

De acordo com o PMBOK, o risco pode ser definido como um evento incerto que ao ocorrer pode trazer consequências negativas ou positivas para o projeto em questão. A gestão de risco é a sistematização estratégica buscando minimizar riscos negativos, maximizar riscos positivos e ou atuar no impacto ou chance de ocorrência.

De acordo com a versão 2000 [8] e 2008 [9] a gestão de risco deve ser realizada com os seguintes passos:

- 1) Planejamento da estrutura de responsabilidade na gestão de risco: a empresa deve instaurar um artefato publicado que explica detalhadamente o fluxo iterativo de melhorias e reavaliações dos riscos e do projeto de gestão de risco. A estrutura deve prever, Figura 5:
 - a) Metodologia de definição da probabilidade e impacto;
 - b) Responsabilidades;
 - c) Orçamento;
 - d) Prazo e periodicidade;
 - e) Indicadores e interpretação destes;
 - f) Valor limite de risco para alteração da estratégia;
 - g) Relatórios e seus históricos;
 - h) Monitoramento dos indicadores;
 - i) *SWOT analysis*: análise dos pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças [9].

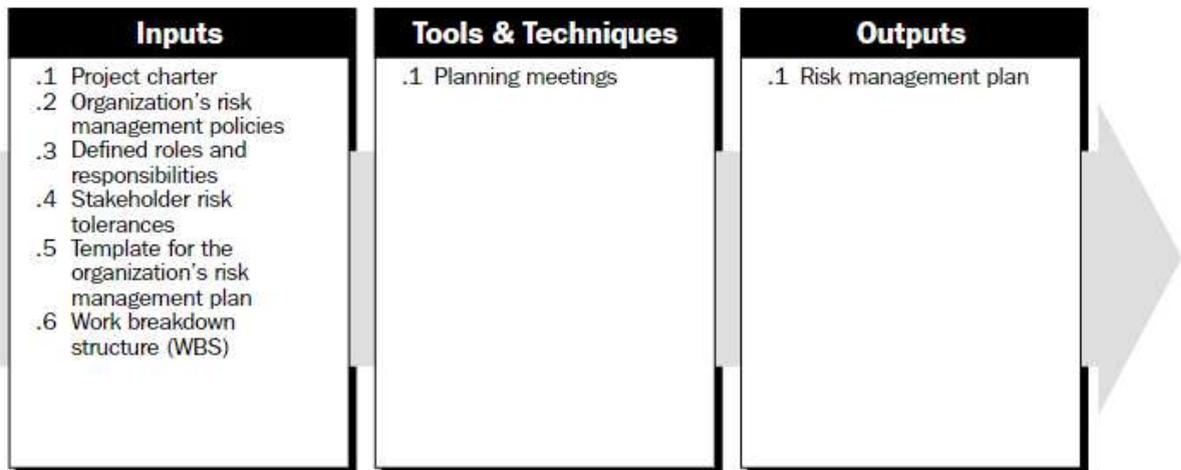


Figura 5 - Estrutura base de gestão de projeto [8]

2) Identificação dos riscos, Figura 6, que podem afetar o projeto: através de brainstorming, histórico de eventos passados, checklists e julgamento de profissional expert. A priorização e qual a preferência da fonte de riscos não é mencionada no documento, inclusive, é totalmente indicado a mistura entre métodos de identificação. Espera-se que nessa fase três características de cada risco sejam extraídas: consequência (.1), evento de disparo (.2) e cenário ou características que junto ao evento gera a consequência (.3).

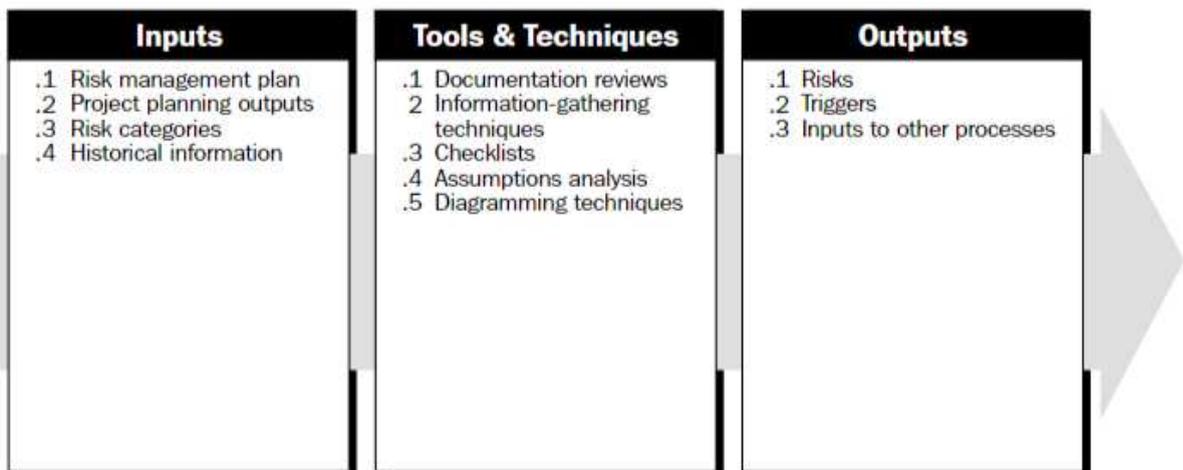


Figura 6 - Identificação de riscos [8]

3) Análise qualitativa dos riscos, Figura 7: a análise qualitativa propõe um olhar mais afastado aos detalhes, ou seja, é uma análise preliminar

dos riscos. Logo, aqui nessa fase, espera-se que as suposições sejam mais relevantes. Algumas ferramentas são sugeridas:

- a) Matriz impacto e probabilidade, similar à Figura 1
- b) Matriz de impacto e probabilidade com escala de 0 a 1: para probabilidade o 0 significa improvável e 1 provável. Para o impacto, busca-se gerar uma tabela de tradução entre os diversos eixos do projeto, como na Figura 8. Esses eixos podem ser gerados de acordo com a preferência da organização, na fase 1 proposta. É nessa fase que uma padronização é gerada em termos de uma única unidade de risco. Finalmente, o valor da priorização do risco é a multiplicação entre a probabilidade e o impacto definido pela tabela de tradução, como na Figura 9.
- c) Teste de proposições: seguindo métodos estatísticos.
- d) Ranqueamento por precisão: cada risco adiciona um novo fator de ranqueamento por precisão que busca avaliar o nível de entendimento que a organização tem sobre ele. O guia não fornece uma metodologia padrão para o ranqueamento da precisão: apenas diz que pode seguir uma base histórica ou estatística, ou, baseado em expertise.

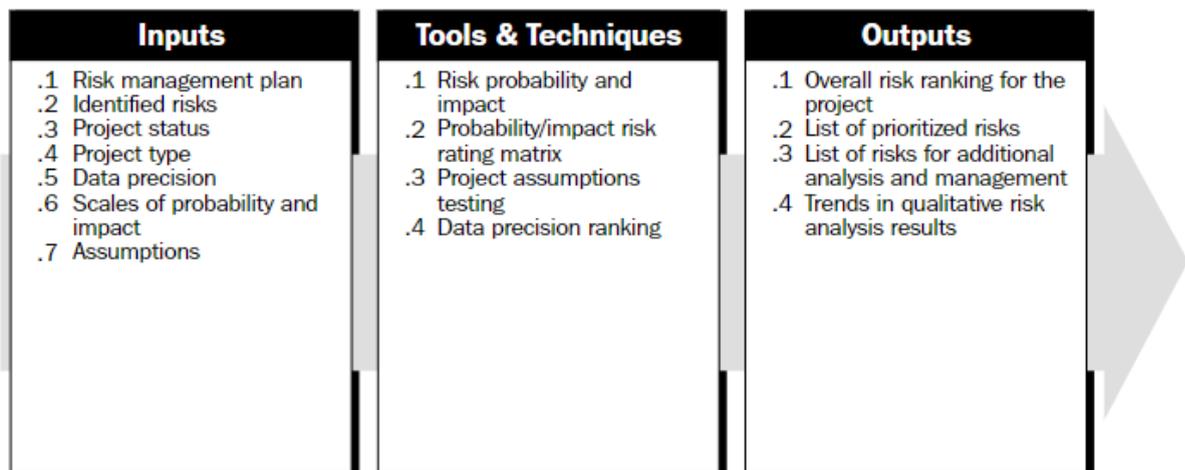


Figura 7 - Estrutura guia para uma análise qualitativa [8]

Evaluating Impact of a Risk on Major Project Objectives (ordinal scale or cardinal, non-linear scale)					
Project Objective	Very Low .05	Low .1	Moderate .2	High .4	Very High .8
Cost	Insignificant Cost Increase	<5% Cost Increase	5–10% Cost Increase	10–20% Cost Increase	>20% Cost Increase
Schedule	Insignificant Schedule Slippage	Schedule Slippage <5%	Overall Project Slippage 5–10%	Overall Project Slippage 10–20%	Overall Project Schedule Slips >20%
Scope	Scope Decrease Barely Noticeable	Minor Areas of Scope Are Affected	Major Areas of Scope Are Affected	Scope Reduction Unacceptable to the Client	Project End Item Is Effectively Useless
Quality	Quality Degradation Barely Noticeable	Only Very Demanding Applications Are Affected	Quality Reduction Requires Client Approval	Quality Reduction Unacceptable to the Client	Project End Item Is Effectively Unusable

The impacts on project objectives can be assessed on a scale from Very Low to Very High or on a numerical scale. The numerical (cardinal) scale shown here is non-linear, indicating that the organization wishes specifically to avoid risks with high and very-high impact.

Figura 8 - Tabela exemplo de tradução e criação de unidade base de medição de impacto de acordo com [8].

Risk Score for a Specific Risk					
Probability	Risk Score = P × I				
0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
0.5	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
	Impact on an Objective (e.g., cost, time, or scope) (Ratio Scale)				

Each risk is rated on its probability of occurring and impact if it does occur. The organization's thresholds for low (dark gray), moderate (light gray) or high (black) risk as shown in the matrix determines the risk's score.

Figura 9 - Exemplo de matriz probabilidade-Impacto com escala [8].

- 4) Análise quantitativa dos riscos: a análise quantitativa busca obter maior detalhe sobre os riscos e por isso ele é realizado após a análise qualitativa. Nessa etapa, os demais fatores chaves que levam à classificação do risco são definidos e então unificados. A estrutura guia está apresentada pela Figura 10:

- a) Entrevista com clientes, fornecedores e experts da área buscando entender a frequência de observações (votos) de cada área e a tarefa a ser estimada, Figura 11. Com as segmentações (números de níveis e faixas), é possível obter a distribuição de probabilidade: extraindo um range organizado sobre uma determinada tarefa.

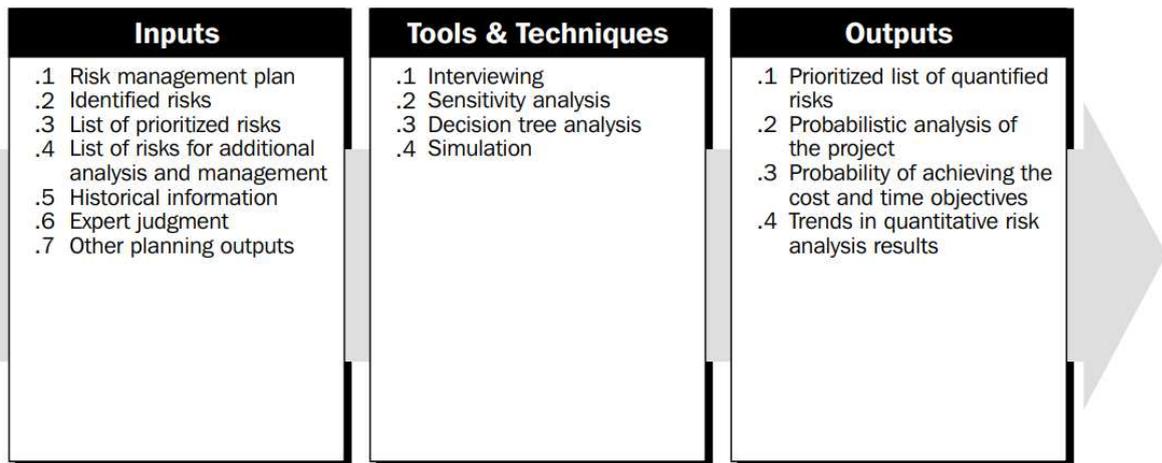


Figura 10 - Estrutura para análise quantitativa de riscos [8]

Project Cost Estimates and Ranges			
WBS Element	Low	Most Likely	High
Design	4	6	10
Build	16	20	35
Test	11	15	23
Total Project		41	

Figura 11 - Exemplo de uma tabela para coleta de dados quantitativa advindo de observações em entrevistas com experts [8].

- b) Análise sensitiva dos riscos: buscar priorizar os elementos que oferecem maior risco ao objetivo desejado.
- c) Análise por árvore de decisão: os riscos são formados por três fatores: causa (disparo), cenário e consequência. Os riscos, cenários ou causas podem ser fragmentados ou organizados em árvores onde um risco gera outros riscos, ou, um cenário pode gerar outros cenários, ou, um disparo pode gerar outros disparos. Organizar isso tudo em uma árvore permite que a organização ataque, dentro do possível, a raiz da árvore: otimizando recursos durante o projeto.

- d) Simulação: utilizar e criar modelos para simular probabilidades, custos e prazo. O documento em si, não propõe nenhuma metodologia específica para realizar essa simulação.
- 5) Planejamento das respostas e ações para os riscos, Figura 12: após os riscos estarem definidos, priorizados e organizados, chega a hora de definir qual a ação tomar:
- Aceitar o risco: não fazer nada e seguir o plano;
 - Rejeição de risco: alterar o plano ou projeto de forma que esse risco desapareça ou se altere;
 - Contenção e/ou mitigação: propõe alterações pontuais nas características do plano ou projeto de forma a diminuir o impacto ou a probabilidade do risco resultante;
 - Terceirização ou transferência: através de uma organização terceira, a responsabilidade sobre as consequências do risco é transferida. Nesse caso o risco não é eliminado, apenas a responsabilidade em lidar com a consequência diretamente é eliminada. Geralmente através de seguradoras.

Vale lembrar que esta etapa deixará com riscos residuais (o que restou deles), táticas de reação, indicadores de monitoramento e em alguns casos novos riscos (que podem ser visitados em outras iterações).

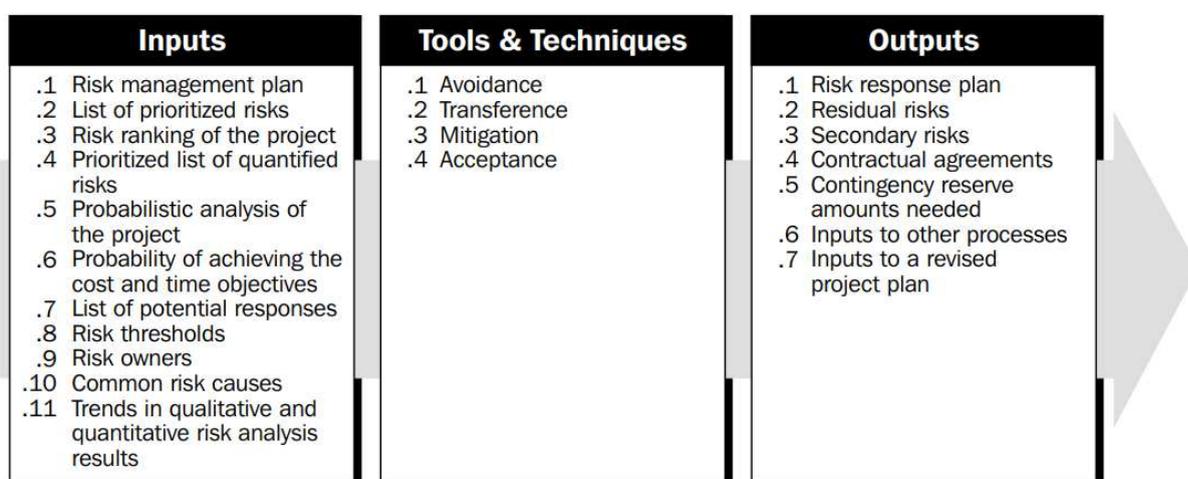


Figura 12 - Estrutura de planejamento de resposta ao risco [8].

6) Monitoramento e controle dos riscos: como o objetivo da ferramenta de gestão de risco é otimizar recursos e direcionar o processo de tomada de decisão, é importante que todo o sistema se mantenha iterando em um processo em que a organização consiga confiar nos resultados e nos dados. Algumas sugestões dadas pelo documento:

- a) Auditorias;
- b) Revisões entre o planejado e o obtido;
- c) *Earned Value Analysis*: método que busca indicar o andamento do projeto através de indicadores:
 - i) Valor Planejado (PV);
 - ii) Custo Real (AC);
 - iii) Valor Colhido (EV): dentro do valor planejado (PV) qual o valor que de fato foi entregue.

Desta forma o projeto consegue obter a eficiência do custo (CPI) e a performance do custo (SPI).

Outro ponto de suma importância é que existem riscos que são dependentes do tempo, ou seja, conforme o tempo passa o risco aumenta ou diminui [1].

Na versão mais recente, o PMBOK buscou acrescentar os projetos ágeis aos quais são desenvolvidos de maneira mais interativa buscando entregar o máximo de valor ao cliente através da maximização de interações com pessoas e micro-entregas. Nesse mesmo contexto, o guia de gestão de projeto já explora que cada ferramenta de gestão de risco deve ser ajustada em tamanho e intensidade ao seu caso de uso, tal discussão será desenvolvida mais a fundo nesse artigo.

2.3 Análise de Risco Qualitativos e Quantitativos:

Alguns autores afirmam que a tentativa de quantificar um risco de forma exata é ineficaz pois existem riscos que são imponderáveis, e muitos não quantificáveis: ou porque é incorreto afirmar que um evento é idêntico ao outro (variáveis distintas ou ocultas) mesmo que similares, ou, porque é impraticável medir um evento e portanto gerar dados [11] [15].

Outros autores, inclusive algumas versões do PMBOK defendem que obter um valor quantitativo ajuda a comparar os riscos sobre o olhar da mesma escala, auditando a origem daquela classificação no risco [8] [12], o que é interessante

para o monitoramento do risco e utilização do mecanismo de gestão de risco como um facilitador nas tomadas de decisão.

Outros artigos analisaram a preferência do mercado para com os métodos de gestão de risco utilizado [15], em 2019, a preferência pelas técnicas seguem “*Reunião com pessoas chaves*”, “*Análise qualitativa pura*”, “*Análise semi-qualitativa*”, “*Conversa com consultores e especialistas*” e por último “*Análise quantitativa*”, respectivamente. Desta forma, a técnica de gestão de risco quantitativa mostrou-se a menos popular de acordo com a entrevista realizada pelos autores. Esta classificação pode estar intimamente ligada à complexidade na coleta de dados exatos [15], histórico, usabilidade [17] e/ou resultado ao utilizar esse método.

Não dá para marcar um método como melhor que o outro pelo simples fato de ele ser qualitativo ou quantitativo. Mas a Tabela 1 organiza os ganhos de cada método.

Tabela 1 - Comparando natureza das metodologias

	Nota		
	Qualitativo	Quantitativo	Híbrido*
Amigável à Lei 14133/21	10	5	7
Iteração Rápida e de Fácil Implementação	10	2	6
Nota de Impacto Rastreável	4	9	7
Nota de Impacto Precisa e Acurada	2	9	6
Probabilidade Rastreável	2	9	4
Probabilidade Precisa e Acurada	1	9	7
Comparáveis Sob Mesma Escala	3	9	7

A Tabela 1 organizada em uma escala de 0 a 10:

- O zero representa que a ferramenta não é funcional para esse propósito;
- O dez significa que a ferramenta é ótima e cobre 100% com o tópico;

É observável que o híbrido ou semi-quantitativo pode tomar diversos formatos, mas, a Tabela 1 busca generalizar para facilitar a escolha.

De forma geral, o método semi-quantitativo busca o meio termo entre os métodos qualitativos e quantitativos: possibilitando a integração com metodologias de gestão de cronograma e gestão de custo e a lei 14133/21 caso aplicável.

2.4 Planejamento em cascata e planejamento ágil:

Alguns conceitos da gestão de software podem ser aproveitados para gestão de projetos de uma forma geral, desde que os requisitos e os porquês sejam bem entendidos e aplicados. O motivo pelo qual essa visão de planejamento está sendo apresentada é pela semelhança estrutural e teórica entre atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação às atividades de desenvolvimento de softwares.

A forma tradicional de gerir um projeto é utilizando o planejamento em cascata [23]. O planejamento em cascata segue uma abordagem linear, sequencial e serializada, assim como apresentado na Figura 13 onde cada fase do projeto é completamente finalizada antes de passar para a próxima fase de planejamento. Isso significa que o escopo, os requisitos e o plano do projeto são definidos no início, travados por contrato e monitorados por documentos e indicadores previamente combinados até a entrega do projeto. Não existem grandes alterações por ser travado via contrato.

O modelo em cascata

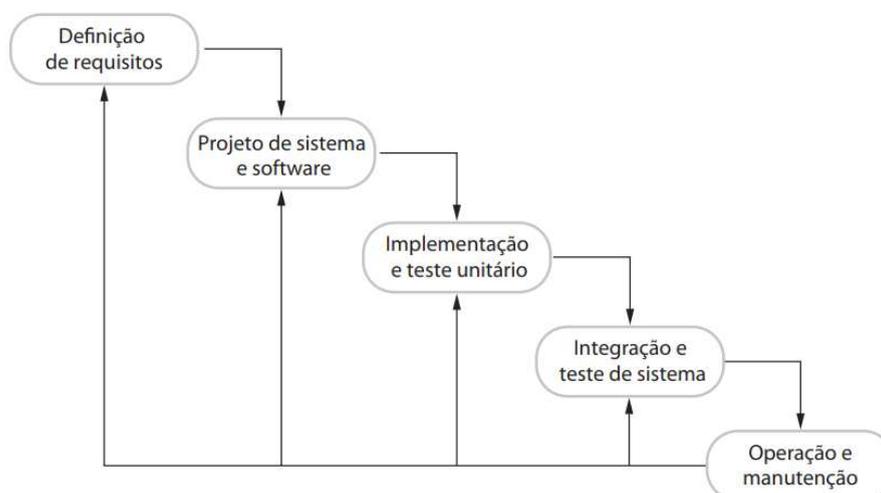


Figura 13 - Representação das fases de planejamento de um projeto em cascata. Figura retirada de [23].

Perceba que os projetos mecânicos, civis e elétricos todos seguem a metodologia em cascata por motivos técnicos: entre eles a segurança, a irreversibilidade de execução, a eficiência, enfim, por qualquer alteração nesse ramo significar uma penalidade financeira, no prazo e na reputação muito alta.

No entanto, essa abordagem pode ser inadequada para projetos de pesquisa e inovação, onde os requisitos e as condições podem mudar significativamente ao longo do tempo. Mais do que isso, muitas vezes a pesquisa simplesmente não sabe todos os caminhos e ferramentas que podem utilizar para que o resultado seja alcançado: faz-se necessário acrescentar fases de investigação (*SPIKE*) [24], teste e reavaliação de objetivo constantemente, e constantemente, sendo necessário recomeçar por um outro caminho. Tudo isso deve ser avaliado como um risco, e, a natureza iterativa, rápida envolvendo o máximo possível de pessoas pode promover maiores resultados [24] [25]. Essa é a fortaleza do modelo de gestão ágil.

O planejamento ágil é pautado diversos princípios:

- Envolvimento com o cliente e os *stakeholders*: enfoque em pessoas e não processos;
- Entrega incremental: permite uma resposta mais rápida às mudanças nos requisitos e nas condições do projeto. Facilita que a equipe colha dados e esteja mais ativa e receptiva a novas informações. Os riscos são identificados e avaliados continuamente, e as estratégias de mitigação são ajustadas conforme necessário à medida que novas informações se tornam disponíveis;
- Aceitar mudanças: requisitos, caminhos, processos e cenários mudam. Esteja preparado para acomodar mudanças e reagir a adequações;
- Foco na simplicidade: devido ao caráter incremental e volátil, quanto mais simples o processo: menos custoso será mantê-lo. Quanto mais simples a solução é o caminho desenvolvido: menor a chance de grandes desperdícios. Também facilita a manutenção e a curva de ensino para novos integrantes na equipe.

O processo Scrum

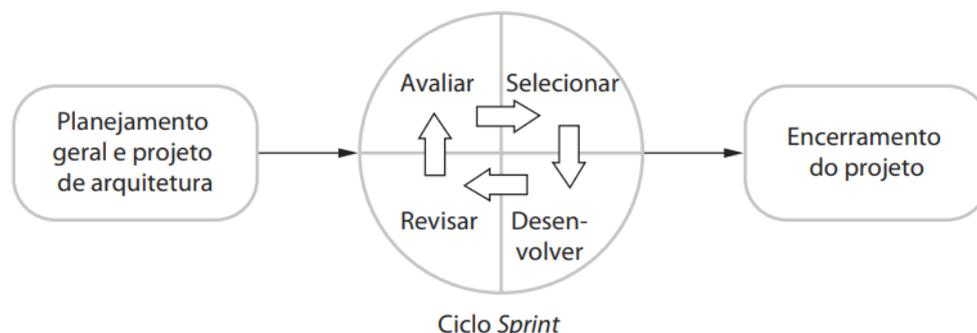


Figura 14 - Representação das fases e do funcionamento de gestão ágil em Scrum. Figura retirada de [23].

Uma diferença crucial entre o método de gestão em cascata e ágil é a entrega antecipada de valor. Enquanto a gestão em cascata aponta para o ótimo global, entretanto, qualquer alteração não prevista causará danos na entrega e causará altos impactos para reverter a decisão. O planejamento ágil prioriza a entrega de valor ao cliente por meio de iterações frequentes e entregas incrementais, como observado pela Figura 14. Isso permite que os benefícios do projeto sejam realizados mais cedo, reduzindo os riscos associados a longos prazos de desenvolvimento [23]. Sendo assim, o método de gestão ágil trabalha no subótimo, abraçando as imperfeições e contendo os danos nos erros de previsão.

Em resumo, enquanto o planejamento em cascata é mais adequado para projetos com requisitos estáveis e bem definidos, o planejamento ágil oferece uma abordagem mais adaptável e flexível para lidar com a incerteza e a mudança, especialmente em cenários de inovação e pesquisa onde os requisitos podem ser voláteis [1] [23]. A escolha entre as abordagens depende da natureza do projeto, das necessidades do cliente e do contexto específico em que o projeto está inserido.

A gestão de riscos em um planejamento em cascata deveria, seguindo o mesmo raciocínio, seguir o mesmo rigor e o mesmo grau de planejamento: quanto maior o volume de informações e quanto maior o grau de acurácia das informações: maior a resiliência e a maturidade do projeto a ser gerenciado. E da mesma forma deveria ser feita principalmente no início do projeto, durante a fase de planejamento. Os riscos são identificados, avaliados e tratados e evita-se retornar ao assunto. Essa visão não está necessariamente incorreta, já que informações de maior qualidade

significam decisões de maior qualidade e portanto, tratamentos mais efetivos. Da mesma forma, como os requisitos e o caminho de desenvolvimento são bem conhecidos: não existiria um motivo para ficar frequentemente iterando melhorias no mapa de risco.

Entretanto, o que foi observado é que a gestão de risco performa melhor com base no número de pessoas envolvidas, na periodicidade de iteração e na cultura de risco difundida pela empresa [14] [1]. Sendo assim, a literatura convida a manter-se aberto a receber fontes de risco menos acuradas e de maior volume: tornando necessário que a iteração de melhoria, escrita e consulta na gestão de risco não seja tão custosa para o projeto ou companhia. Pesquisas recentes convidam a utilizar a gestão de risco de maneira mais ativa, como se mesmo em projetos gerenciados pelo modelo em cascata, a gestão de risco seguisse de maneira ágil, altamente iterativa e envolvendo o máximo possível de pessoas e *stakeholders*.

2.5 Diagrama de Precedência (MDP) e Método do Caminho Crítico (CPM):

Um dos fatores mais polêmicos mais requisitados no mundo dos negócios é a dificuldade em estimar prazos. Um prazo mal estimado por si só é um risco que todo projeto possui e cujo a probabilidade é abstrata e de natureza complexa: mesmo quando uma companhia possui um histórico bem conhecido, este ainda pode ser afetado pelo efeito de outros riscos como: mal funcionamento de ativos, macroeconomia e/ou microeconomia instáveis, instabilidade na cadeia de fornecimento de matérias-primas ou cadeia de logística, problemas jurídicos, ambientais e problemas com recursos humanos.

Para aumentar a ênfase, a má definição de uma estimativa de tempo pode transformar um projeto com previsão lucrativa em um projeto que dê prejuízos às instituições e atrapalhe a reputação de uma companhia, assim como mostrado por [27], ao qual apresentou que em média $18\% \pm 29\%$ dos projetos ligados à indústria do petróleo e gás possuem gastos acima do previsto. O prazo é um fator chave pois além do custo de operação prolongado, custo de oportunidade e maior exposição à inflação, por conta dos contratos firmados podem-se somar multas.

Para fazer uma boa gestão de prazo deve-se possuir:

- Boa definição das atividades
- Bom sequenciamento das atividades
- Boa estimativa de recursos
- Boa estimativa de tempo para executar as atividades
- Bom controle de cronograma e boa linha de comunicação interna.

Por conta disso, a presença de experts e de uma equipe empenhada se faz necessário: já que todos os tópicos requisitos exigem qualidade. O gestor pode utilizar outras metodologias pautadas em histórico, porém, pede-se o cuidado já que ele pode estar comparando performance de equipes distintas em ambientes distintos

A técnica de Redes de Precedência é uma ferramenta cujo objetivo é melhorar o sequenciamento das atividades através da organização entre as atividades: reconhecendo as dependências entre elas, ou, quais tarefas precedem. Ela é amplamente utilizada em conjunto com outras técnicas de planejamento de projetos, como o Método do Caminho Crítico (Critical Path Method - CPM), para ajudar na programação, controle e gerenciamento de projetos complexos.

Para entender, observe a Tabela 2. Essa lista foi criada por um expert que entende bem os processos que deverão ser seguidos. Mais que isso, ele refinou e criou a lista junto com a equipe de desenvolvimento. Vale lembrar que a tarefa nomeada “END” finaliza a entrega do escopo.

Tabela 2 - Lista de tarefas dada para uma determinada tarefa.

Descrição	Duração	Dependência
A	2	
B	10	
C	3	
D	4	A,B
E	5	D
F	16	A
G	6	B
H	17	G
END		E,F, G, C

Com base na Tabela 2, um diagrama de precedência foi construído e apresentado (FIGURA X), à qual mostra um exemplo de um diagrama de redes de precedência.

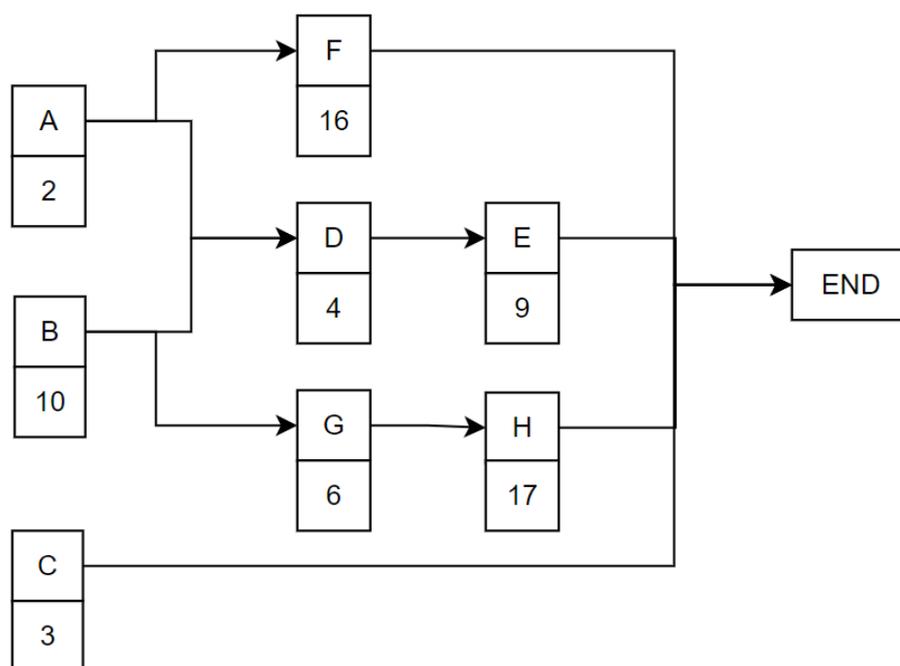


Figura 15 - Diagrama da rede de precedência baseada nas relações da Tabela 2.

Perceba que os retângulos (ou nós) são as tarefas. Cada tarefa se conecta por setas. Na fase de listagem das tarefas cada tarefa deve possuir, minimamente: a estimativa de duração e quais tarefas precisam ter finalizado para que esta possa começar.

No caso da Figura 15, temos listados forma mais comum de relação lógica: a relação de “Término para Início”. De forma geral começa-se da esquerda para direita em colunas, pelas tarefas que são independentes. Cada tarefa independente aponta para novas tarefas (que são dependentes das tarefas anteriores).

Existem diferentes relações de dependências. A ponta da seta é a tarefa sucessora e a base da seta a tarefa predecessora:

- Término para Início (TI) ou *Finish to Start (FS)* : O início de uma tarefa sucessora depende do término da tarefa predecessora. A Figura 15 utiliza somente esse tipo de relação pois é a mais comum.
- Término para Término (TT) ou *Finish to Finish (FF)*: Uma tarefa sucessora só finaliza de verdade quando a tarefa predecessora finaliza também. Sua representação no diagrama é dada pela Figura 16. Existem autores que usam seta normal com legenda “TT” ou “SS”.

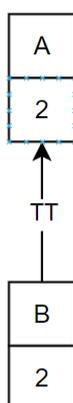


Figura 16 - Relação de Término para Término. Nesse caso a tarefa A só termina quando a tarefa B terminar.

- Início para Início (II) ou *Start to Start (SS)*: Uma tarefa sucessora só pode iniciar quando a predecessora iniciar (codependentes). Sua representação no diagrama é dada pela Figura 17.

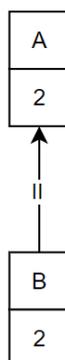


Figura 17 - Início para Início. A tarefa sucessora (A) só pode iniciar quando a tarefa B iniciar também.

- Início para Término (IT) ou *Start to Finish (SF)*: Uma tarefa sucessora só é dada como finalizada quando a tarefa predecessora inicia. Sua representação no diagrama é dada pela Figura 18.

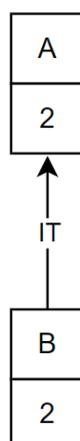


Figura 18 - Início para Término. A tarefa sucessora (A) só é dada como finalizada quando a tarefa B iniciar.

O desenvolvimento deste diagrama tende a ser penoso em termos de tempo, porém pode ser fortemente reaproveitado no acompanhamento das tarefas, na organização de um kanban, no acompanhamento do progresso, levando em consideração as limitações da ferramenta.

Ao finalizar o diagrama de precedência, analisamos os nós de maneira linear, começando de uma tarefa independente e indo até a tarefa que define a entrega final. Se tivermos uma estimativa de duração para cada tarefa, poderemos analisar qual caminho demanda maior tempo: esse é o caminho crítico e é ele quem define o prazo de entrega caso possua recursos de desenvolvimento suficiente para paralelizar o máximo de tarefas possíveis. Outro ponto é que o caminho crítico representa o risco de maior impacto no prazo do projeto e a esse caminho (e aqueles cujo prazo seja próximo ao valor do caminho crítico) vale uma atenção maior.

Tabela 3 - Estudo do caminho crítico para o exemplo educativo da Tabela 2

Nome do Caminho	Caminho	Total
#1	A,F	18
#2	A,D,E	15
#3	B,D,E	23
#4	B,G,H	33
#5	C	3

Para o exemplo da Figura 15 e Tabela 3, temos os diferentes caminhos de execução começando das tarefas independentes até o “END”, sendo que o caminho ‘#4’ é o caminho crítico e portanto a estimativa de tempo necessário para o projeto é o valor total deste caminho, ou seja, 33.

Vale perceber que quanto maior a quantidade de tipos de dependência utilizarmos, maior a complexidade para a análise de caminhos críticos: por isso é uma forte sugestão organizar o projeto com a menor quantidade de tipos possíveis.

Além de ajudar na programação e controle do projeto, as redes de precedência também são úteis para realizar análises de cenários e identificar riscos potenciais. Os gerentes de projeto podem simular diferentes cenários, identificar a sensibilidade de tarefas e obter, portanto, as atividades mais críticas que podem impactar a conclusão bem-sucedida do projeto. Vale lembrar que o estudo de recursos humanos a cadeia de recursos físicos e bens ativos impactam essa

segunda análise, e ela por sua vez pode enfatizar um caminho ainda mais crítico [26].

O método CPM puro considera à disposição a quantia ilimitada de recursos, e, considera que os recursos são iguais e idênticos. Outro ponto é que o CPM não leva em consideração intervalos de duração, nem distribuição de probabilidade dentro dessas durações. Sendo assim, o gestor deve entender suas limitações e deve procurar utilizar uma mesma padronização para duração: se for a duração para o pior cenário possível, que todas as outras tarefas tenham suas durações com base no pior cenário possível e portanto a duração do caminho crítico terá interpretação da duração de pior cenário possível.

2.6 Diagrama de Gantt:

Outra ferramenta utilizada para planejamento e organização de prazo e dependência entre processos é o diagrama de Gantt [31].

Diferente da rede de precedências, o diagrama de Gantt não costuma mostrar diretamente as dependências entre as tarefas. Vale lembrar que o gestor pode adaptar a tarefa para que ela mostre as dependências de maneira enfática, por mecanismos de representação próprios.

Similar à rede de precedência, para a construção de um diagrama de Gantt, primeiro precisa-se identificar as tarefas, e tal tarefa deve seguir os mesmos critérios. Vale lembrar que o diagrama de Gantt é uma ferramenta cujo objetivo é similar ao da rede de precedência: o de analisar o sequenciamento de tarefas.

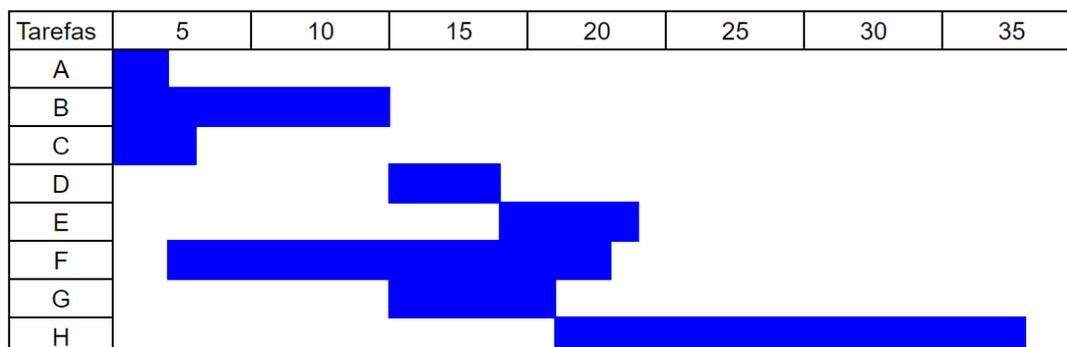


Figura 19 - Diagrama de Gantt construído a partir da Tabela 2

Conforme analisado pelo exemplo educativo da Figura 19, o diagrama de Gantt possui algumas diferenças marcantes à rede de precedência:

- O diagrama de Gantt não estuda os diferentes caminhos de desenvolvimento;
- O diagrama de Gantt não olha para os detalhes minuciosos dos tipos de dependência;
- O diagrama de Gantt não enfatiza diretamente as dependências entre as tarefas, e nem os tipos de dependências. Repare que a tarefa D apesar de “induzir” a dependência com a tarefa B, ele não demonstra diretamente a dependência com a tarefa A.
- O diagrama de Gantt é muito mais visual e muito mais simples de compreender. Ao finalizar a criação do diagrama, o caminho crítico fica enfatizado.
- Para projetos complexos e volumosos, transparecer todas as tarefas não é indicado e reduz a sua vantagem visual. Sendo assim, para projetos dessa natureza é recomendado agrupar os escopos e trabalhar com análises mais distanciadas.

O diagrama de Gantt carrega as mesmas considerações de análise do método CPM: ele leva em consideração a presença de recursos ilimitados e considera o nivelamento de qualidade entre os recursos. Sendo assim, da mesma forma que o CPM o gestor deve levar em consideração uma segunda reiteração para análise de riscos, compartilhamento e gargalos de recursos, análise de fornecimentos, logística, macroeconomia, microeconomia, diferenças de performances, entre outros.

2.7 Estimativas de PERT ou estimativa dos três pontos:

A técnica de Estimativas PERT (Program Evaluation and Review Technique) é uma ferramenta que busca adicionar um toque estatístico para estimar a duração das atividades em um projeto [28] [29]. Ela foi desenvolvida para induzir intervalos de confiança e acurácia nas determinações de prazo, e pode ser utilizada junto com

o Método dos Caminhos Críticos e redes de precedência, apenas por ampliar as informações das listas de tarefas.

Nos exemplos educativos dos métodos anteriores, a lista de tarefas possuía minimamente três informações: descrição, duração e interdependência. O ponto de melhoria que esse método traz: em estimativas paramétricas e por expert (equipe executora) a equipe não observa enfaticamente se a estimativa fornecida é de pior caso, esperado ou otimista. Mais que isso: por conta de pressões do ambiente de trabalho ou por variáveis diversas, existem tendências que a equipe de execução forneça prazos otimistas gerando planejamentos frágeis. O método de estimativa dos três pontos, ou de PERT, tende a enfatizar a natureza dos prazos evitando estimativas enviesadas, e portanto, melhorando a maturidade da estimativa.

A aplicação da ferramenta tende a ser direto ao ponto e é aplicada diretamente na fase de identificação das tarefas: fonte da lista de atividades. Para cada atividade buscaremos identificar no mínimo três pontos:

- Estimativa Otimista (O): A estimativa mais otimista de quanto tempo uma atividade pode levar sob as melhores condições possíveis.
- Mais Provável (MP) ou prazo esperado: Esse é o prazo mais realista e provável de quanto tempo uma atividade pode levar com base nas circunstâncias normais.
- Pessimista (P): A estimativa mais pessimista de quanto tempo uma atividade pode levar sob as piores condições possíveis.

Sendo assim, mantendo o caso educativo, a Tabela 2 poderia assumir o formato da Tabela 4, ou seja, a coluna de duração agora possui informação de duração otimista, mais provável e pessimista ambas debatidas pela equipe de experts ou outra técnica para identificação de tarefas.

Tabela 4 - Lista exemplo de tarefas adicionando dados conforme PERT.

Descrição	Duração			Dependência
	Otimista	Mais Provável	Pessimista	
A	2	4	10	
B	6	10	15	
C	3	5	10	
D	4	5	6	A,B
E	5	9	14	D
F	7	10	16	A
G	6	8	9	B
H	5	8	17	G
END				E,F, G, C

Para cada tarefa, então calcula-se a duração média ponderada Equação 1, a qual pondera os prazos especificados, e o desvio padrão Equação 2.

$$Media_{PERT} = (O + 4.MP + P)/6 \quad (1)$$

$$Desvio_{PERT} = (P - O)/6 \quad (2)$$

Após aplicar a média e o desvio, obtemos a Tabela 5 contendo a duração média e o desvio padrão. Vale mencionar que fica livre ao gestor atribuir diferentes pesos caso este ache apropriado (com devidas correções nas equações).

Tabela 5 - Lista de tarefa educativa contendo média e desvio padrão.

Descrição	Duração					Dependência
	O	MP	P	Média	Desvio	
A	2	4	10	4,67	1,33	
B	6	10	15	10,17	1,50	
C	3	5	10	5,50	1,17	
D	4	5	6	5,00	0,33	A,B
E	5	9	14	9,17	1,50	D
F	7	10	16	10,50	1,50	A
G	6	8	9	7,83	0,50	B
H	5	8	17	9,00	2,00	G
END						E,F, G, C

A primeira percepção que pode-se obter ao observar a Tabela 5 é que o caminho crítico fica mais complexo de ser observado já que não estamos trabalhando apenas com a média, mas sim um intervalo de confiança e uma acurácia. Esse intervalo acaba por ficar dependente da distribuição de probabilidade escolhida. Esse mesmo motivo torna sua utilização junto ao diagrama de gantt não recomendada.

Geralmente a distribuição de probabilidade escolhida é a normal (Gaussiana), e sendo assim os intervalos de confiança mais utilizados estão listados pela

Equação 3, Equação 4 e Equação 5. Mas vale enfatizar que o intervalo calculado depende da distribuição de probabilidade e seus parâmetros.

$$IC_{68\% \text{ acc}} = Média \pm Desvio \quad (3)$$

$$IC_{95,5\% \text{ acc}} = Média \pm 2. Desvio \quad (4)$$

$$IC_{99,9\% \text{ acc}} = Média \pm 3. Desvio \quad (5)$$

Uma das principais vantagens da técnica de Estimativas PERT é que ela permite uma análise de sensibilidade: geralmente executada por meios de modelagem e simulações. Isso significa que os gerentes de projeto podem examinar como variações nas estimativas otimista, mais provável e pessimista afetam a duração do projeto e a identificação do Caminho Crítico. Esse fragmento de informação tende, também, a facilitar o alinhamento de expectativa entre os desenvolvedores e seus *stakeholders*.

Em resumo, a técnica de Estimativas PERT é uma abordagem estatística poderosa cujo objetivo é induzir equipes de execução a fornecer prazos mais consistentes, entender a sensibilidade da tarefa na visão da equipe, e, melhorar o alinhamento de expectativas entre os desenvolvedores e seus *stakeholders*. Por outro lado, o nível de complexidade aumentará sendo altamente recomendado que outras ferramentas de análise automatizada de dados, ou, simulação sejam utilizadas em conjunto.

Um ponto que deve ser revisitado é que um intervalo de confiança não necessariamente mostra a realidade (é impossível prever com 100% de certeza o futuro), pois este está vinculado ao grau de conhecimento técnico da equipe, ou confiabilidade nos dados históricos, e, a uma confiabilidade da função probabilidade vinculada.

2.8 Método de Monte Carlo (MMC):

O Método de Monte Carlo é uma técnica estatística e computacional utilizada para simular o comportamento de sistemas complexos por meio de amostragem de números aleatórios. Ele foi desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial, em 1940, por Stanislaw Ulam e John von Neumann, enquanto trabalhavam no projeto Manhattan, para resolver problemas relacionados à difusão de nêutrons em bombas nucleares.

Apesar de sua origem, o método recebeu esse nome em homenagem ao famoso cassino Monte Carlo, conhecido por seus jogos de azar e probabilidade. A ideia central do Método de Monte Carlo é gerar uma grande quantidade de números aleatórios dentro de determinadas distribuições de probabilidade que representam as incertezas do sistema em estudo. Esses números são então utilizados para calcular estimativas estatísticas, como médias, variâncias e percentis, permitindo assim prever o comportamento do sistema.

Atualmente, o Método de Monte Carlo é amplamente utilizado em diversas áreas, incluindo física, engenharia, finanças, biologia, gestão entre outras [33]. Ele é particularmente útil em situações onde modelos matemáticos precisam lidar com muitas variáveis ou com comportamento estocástico: analisando a sensibilidade do sistema às diferentes incertezas e instigando cenários.

Para aplicar o MMC, precisa-se de:

- Conhecimento do sistema, ou seu modelo: suas regras de dependência, serialização, *buffers*, critérios para tomada de decisão, posição de filas, entre outros.
- Cada bloco de ação da modelagem deve possuir uma distribuição de probabilidade inferida. Essa distribuição pode ser obtida via inferência em dados históricos quantitativos, via históricos de tarefas análogas, via refinamento em retrospectivas, via conhecimento acadêmico da natureza da tarefa, ou, via estimativa PERT dada por experts de conhecimentos análogos empíricos vivido pelos mesmos.
- Cada bloco de ação da modelagem deve possuir valores e parâmetros suficientes para obter um intervalo de confiança. Um exemplo: em um

bloco de ação de distribuição de probabilidade normal precisaremos da média, do desvio e da acurácia requerida.

Vale lembrar que para a aplicação em gestão de risco, estimativa de prazo e custo, sua aplicação nesse documento: a modelagem será basicamente restringida à análise de redes de PERT, ou seja, redes de precedência onde cada tarefa possuirá um Intervalo de Confiança e uma acurácia definida por três pontos: otimista, mais provável e pessimista.

Características do MMC:

- Pode lidar com modelos complexos e estocásticos com agilidade. A aplicação do método na análise de risco, prazo e custo quando se possui intervalo de confiança e distribuição de probabilidade está intimamente ligada à complexidade e tempo que levaria para um gestor concluir algo manualmente. Existe um ganho em produtividade inestimável.
- Permite avaliar a incerteza associada às previsões: observando o máximo de cenários possíveis.
- Facilita a análise de sensibilidade para identificar quais variáveis têm maior impacto nas saídas do modelo, apesar dessa análise precisar de um olhar atento por parte do gestor.
- Oferece uma abordagem sistemática para quantificar riscos. O método vai retornar um histograma: possibilitando uma análise da distribuição de probabilidade e intervalo de confiança do sistema totalitário.
- Pode ser computacionalmente intensivo, especialmente para modelos complexos ou quando se deseja alta precisão.
- A precisão das estimativas depende da quantidade de simulações realizadas e da confiabilidade dos dados de entrada. Todos os dados precisam possuir a mesma confiabilidade. Outro ponto, recomenda-se testar com diferentes repetições para entender se o método já convergiu para o resultado esperado.
- Requer conhecimento especializado para aplicação correta e interpretação dos resultados. A escolha incorreta da distribuição de probabilidade e da modelagem sistêmica pode alterar completamente o resultado obtido.

O gestor que aplicar esse método frente a dados de estimativa de tempo, custo e risco deve possuir em mente que os dados disponíveis não terão confiança e precisão suficientes para qualquer afirmação arrogante: é impossível prever o futuro apenas avaliando o desenrolar possível do projeto frente às informações possuídas no momento [32]. O gestor deve ter em mente que o objetivo desta ferramenta é o de analisar os cenários, o comportamento sensível do sistema, e, obter informações que facilitarão o alinhamento frente aos *stakeholders* para com a decisão tomada. Sendo assim, vale enfatizar que o método está sendo apresentado de forma superficial voltado à agilidade. Porém, o gestor aventureiro pode se aprofundar na ferramenta buscando melhorias: existem metodologias para avaliação de modelos, precisão, confiabilidade, critério de parada, teste de inferência, entre outros.

Para aplicar o modelo descrito pela Tabela 5 o código da Figura 20 foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Python. Vale avaliar que o código foi feito sob medida para essa modelagem e leva em consideração que todas as tarefas estão avaliadas sob a distribuição de probabilidade normal. Qualquer ferramenta que consiga gerar populações de dados que seguem distribuições de probabilidade são candidatas para adaptar modelos de simulação.

De acordo com Figura 20 os passos lógicos:

1. Gerar uma população de observações dentro dos intervalos de confiança para cada tarefa
2. Enfatizar a duração dos caminhos possíveis. Nessa fase é quando enfatizamos condicionais lógicos ou outros tipos de dependência caso exista;
3. Para cada população: escolher o caminho crítico originado das durações observadas;

A Figura 21 apenas coleta os resultados das 10000000 iterações organiza em um histograma para facilitar a visualização.

```

import numpy as np

n_sim = 10000000 #Numero de vezes a simular

#Lista das tarefas e suas distribuições
#np.random.normal(media,desvio,tamanho do vetor)
#Cada posicao no vetor eh um exemplo colhido seguindo a distribuicao
task_A = np.random.normal(4.67,1.33,n_sim)
task_B = np.random.normal(10.17,1.5,n_sim)
task_C = np.random.normal(5.5,1.17,n_sim)
task_D = np.random.normal(5,0.33,n_sim)
task_E = np.random.normal(9.17,1.5,n_sim)
task_F = np.random.normal(10.5,1.5,n_sim)
task_G = np.random.normal(7.83,0.5,n_sim)
task_H = np.random.normal(9,2,n_sim)

#Modelagem usando Método dos Caminhos Críticos
#Caminhos possiveis pela rede
path_1 = task_A + task_F
path_2 = task_A + task_D + task_E
path_3 = task_B + task_D + task_E
path_4 = task_B + task_G + task_H
path_5 = task_C

#Caminhos Críticos Observados
#Caminho Critico é o maior caminho dentro de uma posicao
cpm_epochs = []
for i in range(n_sim):
    paths = np.array([path_1[i], path_2[i], path_3[i], path_4[i], path_5[i]])
    cpm_local = np.max(paths)
    cpm_epochs.append(cpm_local)

cpm_report = np.array(cpm_epochs)
print(cpm_report)

```

Figura 20 - MMC para exemplo educativo.

```

import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure()
plt.hist(cpm_report, density = True)
plt.xlabel("Duração")
plt.ylabel("Densidade Probabilidade")
plt.title("Método Monte Carlo para Exemplo Educativo")
plt.grid()
plt.show()

```

Figura 21 - Plot do histograma para o exemplo educativo

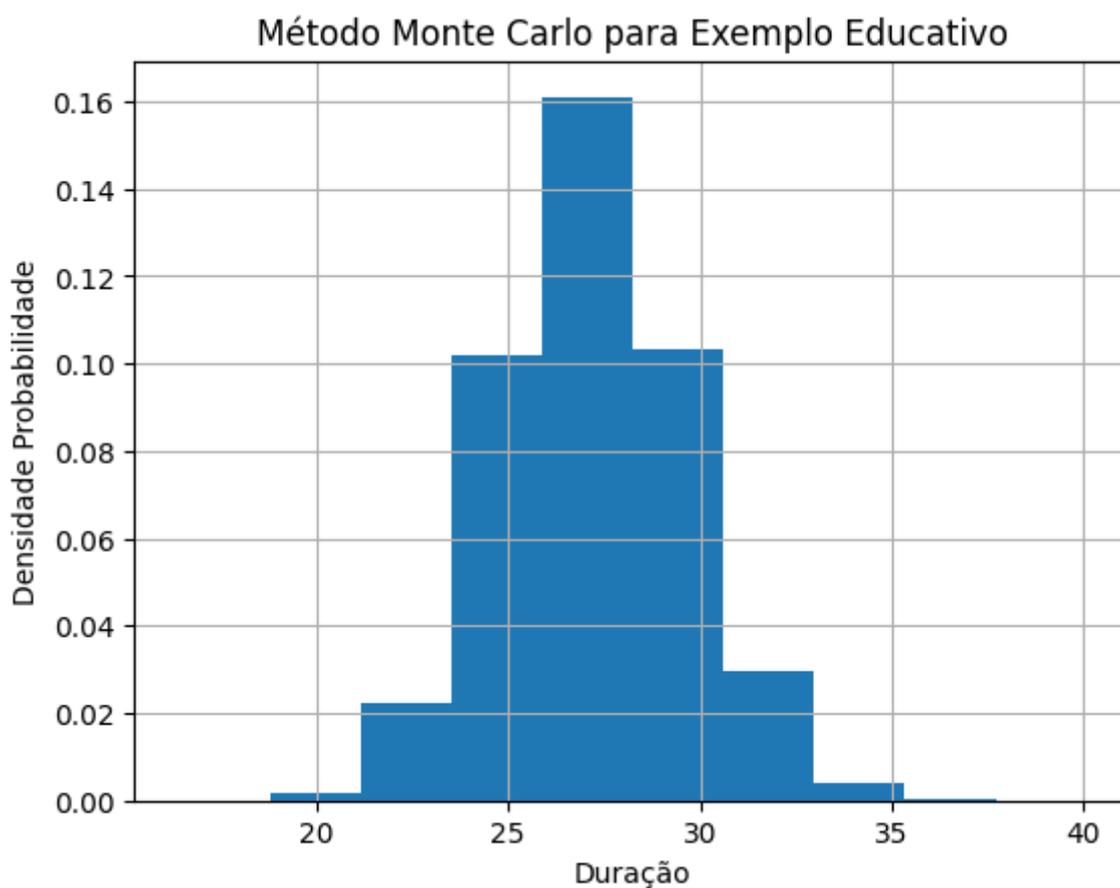


Figura 22 - Histograma do exemplo educativo

Analisando a Figura 22, é possível perceber com confiabilidade de 95,5% (origem do intervalos de confiança, baseada nas informações presentes), que a maior parte da densidade de probabilidade está para 33 dias: similar à análise sem o PERT, porém, é possível avaliar que existe chance uma baixa do projeto ultrapassar esses 33 dias.

O gestor com esses dados em mãos poderia definir uma chance com base em requisitos ou exigências e então explicar o porquê da decisão com base nas informações apresentadas. O limiar de chance depende do apetite de risco dos *stakeholders* e da equipe. A partir desta análise o gestor pode buscar tratar as chances: avaliando via consultoria externa, aumentando o número de pessoas ou refinando os prazos otimistas, mais prováveis e pessimistas junto à equipe.

Outra possibilidade de análise: aproveitando a lógica das mesmas linhas de código é possível definir qual tarefa tem maior influência sobre o total: e focar a energia em tratar essa tarefa em específico: análise de sensibilidade.

2.9 Gestão de Ativos e Análise do Ciclo de Vida (LCC):

Para ajudar a entender os riscos que afetam o custo de um projeto, um elemento fundamental é entender os ativos e ter um bom entendimento desses. Por ativo, entenda qualquer investimento ou parte fundamental de um projeto ou companhia que consegue gerar valor para a companhia, ou seja, ele tem potencial de lucro. Uma companhia tende a acumular ativos com um objetivo de agregar valor a um processo ou a uma matéria prima: gerando receita. Porém, um ativo mal gerido pode tornar-se um passivo: retirando ou diminuindo o capital do investidor ao invés de aumentá-lo.

A análise de custo do ciclo de vida (LCC - Life Cycle Costing) é uma abordagem abrangente para avaliar os custos totais associados a um ativo ou projeto ao longo de seu ciclo de vida completo, desde a concepção até o descarte [30]. A esse estudo dá-se o nome de gestão de ativos é estruturada em detalhes pela ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002.

A gestão de ativos tem por objetivos:

- Planejar a estratégia e os requisitos funcionais e não-funcionais;
- Analisar o ciclo de vida dos ativos;
- Estabelecer indicadores para controle.

Estabelecer o ciclo de vida de um ativo significa entender e gerir:

- Especificações
- Orçamentos e inflação
- Custo de operação
- Custo de treinamentos
- Custos de Manutenção
- Renovação e/ou substituição
- Descarte

A análise de risco, portanto, está conectada à fase deste ativo. São exemplos de tópicos que valem a atenção:

- O plano de negócio é maduro e resiliente?
- O processo de produção foi refinado?

- O processo de produção possui algum risco intrínseco ligado à saúde ou ao meio ambiente?
- O ambiente de trabalho está de acordo às normas vigentes?
- Qual a criticidade deste ativo para a linha de produção?
- Quais eventos potenciais podem atingir esse ativo, ou, o plano de negócio que exige esse ativo?
 - Liste o Cenário, o evento causador e as devidas consequências.
 - Através de algum método: represente este risco.
 - Através da análise do risco: crie medidas de controle.
 - Mantenha iterativamente a análise do risco.
- Qual a flexibilidade deste ativo?
- Qual o nível de especialização exigido para manusear e manter esse ativo em pleno funcionamento?
- Existem *players* de mercado para fornecer componentes para esse ativo?
- Qual o prazo o risco sobre *payback* do ativo? Quais as oportunidades?

A partir de questionamentos originados dessa fase, que pode ser extensa ou não: inicia-se o trabalho da engenharia de qualidade, manutenção entre outros.

2.10 Proof Of Concept (POC) ou Prova de Conceito:

Proof of Concept (Prova de Conceito), é uma demonstração ou teste prático de que uma determinada ideia, conceito ou hipótese é viável e pode ser implementada com sucesso. Geralmente, um POC é realizado em uma escala menor do que o projeto final e tem como objetivo validar a tecnologia, a metodologia ou a abordagem proposta [35]. O motivo pelo qual a ideia por trás do POC está sendo apresentada explica-se no fato de o POC ser o começo de muitos projetos e muitos desenvolvimentos. A partir de um POC, um gestor já consegue extrair informações e riscos de maior qualidade.

A primeira coisa que precisa ser feita: deixar o objetivo claro e apresentável. Qual o tamanho do mercado que a solução abrange? Quais são as tendências e demandas atuais do mercado que podem impactar a aceitação do POC? Quem são

os concorrentes diretos e indiretos do POC e qual é a sua participação de mercado? Qual é a proposta de valor única do POC em comparação com as soluções existentes no mercado? Qual o Retorno Sobre o Valor Investido (ROI) desse projeto?

Os questionamentos podem modificar dependendo do escopo do POC, porém, tudo acaba se resumindo a retornos de plano de negócio no final das contas. Caso o POC seja um resultado fragmento em uma tecnologia muito maior: os questionamentos continuam muito similares, mas os clientes são as próprias tecnologias existentes.

A geração proposta de POC, podem estar correlacionadas à metodologias de design de solução, sendo que a tendência atual é voltá-las aos clientes [36]: Quem são os potenciais clientes-alvo para o POC? Quais são as necessidades e dores específicas que o POC visa resolver para os clientes? Como será realizada a aquisição e retenção de clientes durante o teste do POC?

Finalmente, vale apontar que a diferença entre um POC e um teste reside principalmente no escopo e no objetivo. Um POC é uma prova de conceito mais abrangente, onde o foco é validar a viabilidade geral de uma ideia ou conceito, enquanto um teste é mais específico e tem como objetivo testar uma funcionalidade ou aspecto particular de um sistema ou processo.

2.11 Gestão de risco e Análise exploratória:

Em alguns casos, companhias e projetos podem iniciar em uma fase ainda inferior à fase do POC: a análise exploratória. Nesse momento, o gestor está lidando com pouco ou até mesmo nenhuma informação e gestão de risco e o ponto de vista orientado ao gerenciamento ágil deve tornar-se ainda mais forte. O pivoteamento é ainda mais frequente, estratégias de contenção e transparência devem ser ainda mais aplicáveis. São alguns exemplos de riscos:

- Falha de viabilidade técnica ou limitações de recursos ou capacidade tecnológicas ou técnicas;
- O contrato deve prever flexibilidade e o *stakeholder* deve estar alinhado com a possibilidade da ausência de retorno;
- Deve-se avaliar riscos legais e regulatórios;

- Deve-se avaliar riscos ligados à preferências do consumidor: valide a hipótese junto ao cliente o máximo de vezes possível;
- Deve-se avaliar a barreira de entrada para o desenvolvimento deste projeto
- Deve-se avaliar a possibilidade de interrupções na cadeia de suprimentos;
- Deve-se avaliar a ausência de talentos ou competências específicas;
- Deve-se avaliar a resistências sistêmica por parte cultural ou de governança.

O acompanhamento de todos esses riscos gerais somados aos riscos específicos do ramo ou tecnologia, iterados ao longo do tempo, tratados conforme as capacidades de investimento ou apetite do investidor garantirá maior maturidade e resiliência frente à incerteza.

2.12 Quantificando estimativa por meio de Ancoragem:

Ao gerir equipes de desenvolvimento e inovação, faz-se necessário difundir conhecimento, alinhar expectativas, debater prazos e estimativas, debater as tarefas e colher o maior volume possível de informação sobre o projeto que será gerido.

Uma dor existente é: nem sempre a equipe possui um prazo muito claro do que precisa ser feito e os desenvolvedores ou pesquisadores possuem qualificações distintas e características distintas.

Buscando unir os recursos e lidar com ausência de histórico: o gestor pode escolher por quantificar estimativas em tempo por pontos de comparação:

1. A menor tarefa daquela *sprint* é escolhida como o menor período de tempo de desenvolvimento. Todas as demais tarefas serão ancoradas a essa menor tarefa: que é bem conhecida.
2. Comparações são efetuadas entre as demais tarefas buscando entender quantos “pontos de desenvolvimento” serão necessários para tirá-las do papel.
3. É importante que todos os executores estejam presentes para que haja difusão de conhecimento e alinhamento de escopo;
4. Por fim, o gestor pode escolher quantos pontos de execução a *sprint* pode abrigar.

5. Ao final da *sprint* a equipe realiza uma *retrospectiva* com objetivo de entender se existem possibilidades de melhorias e capturar a velocidade da equipe. Neste momento o gestor tem a chance de estruturar um histórico para melhorar as próximas estimativas.

O gestor com os pontos de execução em mãos precisará converter essa nova unidade à unidade do tempo. Quanto tempo vale um ponto de execução?

A esta etapa existe um contra conceitual nesse método: se o prazo no tempo correlacionado à âncora for subestimado: todas as demais tarefas serão proporcionalmente subestimadas. Da mesma forma, se a âncora for superestimada, as demais tarefas serão proporcionalmente superestimadas [37].

Uma dificuldade que o gestor pode enfrentar é a dificuldade em definir a quantidade de “pontos de execução em uma tarefa”. Nesse contexto, este pode-se utilizar da lei de Weber-Fechner [34].

A lei de Weber-Fechner propõe que a sensibilidade humana está correlacionada ao percentual comparativo entre os valores sentidos e não ao valor absoluto em si: para qualquer escala perceptível. Sendo assim, uma pessoa consegue diferenciar com precisão 1 kg de 2 kg, porém, pode ter dificuldades em diferenciar 20 kg de 21 kg.

Dessa forma, caso o gestor perceba que seus executores estão sentindo dificuldades em sensibilizar comparações e estimativas, este pode utilizar-se de escalas que mantêm proporções constantes, entre elas, a proporção áurea ou até mesmo alguma outra escala exponencial.

2.13 Gráfico de *Burndown*:

O *Burndown Chart* (ou gráfico de *burndown*) é uma ferramenta visual comumente usada em metodologias ágeis de gerenciamento de projetos, como o Scrum e sua utilidade prática está para acompanhar o progresso do trabalho ao longo do tempo [10]. Ele mostra a quantidade de trabalho restante em relação ao tempo disponível para concluí-lo.

O eixo horizontal do gráfico representa o tempo, geralmente em dias ou iterações, enquanto o eixo vertical representa a quantidade de trabalho ou “pontos de execução” restantes.

O objetivo do burndown é mostrar a tendência de progresso da equipe em relação ao plano estabelecido. O gestor pode colocar no gráfico, alguns “*milestones*” para que este consiga analisar a disparidade entre o que era esperado e o que está sendo executado, sendo o principal deles, o prazo limite acordado.

Existem diversas ferramentas de gestão de tarefas e Kanban que automaticamente atualizam o gráfico de Burndown, porém, na ausência de ferramentas automatizadas o gestor pode utilizar informações obtidas nas *daily* (reuniões de alinhamento diário realizadas por equipes SCRUM) para manter esse gráfico atualizado.

Através da análise crítica, o gestor obterá informações do status de execução do projeto prematuramente: podendo criar medidas de contenção, ou, comunicar os *stakeholders*.

2.14 Expected Monetary Value (EMV):

O Expected Monetary Value (EMV), ou Valor Monetário Esperado [10] [39], é uma técnica utilizada na gestão de riscos para gerar uma nota de classificação para um risco: considerando que todo risco seja convertido para um custo monetário. Seu cálculo segue a Equação 6.

$$EMV = P_{Risk} * I_{Risk} \quad (6)$$

A importância prática do EMV na gestão de riscos reside em sua capacidade de fornecer uma medida quantitativa do impacto financeiro esperado de diferentes eventos de risco: possibilitando ao gestor comparar diferentes decisões e ponderar o nível financeiro necessário [39].

3. DESENVOLVIMENTO:

Durante a entrevista com os coordenadores do laboratório, foi evidenciado que o laboratório enfrenta desafios em sua gestão de projetos e processos. As dores relatadas foram:

- Erros recorrentes nas estimativas de prazo: impactando negativamente o retorno sobre o investimento (ROI) dos projetos e na reputação do laboratório;
- Dificuldades na estimativa de custos: parte dessa dor pode estar relacionada à estimativa de prazo, mas também, estar relacionado a ativos não previstos durante a análise de alto nível realizada pelos experts, ou ao ciclo de vida de ativos. É evidente que este fator também impacta o ROI e a reputação do laboratório.
- Necessidade de lidar com a escassez de profissionais qualificados: por se tratar de pesquisa de ponta, boa parte dos requisitos não são encontrados no mercado.

Apesar da diversidade dos tópicos, após um refinamento, concluíram que a principal dor a se endereçar é o erro na estimativa de tempo do projeto.

Algumas ferramentas e metodologias foram revisadas de forma a abordar soluções práticas para esses desafios. Primeiramente, foram revisadas e analisadas as metodologias de gestão de riscos, incluindo a ISO 31000 e as práticas do PMBOK. Em seguida, foram exploradas as mais diversas ferramentas em gestão de cronograma e custos. Muitas dessas ferramentas, porém, não abordam incertezas e efeitos gargalos que a limitação aos recursos podem trazer ao projeto [26].

O principal objetivo deste artigo é a de construir abordagens abrangentes que integrem técnicas de gestão de cronograma às técnicas de gestão de risco e aplicá-las ao caso de uso em um laboratório de pesquisa e desenvolvimento, conforme a Figura 23. O gestor deve portanto, buscar garantir que a gestão de risco seja sempre iterada a cada *sprint*, e que os prazos levem em consideração os riscos observados diretamente: seja via indução, seja via estimativas de PERT, seja via simulação.

Vale enfatizar, que ao aplicar metodologias de gestão de riscos em conjunto com técnicas de gestão de projetos e ativos, o laboratório não somente melhora as

estimativas de tempo como ampliará a resiliência do projeto, otimiza recursos e melhora o alinhamento de expectativas junto à governança e aos *stakeholders*.

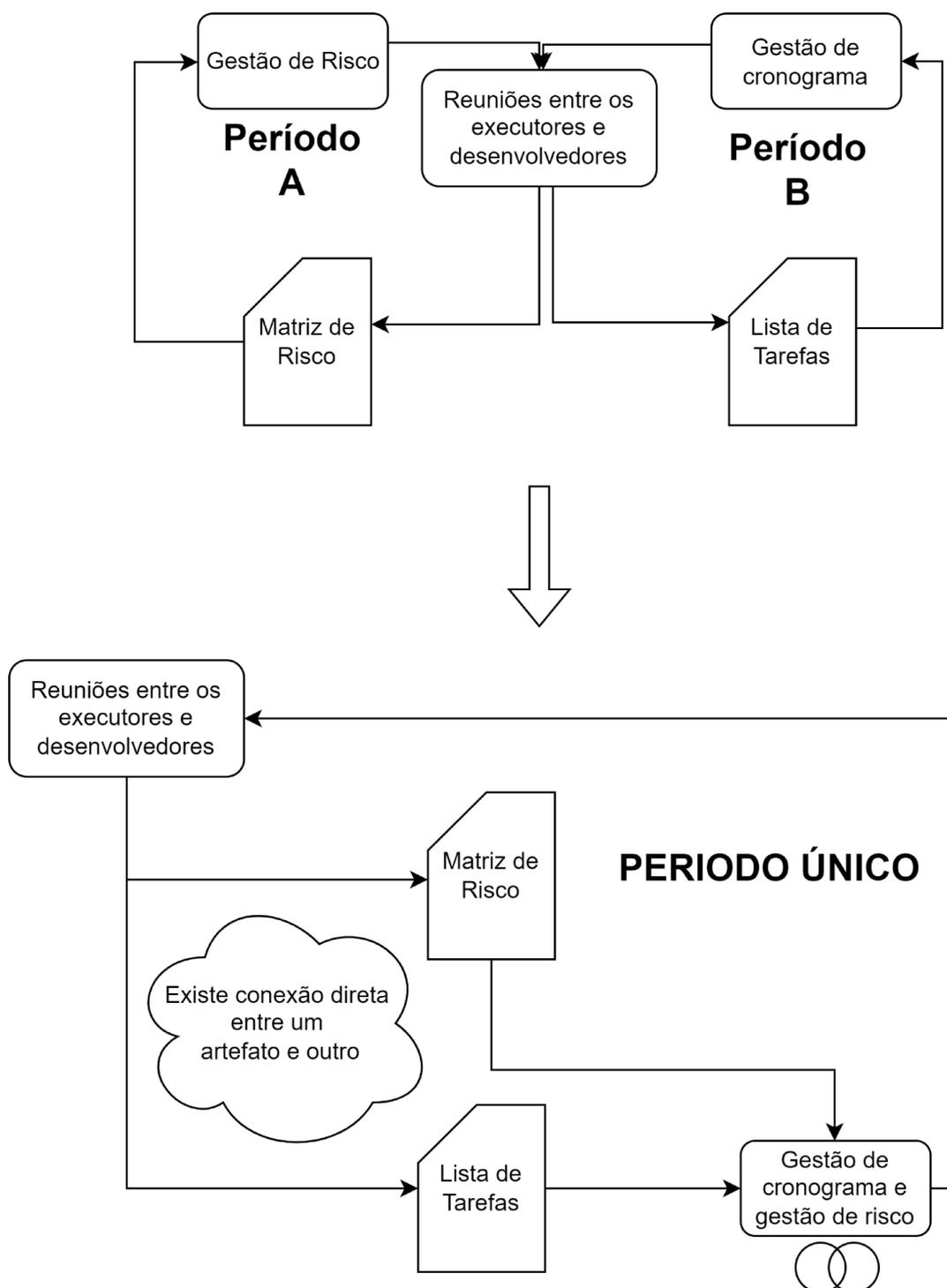


Figura 23 - Modelos para estimação de prazos devem levar em consideração a união entre gestão de cronograma e gestão de risco.

3.1 Analisando o Escopo da Atividade de Pesquisa e Desenvolvimento:

O escopo de pesquisa e desenvolvimento de um laboratório pode ser bastante abrangente e variado, conforme Figura 24, dependendo do setor de atuação, dos objetivos da organização e das demandas do mercado. No entanto, as atividades de um laboratório de pesquisa e desenvolvimento geralmente envolve atividades como:

- **Pesquisa Científica:** Investigação de novos conceitos, teorias e fenômenos nas áreas de interesse do laboratório. Isso pode incluir estudos fundamentais em ciências naturais, como química, física, biologia, entre outras, ou em campos mais aplicados, como engenharia, tecnologia da informação, medicina, entre outros.
- **Desenvolvimento de Tecnologia:** Transformação dos resultados da pesquisa em soluções práticas, produtos ou serviços. Isso pode envolver a criação de protótipos, testes de viabilidade (POC), otimização de processos e adaptação de tecnologias existentes para novas aplicações.
- **Colaboração e Parcerias:** Colaboração com outras instituições de pesquisa, universidades, empresas e órgãos governamentais para compartilhar conhecimento, recursos e experiências. Isso pode incluir projetos conjuntos de pesquisa, participação em consórcios ou programas de financiamento colaborativo.

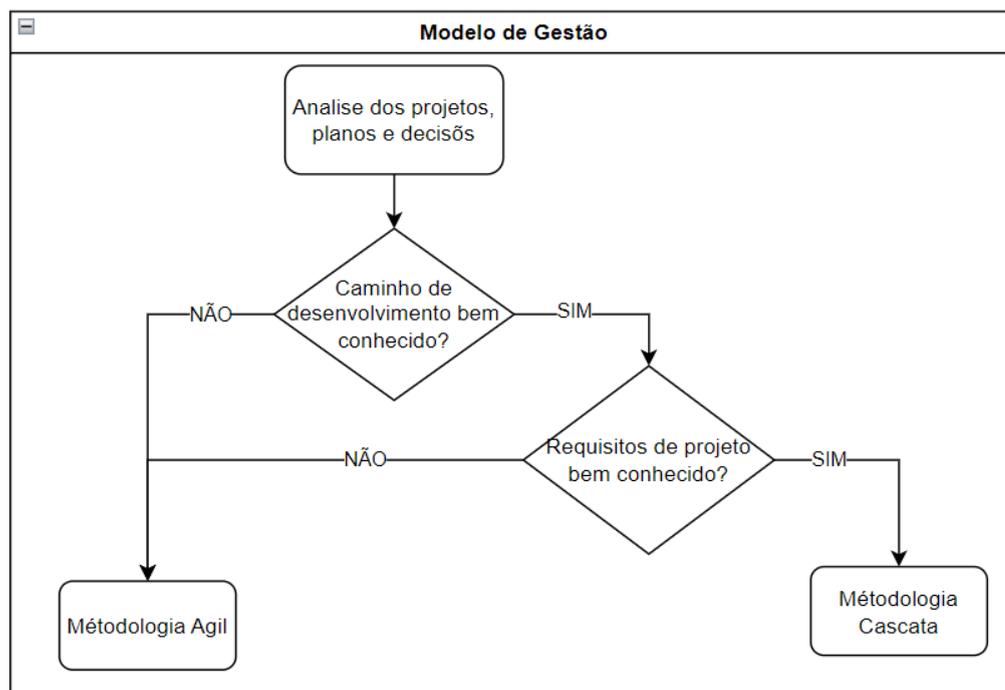


Figura 24 - Diagrama de decisão simplificado sobre o modelo de gestão recomendado.

No contexto de pesquisa e desenvolvimento, é comum encontrar situações em que o conhecimento sobre o caminho de desenvolvimento seja parcial ou mesmo inexistente. Isso ocorre especialmente em projetos que exploram territórios desconhecidos ou lidam com tecnologias emergentes. Nessas situações, é altamente recomendado adotar abordagens flexíveis e adaptativas, como metodologias ágeis, que permitem a experimentação, iteração e aprendizado contínuo ao longo do processo de desenvolvimento: o cenário subótimo é previsto e a ideia central é abraçar as imperfeições e permitir o pivotamento rápido: adquirido a partir de análises exploratórias, POCs e entrevistas com clientes e *stakeholders*. As abordagens ágeis não preveem o futuro, porém, são essenciais para lidar com a incerteza e a complexidade inerentes à pesquisa e desenvolvimento, pois permitem que os laboratórios avancem em direção a seus objetivos mesmo diante de cenários desafiadores.

Da mesma forma, conforme a Figura 23, é importante que o gestor itere melhorias na gestão de risco: isto porque os riscos podem ser altamente voláteis, complexos, ambíguos, dependentes do tempo e interdependentes [10]. Sendo assim, como estimativas são dependentes da gestão de risco, é importante que a

cada sprint o gestor reavalie a matriz de risco ligada ao projeto, definindo então um dos fatores essenciais no comprometimento da gestão de risco do projeto.

Em resumo o contexto de gestão abraça as incertezas e aceita os erros com o pretexto de permitir a recalibração frequente do projeto.

3.2 Escolhendo Ferramentas de Gestão e Alinhando Expectativas:

Nesse meio tempo, metodologias de gestão de cronograma e custo devem ser vistas como peças em um quebra cabeça: cada ferramenta possui seu caso de uso: o diagrama de Gantt tem maior eficiência em mostrar o plano de uma visão superior, ou seja, com as tarefas extremamente agrupadas e sob pretexto de apresentação para os *stakeholders* que aceitam a incerteza do processo. Caso o gestor precise lidar com estimativas mais precisas e *stakeholders* que não sejam tão exigentes, este, pode começar a utilizar redes de precedência: essa ferramenta vai induzir o projeto a possuir maior acurácia na estimativa, e vai fornecer uma visão técnica superior, porém, ela não fornece uma apresentação visual muito agradável. Por fim, caso o nível de exigência seja alto, o gestor pode passar a utilizar estimativas de PERT e técnicas de simulação como MMC, pois, técnicas que envolvem análises estatísticas e confiabilidade tendem a facilitar o alinhamento entre os contratados e os contratantes. É extremamente importante que os *stakeholders* e os contratantes entendam que estimativas de prazo e custos não refletem necessariamente o futuro (são incertos).

É papel do gestor, portanto, equilibrar a quantidade de recursos que deve ser utilizado em estimar prazos e custos ao invés de executar o plano em si. Vale lembrar que a estimativa de prazo e custo possui sua importância vinculada ao investimento necessário e ao ROI.

3.3 Gestão de Risco e Estimativas:

As metodologias aqui propostas serão aplicadas e comparadas com base em um *high level design* fictício baseado em um projeto que um laboratório pode vir a passar.

Para redefinir as técnicas de gestão de cronograma e custos, unindo a gestão de cronograma à gestão de risco, o gestor pode caminhar por no mínimo três caminhos: seguindo do menos acurado ao mais acurado respectivamente:

1. Apenas notificar aos experts os riscos aos quais a equipe está imersa, Figura 25: a lista de tarefas cria cenários que induzem descobertas de novos riscos. A matriz de risco induz novos tratamentos e refina as listas de tarefas. O ciclo itera até a equipe de experts sentirem robustez no planejamento. Nesse processo as estimativas são refinadas por meio da comunicação.

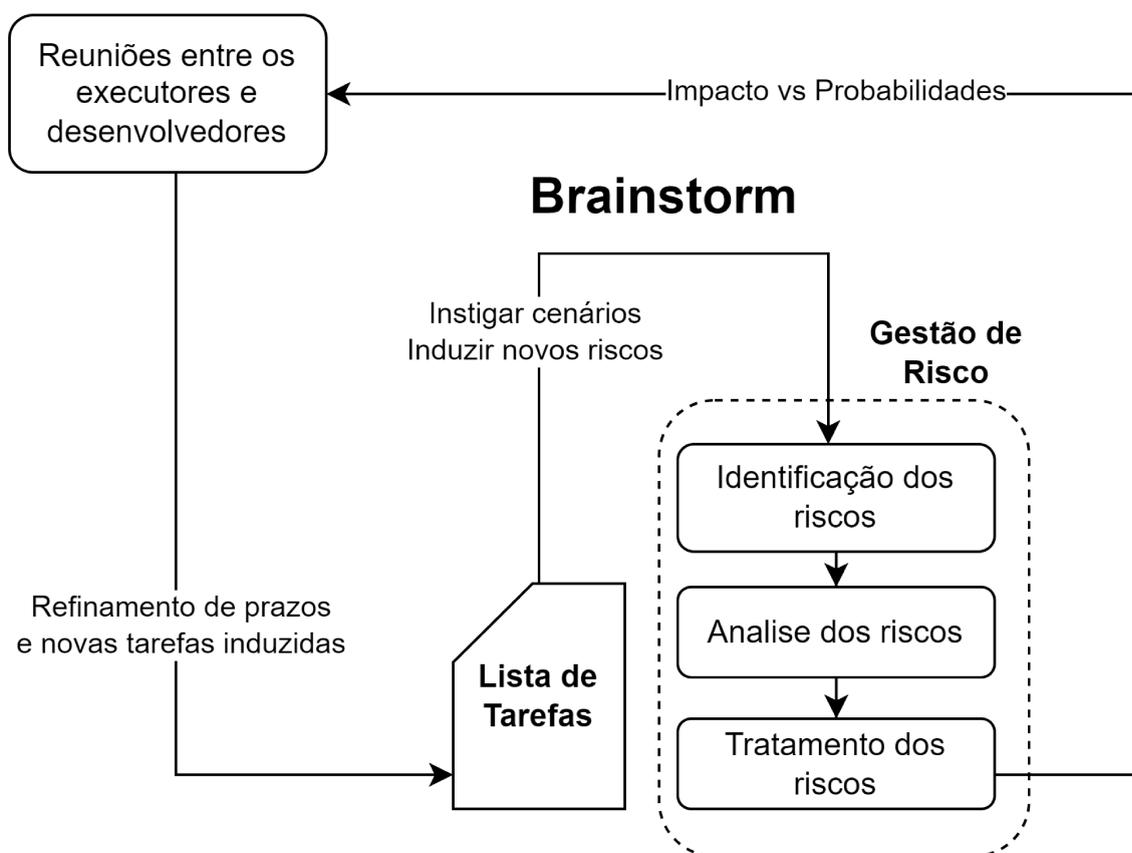


Figura 25 - Ciclo de indução mútua entre lista de tarefas e matriz de risco.

2. Realizar a fusão dos dados de impacto da matriz de risco a partir da metodologia de estimativas de três pontos (PERT), Figura 26:
 - a. Pedir à equipe técnica e aos experts que estimem os prazos com base na estimativa de três pontos (PERT), capturando o prazo otimista, mais provável e pessimista de cada tarefa;
 - b. Definir junto à equipe e responsáveis, o apetite ao risco ao qual deseja-se levar em consideração no momento da estimativa;

- c. Agora, utilizando a matriz tradução, somar todos os impactos que estão acima do limiar de risco tolerado no prazo pessimista da soma total de todas as tarefas listadas;
- d. O gestor pode então visualizar o intervalo de confiança proposto pela metodologia de PERT.

É possível observar na Figura 26, que existe uma interferência direta entre os riscos identificados e listados e a estimativa final obtida. Da mesma forma, toda vez que o gestor refinar estimas de tempo e custo: como os riscos são levados em consideração: a matriz de risco deve ser refinada juntamente e uma sugestão é utilizando *brainstorm* para o identificações de novos cenários antes não previstos devido à distância entre as tarefas e o risco.

Outro ponto a se observar é que o tratamento de risco pode diminuir o impacto ou a probabilidade dos riscos que serão levados em consideração. Aqui o gestor consegue visualizar na prática os impactos dos tratamentos dos riscos.

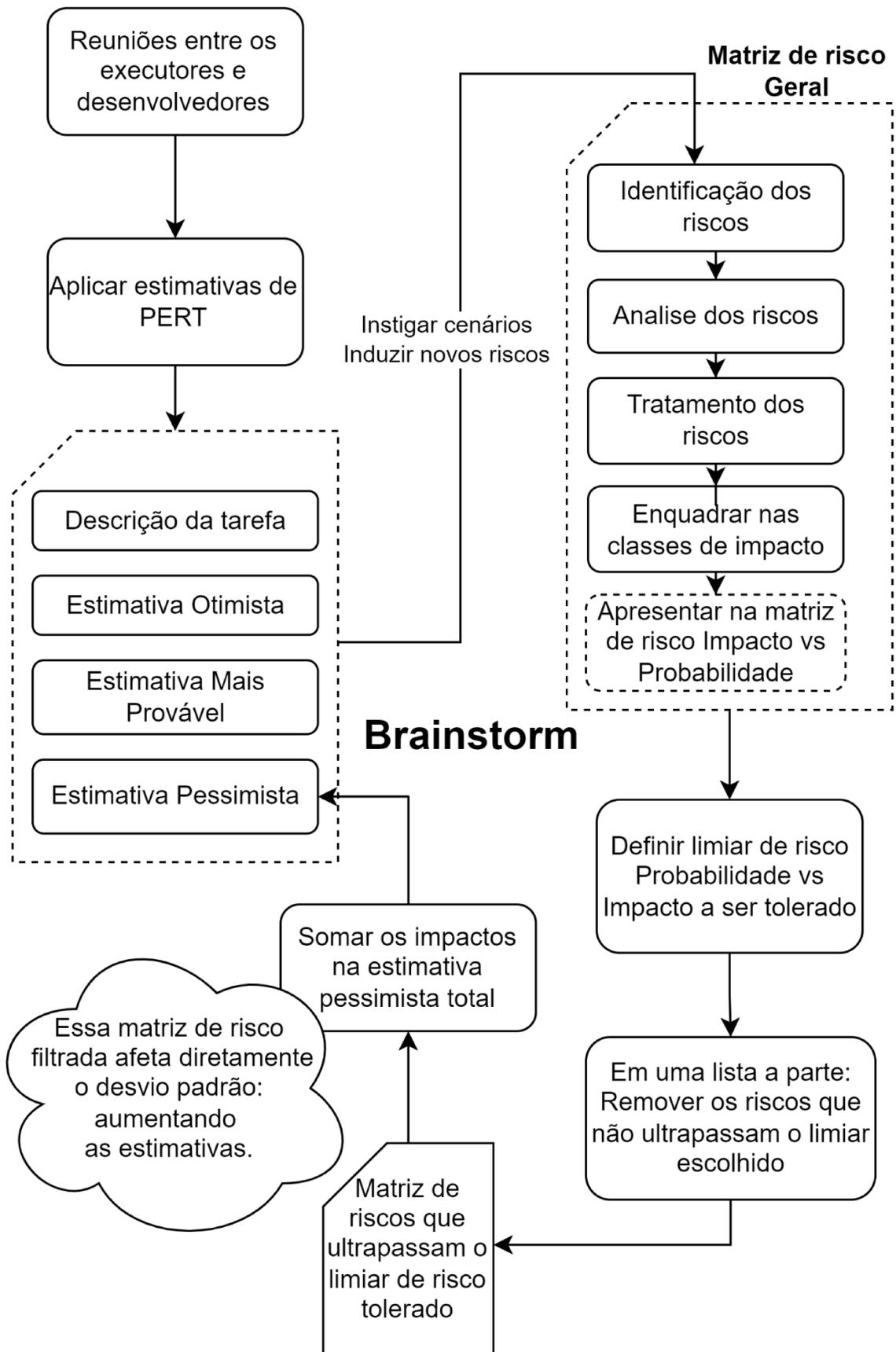


Figura 26 - Agregando impacto dos riscos nas estimativas utilizando PERT.

3. Realizar a fusão os dados da matriz de risco de uma maneira totalitária a partir de um método de simulação, como por exemplo MMC, seguindo os passos listados na Figura 27.
 - a. Pedir à equipe técnica e aos experts que estimem os prazos com base na estimativa de três pontos (PERT), capturando o prazo otimista, mais provável e pessimista de cada tarefa;
 - b. Utilizando os intervalos de probabilidade e impacto da matriz tradução, construir um modelo de simulação que contabiliza os caminhos de execução ou os pontos de execução e gera observações aleatórias seguindo as probabilidades dos riscos e quando os riscos forem disparados, somando seus impactos.
 - c. O gestor pode então visualizar qual a distribuição de probabilidade das estimativas ou ponto de execução e tomar a decisão com base na chance convergida do histograma gerado pela simulação. Atenção, o gestor deve escolher o número de observações suficiente para que ocorra convergência de resultado no modelo.

Outro tópico que torna a ferramenta poderosa é a possibilidade de utilizar o modelo de simulação para fazer estudo de sensibilidade e iterar quais riscos tratar. O tratamento do risco impacta diretamente o resultado final, pois este tem capacidade de afetar o impacto do risco ou a probabilidade do mesmo. Nesse caso, o tratamento entrará de maneira iterativa.

Na simulação todos os riscos são levados em consideração, e o gestor pode inclusive mapear semáforos para limitar recursos e assim perceber os gargalos e os pontos de maior criticidade.

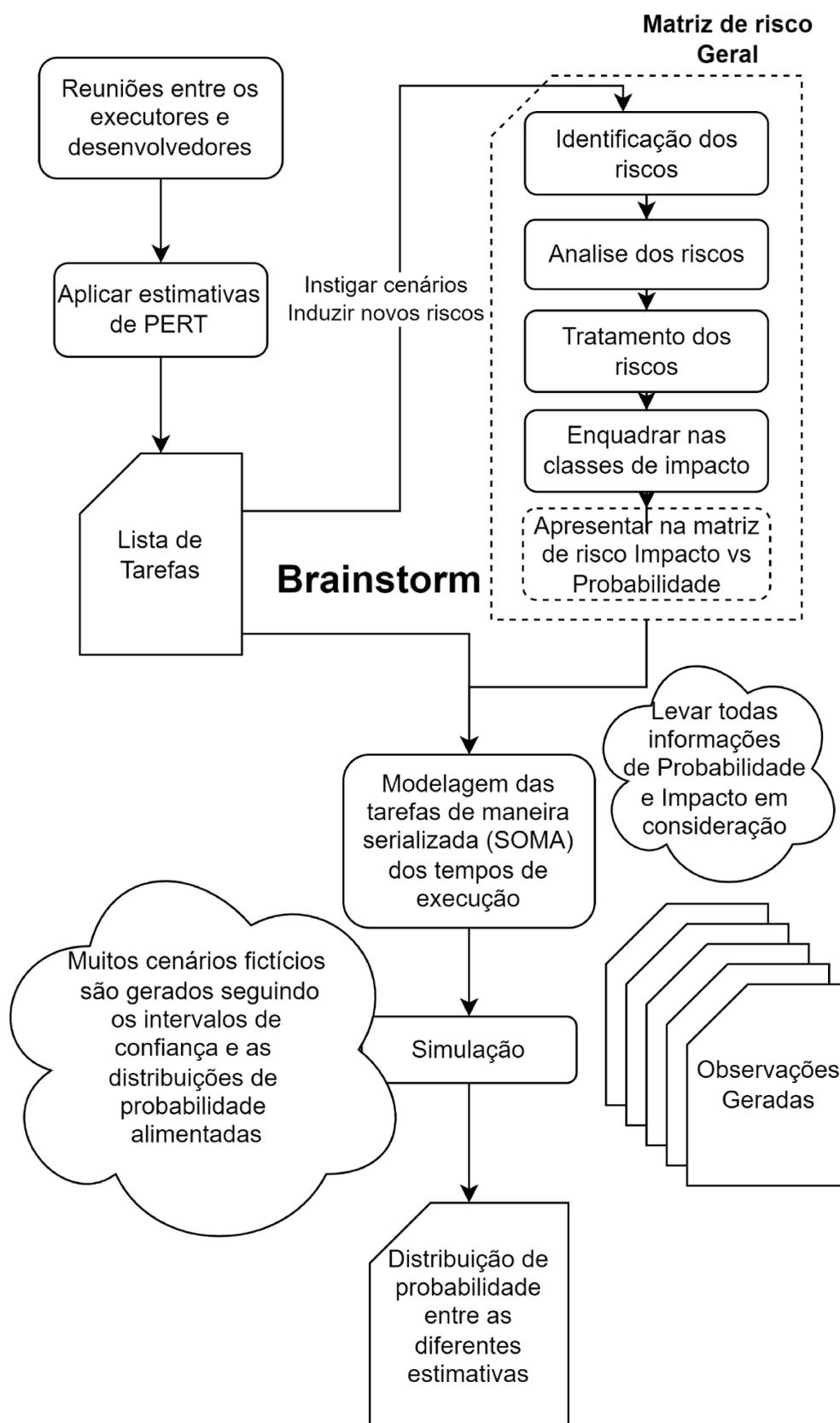


Figura 27 - Agregando impacto dos riscos nas estimativas utilizando Método de Monte Carlo (MMC).

Outra possibilidade que pode ser colhida pelo laboratório para melhorar a estimativa do prazo é aplicar junto aos experts uma avaliação de prazo por ancoragem e escala de prazo seguindo proporção áurea. Desta forma, conforme mencionado no tópico 2.12, a capacidade de sensibilização à comparação no prazo e no custo tende a ser melhorada.

3.4 Analisando Riscos ao Montar Equipes:

Quando lidando com qualificações e perfis pouco comuns em gestão de times e recursos humanos, há uma série de riscos específicos que devem ser considerados. Aqui estão alguns exemplos:

- **Escassez de Talentos Especializados:** O risco de não conseguir encontrar ou contratar profissionais com as habilidades e experiência necessárias para atender às demandas específicas do projeto dentro dos intervalos de orçamento do projeto ou da companhia. Isso pode resultar em atrasos, sobrecarga de trabalho para outros membros da equipe ou comprometimento da qualidade do trabalho. Em alguns casos pode inviabilizar o projeto.
- **Turnover de Pessoal Chave:** A perda repentina de membros da equipe com habilidades especializadas pode representar um risco significativo para o projeto, já que gerará gargalos em recursos chaves. Isso pode ocorrer devido a oportunidades de trabalho mais atrativas, insatisfação no trabalho ou questões pessoais. O turnover de pessoal chave pode levar a interrupções no projeto, perda de conhecimento e experiência e aumento dos custos de recrutamento e treinamento. O risco de turnover deve ser levado em consideração.
- **Dificuldade de Retenção:** Mesmo após a contratação, pode haver o risco de dificuldade em reter talentos especializados, especialmente se houver uma demanda alta no mercado por essas habilidades. Isso pode ser agravado se a empresa não oferecer oportunidades de desenvolvimento profissional, ambiente de trabalho satisfatório ou pacotes de remuneração competitivos.
- **Conflitos de Personalidade ou Culturais:** A diversidade de perfis e qualificações na equipe pode levar a conflitos de personalidade ou culturais que podem prejudicar a colaboração e a coesão da equipe. Isso pode resultar em baixa produtividade, comunicação ineficaz e desmotivação. Faz-se

importante identificar no momento da contratação os aspectos personalidade e culturais: e se esses aspectos estão alinhados com os aspectos da direção.

- **Desenvolvimento de Competências:** O risco de não investir adequadamente no desenvolvimento de competências dos membros da equipe pode resultar em lacunas de habilidades e falta de preparação para enfrentar os desafios do projeto. Isso pode ser especialmente crítico em áreas onde as qualificações são escassas e a formação interna é essencial.
- **Dependência de Indivíduos Chave:** Se certos membros da equipe possuem habilidades especializadas únicas e não podem ser facilmente substituídos, há um risco de dependência excessiva desses indivíduos. Isso pode representar um problema se esses membros da equipe estiverem ausentes por qualquer motivo ou decidirem deixar a empresa.
- **Saúde e direitos:** todos os membros da equipe estão sujeitos a direitos trabalhistas ou afastamentos relacionados a problemas de saúde. Além deste risco que precisa ser observado, vale avaliar a necessidade mínima de dois membros por escopo ou equipe.

Para mitigar esses riscos, é importante adotar uma abordagem proativa na gestão de times e recursos humanos, incluindo estratégias como investimento em desenvolvimento de talentos, programas de retenção de funcionários, diversificação da equipe e criação de planos de sucessão para garantir a continuidade das operações mesmo diante de mudanças na equipe. É evidente que as práticas de treinamento e retenção diminuem o retorno do investimento: mas o gestor deve encarar essas práticas como necessárias, uma vez que o impacto de perda de pessoas chaves, ou, ausência é alto.

Outro ponto é a necessidade do gestor levar em consideração este risco no desenvolvimento de estimativas: devido ao impacto x probabilidade, ou se preferir, devido ao *Expected Monetary Value* (EMV).

3.5 Aplicação de metodologias para projeto de pesquisa e desenvolvimento:

O exemplo a seguir foi inspirado em um projeto que busca investigar os ganhos de implementar técnicas de inteligência artificial em processos de controle industrial: é uma pesquisa e desenvolvimento de um processo emergente.

Nesse contexto, a Tabela 6, Tabela 9, Tabela 7 e Tabela 8 foram desenvolvidas juntamente à equipe de pesquisa e desenvolvimento seguindo a estimativa de três pontos e experiência histórica de casos análogos, e a ancoragem seguindo a lei de Weber-Fechner por sensibilização seguindo a escala de Fibonacci. Vale lembrar que a equipe não levou a gestão de risco em consideração no momento de gerar os prazos e estimativas.

A escala de Fibonacci foi usada para facilitar e promover a sensibilização, melhorando a comparação entre as tarefas de menor granulometria, no caso, a Tabela 6, a elaboração de um relatório de pesquisa, desenvolvimento e engenharia, e as demais tarefas. A escala de Fibonacci foi escolhida pois existe entre um valor e outro da escala, uma diferença proporcional constante de aproximadamente 61,9%. A unidade de duração foi de semanas, pois o time está construindo uma estimativa de uma inovação com base em informações parciais ou até ausentes: a incerteza é elevada devido ao caráter do projeto de inovação e portanto pode não fazer sentido utilizar unidades menores do que semanas.

Tabela 6 - Lista de tarefas com estimativa de tempo otimista, mais provável e pessimista, baseado no *high level design*.

Tarefa	Duração (semanas)		
	Otimista	Mais Provável	Pessimista
Revisão da Literatura	2	13	21
Construção do time de desenvolvimento	8	13	34
Análise e desenvolvimento do banco de dados de teste, treinamento e validação	2	13	21
Desenvolvimento de modelos de IA	3	13	34
Desenvolvimento de Hardware para processamento da Inteligência Artificial em ambiente industrial	5	13	34
Análise do custo benefício	2	5	8
Elaboração do relatório final	1	2	3
TOTAL	23	72	155

Tabela 7 - Matriz adaptação entre classificação de impacto qualitativa dos riscos e seu significado no eixo do custo e do tempo.

EIXOS VISUALIZADOS	MUITO BAIXO (1)	BAIXO (2)	MÉDIO (5)	ALTO (13)	MUITO ALTO (89)
CUSTO [1k]	$C \leq 3$	$3 < C \leq 5$	$5 < C \leq 13$	$13 < C \leq 34$	$34 < C < 233$
PRAZO [semanas]	$D \leq 1$	$1 < D \leq 2$	$2 < D \leq 5$	$5 < D \leq 13$	$13 < D < 89$

Tabela 8 - Matriz de risco contendo a pontuação para priorização Impacto x Probabilidade.

PONTUAÇÃO (SCORE) PARA TOMADA DE DECISÃO						
IMPACTO	MUITO ALTO (89)	8,9	26,7	44,5	62,3	80,1
	ALTO (13)	1,3	3,9	6,5	9,1	11,7
	MÉDIO (5)	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5
	BAIXO (2)	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8
	MUITO BAIXO (1)	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
		MUITO BAIXO (0,1)	BAIXO (0,3)	MÉDIO (0,5)	ALTO (0,7)	MUITO ALTO (0,9)
PROBABILIDADE						

Tabela 9 - Lista de gestão de risco adaptada para a metodologia proposta.

Descrição	Tipo	Impacto	Prob.	Tratamento	Descrição do tratamento
Taxa de câmbio elevada	Risco	Baixo	Baixo	Acompanhar	
Diminuição da taxa de câmbio	Oportunidade	Baixo	Baixo	Acompanhar	
Valorização da tecnologia no mercado	Oportunidade	Muito Alto	Baixo	Ampliar	Efetuar campanhas difundindo as vantagens econômicas em se utilizar esta tecnologia. Divulgar e promover por meio de workshops
Dificuldades com a recepção da cadeia de fornecimento de equipamentos no exterior	Risco	Médio	Baixo	Acompanhar	
Dificuldades com a recepção da cadeia de fornecimento de equipamentos locais	Risco	Baixo	Baixo	Acompanhar	
Inflação elevada	Risco	Baixo	Baixo	Acompanhar	
Catástrofes ambientais	Risco	Muito Alto	Muito Baixo	Compartilhar	Preparar um seguro para maquinários e ativos acima de 150000,00

Descrição	Tipo	Impacto	Prob.	Tratamento	Descrição do tratamento
Incêndio predial	Risco	Muito Alto	Muito Baixo	Compartilhar	Preparar um seguro para a estrutura civil e os maquinários chaves de projeto como computadores, banco de dados e nobreaks.
<i>Turnover</i> de pessoas chaves	Risco	Alto	Baixo	Mitigar	Promover workshops, treinamentos e ambiguidades de funções. Possuir boas relações, atrativos e bom equilíbrio vida pessoal e vida profissional.
Dificuldades em absorver mão de obra especializada e alinhada ao orçamento	Risco	Alto	Alto	Mitigar	Treinar pessoal que está entrando no mercado e portanto possui menor custo vinculado.
Escândalos envolvendo a empresa	Risco	Muito Alto	Muito Baixo	Acompanhar	

A pontuação escolhida para os eixos da Tabela 7 foram construídas utilizando a proporção de Fibonacci. A nota de pontuação dada pelos eixos representam os mesmos saltos entre o custo e o prazo: mantendo a consistência de toda a tabela. A faixa final de impacto “Muito Alto” foi escolhida por base no custo máximo que o projeto pode absorver para o risco.

A pontuação construída e representada pela Tabela 8 leva então em consideração as diferentes sensibilidades e a pontuação desta tabela tem por objetivo ajudar o gestor a definir o apetite de risco ao qual pode ajudar na tomada de decisão no momento de tratamento deste, e também ajuda na priorização das tarefas. O eixo da probabilidade foi projetado conforme o eixo padrão advindo do PMBOK, na Figura 9.

O gestor que observa a Tabela 8 pode utilizar-se de uma estratégia similar ao *Expected Monetary Value* (EMV) para comparar as diferentes classes: ao observar o eixo de custo da Tabela 7, é possível observar que 1 ponto na escala significa um máximo de 3000,00 de prejuízos e como a pontuação dos eixos seguiram mesma proporção: pode-se seguir o mesmo raciocínio. Nesse exemplo em específico os gestores decidiram por evitar custos acima de 15000,00 (50 pontos na escala da

Tabela 8) representado pela coloração vermelha, e, comprar riscos abaixo de 5000,00 (1,66 na Tabela 8) representados pela coloração verde. Portanto, riscos de coloração branca exigem análises, tratamentos, alarmes, acompanhamentos e manutenções de maneira mais focada. Vale lembrar também, que todos os riscos devem ser revisitados durante a iteração da *sprint*, pois a classificação de riscos que antes eram aceitáveis podem vir a se tornar inaceitáveis: exigindo um tratamento. Da mesma forma, um risco que hoje está em um patamar inaceitável pode se tornar aceitável após o tratamento.

A Tabela 9 leva em consideração os riscos comuns analisados na fase de plano de negócio, e riscos vinculados às dores relatadas pelo laboratório. O tratamento é realizado por meio da observação lado a lado da Tabela 7 e Tabela 8.

3.5.1 Prazo seguindo estimativas de PERT puro:

Ao aplicar a Equação 1 e Equação 2 à uma acurácia de 95,5%, considerando distribuição de probabilidade normal, obtemos uma estimativa de prazo de aproximadamente 122 semanas.

O próprio método considerou, então, a possibilidade de um desvio devido às incertezas intrínsecas das tarefas, gerando um sobre-prazo em relação à soma das estimativas “mais prováveis” de 50 semanas, porém, ficando abaixo das estimativas pessimistas em 33 semanas.

3.5.2 União da matriz de risco à estimativa por estimativas de PERT:

Seguindo a segunda metodologia proposta no tópico 3.3: os riscos da Tabela 9 foram filtrados pelo apetite ao risco que foi definido em cinco mil no eixo do custo, ou, duas semanas no eixo do tempo, obtendo a Tabela 10.

Tabela 10 - Lista de risco filtrada pelo apetite ao risco.

Descrição	Pontuação	Impacto	Média Intervalo Prazo
Catástrofes ambientais	8,9	Muito Alto	51
Incêndio predial	8,9	Muito Alto	51
<i>Turnover</i> de pessoas chaves	3,9	Alto	27
Dificuldades em absorver mão de obra especializada e alinhada ao orçamento	9,1	Alto	27
Escândalos envolvendo a empresa	8,9	Muito Alto	51
Total do acréscimo pessimista:			207

Somando 207 semanas ao total do prazo pessimista da Tabela 6 e aplicando a metodologia de estimativas de três pontos ou PERT e considerando 95,5% de acurácia na distribuição normal, o gestor obteria 225 semanas de prazo. Nesse caso, gerando um sobre-prazo em relação à soma das estimativas “mais prováveis” de 154 semanas, porém, ficando abaixo das estimativas pessimistas em 137 semanas.

A diferença no prazo entre aplicar a estimativa de PERT sem levar em consideração os riscos e levando em consideração os riscos filtrados pelo apetite e somados na estimativa pessimista é de 103 semanas. Houve então um incremento na estimativa inicial de aproximadamente 84%.

A início esta diferença parece grande, porém, de acordo com os dados de [40] os projetos do banco de dados em seu estudo infringiram as estimativas iniciais em aproximadamente 100%.

3.5.3 União da matriz de risco à estimativa por simulação:

Para a utilização da simulação a estimativa de PERT utilizará o intervalo de confiança de 95,5% da distribuição normal na Tabela 6 assim como utilizado no tópico 3.5.1.

A diferença, é o caminho de execução será modelado considerando todos os riscos da Tabela 9.

A modelagem realizada não considera o caminho crítico (CPM) e sim horas homens executadas, ou se preferir: pontos de execução, isto, para considerar o recurso humano limitado. Porém, o gestor pode modelar conforme a lógica de semáforos e separar os intervalos de confiança tarefa a tarefa. Para esse exemplo, todas as tarefas são consideradas dentro de um único intervalo de confiança já que não houve estudo de sensibilidade ou de cenários, e, ficando proposto ao leitor a flexibilização do método.

O código da Figura 28, Figura 29 e Figura 30 se referem ao teste de lógica. Como é possível observar, dentro de uma distribuição uniforme no caso do teste, obtemos o resultado final como sendo 30% no valor de quatro.

```
import numpy as np

n_sim = 100000 #Numero de vezes a simular

#Lista das tarefas e suas distribuições
#np.random.normal(media,desvio,tamanho do vetor)
#Cada posicao no vetor eh um exemplo colhido seguindo a distribuicao

def SomaSePassar(impacto,probabilidade):
    valorAleatorio = np.random.uniform(0,1)
    if(valorAleatorio < probabilidade):
        return impacto
    return 0

cpm_epochs = []
for i in range(n_sim):
    #Modelagem:
    tasks = 0
    risk_1 = SomaSePassar(4,0.3)
    risks = risk_1
    path = tasks + risks;
    cpm_epochs.append(path)

cpm_report = np.array(cpm_epochs)
print(cpm_report)
```

Figura 28 - Modelagem teste para avaliar o código da modelagem.

```
import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure()
plt.hist(cpm_report, density = True, bins=int(np.max(cpm_report)))
plt.xlabel("Duração")
plt.ylabel("Densidade Probabilidade")
plt.title("Método Monte Carlo para exemplo teste")
plt.grid()
plt.show()
```

Figura 29 - Modelagem teste referente ao gráfico

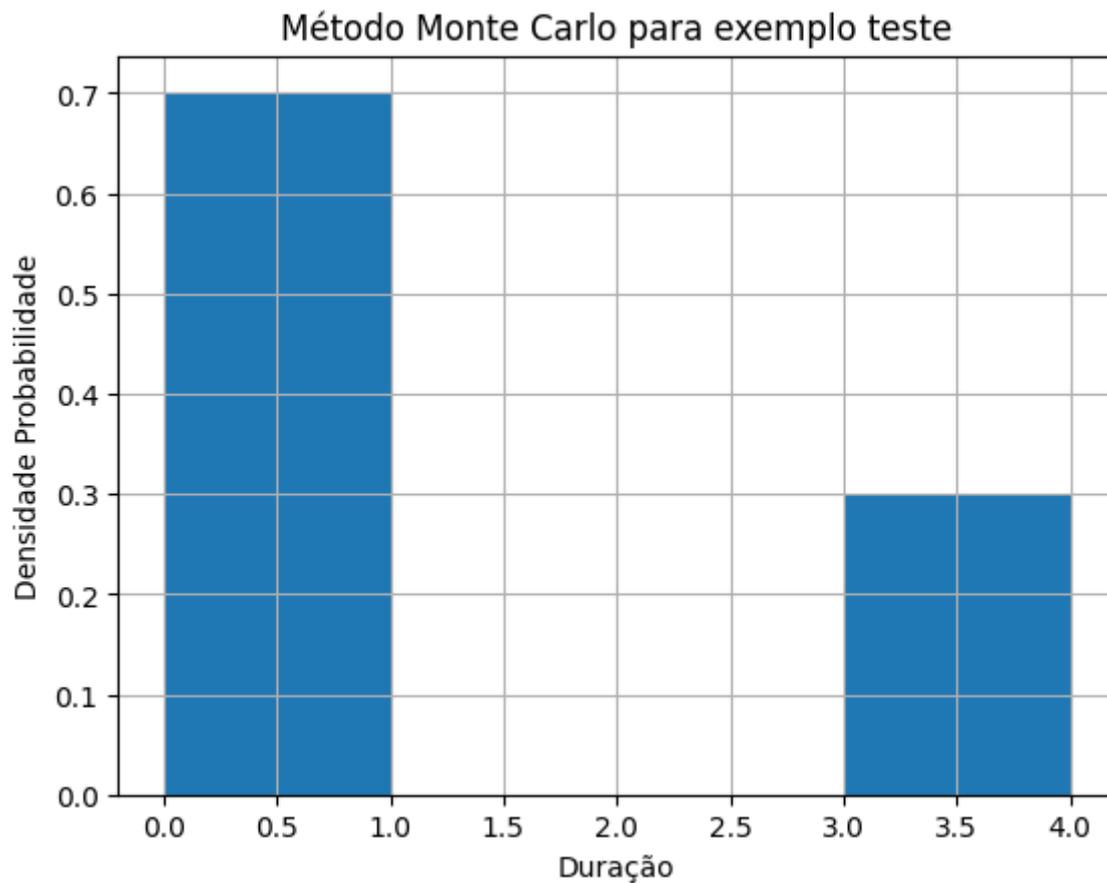


Figura 30 - Resultados do modelo teste.

Executando então a lógica testada ao caso real, obtemos Figura 31, Figura 32 e seu resultado apresentado pela Figura 33.

```

import numpy as np

n_sim = 100000 #Numero de vezes a simular

#Lista das tarefas e suas distribuições
#np.random.normal(media,desvio,tamanho do vetor)
#Cada posicao no vetor eh um exemplo colhido seguindo a distribuicao

def SomaSePassar(impacto,probabilidade):
    valorAleatorio = np.random.uniform(0,1)
    if(valorAleatorio < probabilidade):
        return impacto
    return 0

cpm_epochs = []
for i in range(n_sim):
    #Modelagem:
    tasks = np.random.normal(77.66,22)
    risk_1 = SomaSePassar(4,0.3)
    risk_2 = SomaSePassar(4,0.3)
    risk_3 = SomaSePassar(51,0.3)
    risk_4 = SomaSePassar(9,0.3)
    risk_5 = SomaSePassar(4,0.3)
    risk_6 = SomaSePassar(4,0.3)
    risk_7 = SomaSePassar(0.5,0.1)
    risk_8 = SomaSePassar(51,0.1)
    risk_9 = SomaSePassar(23.5,0.3)
    risk_10 = SomaSePassar(23.5,0.7)
    risk_11 = SomaSePassar(51,0.1)
    risks = risk_1 + risk_2 + risk_3 + risk_4 + risk_5 + risk_6 + risk_7 + risk_8 + risk_9 + risk_10 + risk_11
    path = tasks + risks;
    cpm_epochs.append(path)

cpm_report = np.array(cpm_epochs)
print(cpm_report)

```

Figura 31 - Modelagem da simulação realizada.

```

import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure()
plt.hist(cpm_report, density = True, bins=int(np.max(cpm_report)))
plt.xlabel("Duração")
plt.ylabel("Densidade Probabilidade")
plt.title("Método Monte Carlo para exemplo teste")
plt.grid()
plt.show()

```

Figura 32- Parte do código responsável pela geração de gráficos.

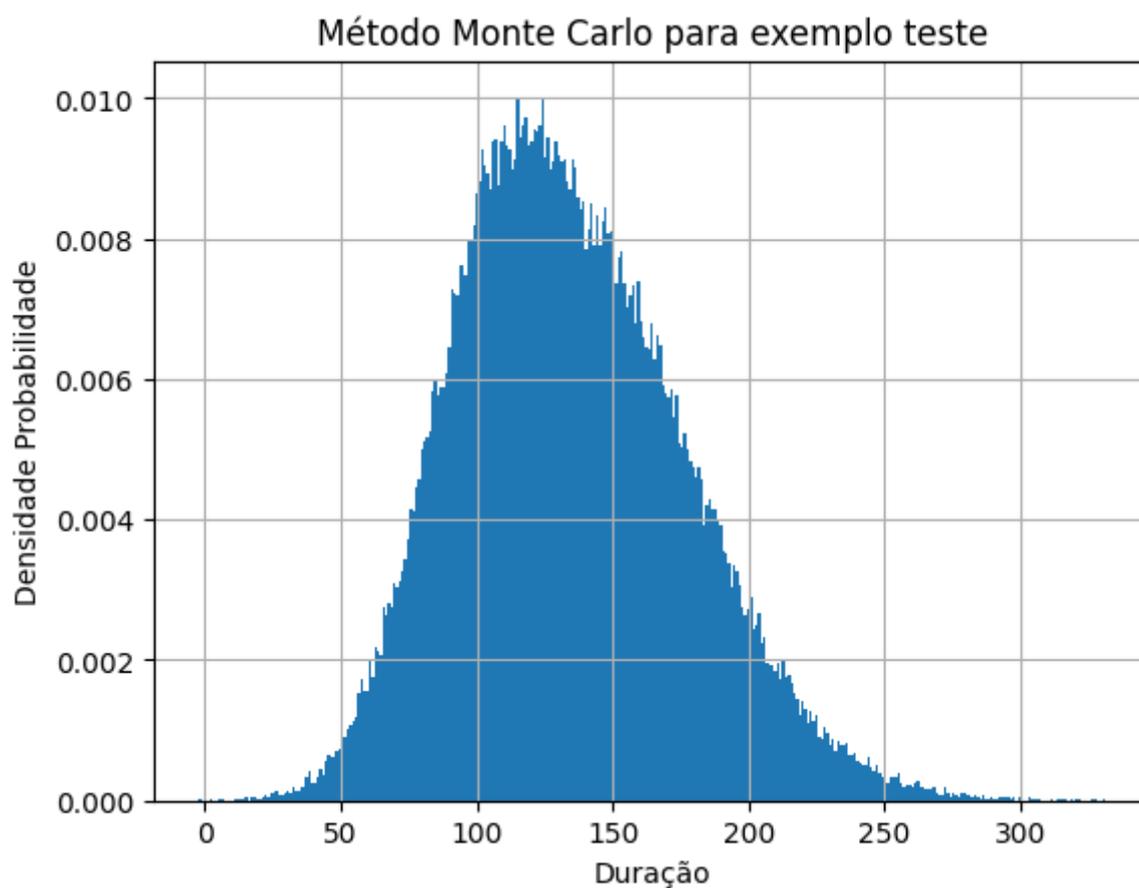


Figura 33 - Resultado distribuição probabilidade do *high level design*.

Ao observar o resultado da Figura 33 é possível observar que caso o gestor queira capturar aproximadamente 95,5%, este deverá considerar aproximadamente 230 semanas de estimativa de prazo, ou seja, 108 semanas a mais do que o prazo ao considerar somente a estimativa de PERT pura.

4. CONCLUSÃO:

A literatura fornece metodologias e ferramentas distintas para gestão de cronograma de ativos. Existem diversas ferramentas para os diferentes perfis de *stakeholders*, cultura governamental e profundidades requeridas. Porém, as metodologias e ferramentas sozinhas não são capazes de identificar incertezas e gargalos de recursos: cabendo ao gestor ponderar e colher as diferentes visões advindas de cada fonte.

Recomenda-se ao laboratório que uma interface cultural de risco seja difundida juntamente com uma tabela de tradução entre o eixo de impacto no tempo e no custo. Desta forma, se garante um volume de dados e uma participação da equipe de desenvolvimento. Os riscos então poderão ser organizados de uma forma amigável à lei 14133/21 e à ISO 31000, enquanto mantém visão sob a mesma escala de comparação e visão sob a fonte de tomada de decisão quanto à classificação dos riscos.

Uma maneira de mitigar os danos nas estimativas de prazo e custo é portanto utilizar o mapa de risco para gerar diferentes caminhos de simulação via simulação, ou, induzir experts a levá-los em consideração no momento de gerar estimativas, ou, utilizando método de estimativas de três pontos: somando os impactos no ponto pessimista e logo após calculando o intervalo de confiança.

Ao unificar a gestão de risco junto com as estimativas, percebeu um aumento considerável no prazo, possivelmente ajustando problemas em estimativas como exemplificado por [40].

Com a aplicação das metodologias listadas, acompanhamento de indicadores, melhoria na sensibilização de comparação, união com a gestão de risco e a aplicação de um modelo de gestão ágil para o caso onde existem poucas ou nenhuma informações, espera-se que o laboratório de pesquisa e desenvolvimento colha melhorias significativas na criação de estimativas de tempo e custo.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- [1] - PMI. A guide to the project management body of knowledge. PMBOK GUIDE. 7a. ed. - Agosto de 2021.
- [2] - ABNT NBR ISO 31000. 2014
- [3] - Ahmeti Remzi. Risk Management in Public Sector: A Literature Review. 2017
- [4] - Sabbag, P. Y. (2004). Riscos e incerteza: o desafio de gerenciadores de projetos: Risk and uncertainty: a challenge for project management. Paper presented at PMI® Global Congress 2004—Latin America, Buenos Aires, Argentina. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- [5] - Formers, Marco. The History of Risk Management: 30 Centuries of Innovation. Accessed 04/01/2023.
- [6] - Manual de Gestão de Riscos do TCU. Segunda Edição 2020.
- [7] - LEI Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm. Acesso em: 18/01/2024.
- [8] - PMI. A guide to the project management body of knowledge. PMBOK GUIDE. 2a. ed. - Agosto de 2000.
- [9] - PMI. A guide to the project management body of knowledge. PMBOK GUIDE. 4a. ed. - Agosto de 2008.
- [10] - Project Management Institute (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute. ISBN 978-1-62825-664-2.
- [11] - Sabbag, P. Y. (2004). Riscos e incerteza: o desafio de gerenciadores de projetos: Risk and uncertainty: a challenge for project management. Paper presented at PMI® Global Congress 2004—Latin America, Buenos Aires, Argentina. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- [12] - Dey, Prasanta. (2011). Project risk management using multiple criteria decision-making technique and decision tree analysis: A case study of Indian oil refinery. Production Planning & Control - PRODUCTION PLANNING CONTROL. 23. 1-19. 10.1080/09537287.2011.586379.
- [13] - Gestão de Riscos em Licitações. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3284/2/licita%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em 20/12/2023

- [14] - Flemig, S-S, Osborne, S & Kinder, A 2016, 'Risky business—reconceptualizing risk and innovation in public services', *Public Money & Management*, vol. 36, no. 6, pp. 425-432.
<https://doi.org/10.1080/09540962.2016.1206751>
- [15] - Crissóstomo de Pádua Rafael, Rodrigues de Souza Flavia. How Risk Management has been Practiced in the Brazilian Construction Industry. 2019.
- [16] - R. Tasmin, M. H. Muazu, A. H. Nor Aziatim, N. L. Zohadi. The mediating effect of enterprise risk management implementation on operational excellence in the Malaysian oil and gas sector: a conceptual framework. 2020.
- [17] - de Araujo Lima. Priscila, Marcelino-Sadaba. Sara, Verbano. Chiara. Successful implementation of project risk management in small and medium enterprises: a cross-case analysis
- [18] - Medeiros Schocair. Marília, da Silva. Rodrigo Oliveira, Do Amaral. Marcelo Gonçalves, Jardim Barra. Geraldo Magela, Da Silveira. Rebecca Impelizeri Moura. Risk Management in Civil Construction: The contractor's perceptions. 2023.
- [19] - Gupta. Vishal Kumar, Thakkar. Jiteshi. A quantitative risk assessment methodology for construction project. 2018.
- [20] - <https://www.ibm.com/br-pt/topics/monte-carlo-simulation>. Acesso dia 20/02/2024.
- [21] - Sullivan, Breno. Como fazer simulações de MONTE CARLO no PYTHON utilizando preço das AÇÕES? | Python e Finanças. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QoCa-V1lcD4>. Acesso em: 20/02/2024
- [22] - Bonat, Wagner Hugo. Probabilidade condicional e Teorema de Bayes. Disponível em: http://www.leg.ufpr.br/~paulojus/estbas/slides/203_probabilidades.pdf. Acesso em: 20/02/2024.
- [23] - Ian, Somerville. Engenharia de Software. 10a Edição.
- [24] - C. J. Woodward, J. Montgomery, R. Vasa and A. Cain, "Agile development spikes applied to computer science education," *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, Bali, Indonesia, 2013, pp. 699-704, doi: 10.1109/TALE.2013.6654527.
- [25] - Gontijo Tavares, Breno. Eduardo Sanchez da Silva, Carlos. Diniz de Souza, Adler. Risk Management Analysis in Scrum Software Projects. 2017.

- [26]- T. P. Bagchi, K. Sahu and B. K. Jena, "Why CPM is not good enough for scheduling projects," 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 2017, pp. 1748-1752, doi: 10.1109/IEEM.2017.8290191.
- [27] - Rui, Z., Peng, F., Ling, K., Chang, H., Chen, G., & Zhou, X. (2017). Investigation into the performance of oil and gas projects. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 38, 12-20. <https://doi.org/10.1016/J.JNGSE.2016.11.049>.
- [28] - Nogueira, Fernando. Notas de Aula PERT/CPM. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~rvicente/PERT_CPM.pdf. Acesso dia 09/04/2024
- [29] - Ulbricht, Gerson. Dos Santos, Emanuel Arildo. Moura, Cassiano Rodrigues. Gerenciamento de Projetos com Utilização de Redes PERT/CPM: Uma Aplicação Industrial. ConBRepro 2020.
- [30]- Zampoli, Marisa. Gestão de Ativos - Guia para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 55001. International Copper Association Brasil.
- [31] - BERNARDES, M.M.S, Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- [32] - T. Little, "Schedule estimation and uncertainty surrounding the cone of uncertainty," in *IEEE Software*, vol. 23, no. 3, pp. 48-54, May-June 2006, doi: 10.1109/MS.2006.82.
- [33] - De Paula, Renato Ricardo. Método de Monte Carlo e Aplicações. 2014.
- [34] - Urban, F. M. (1933). The Weber-Fechner law and mental measurement. *Journal of Experimental Psychology*, 16(2), 221–238. <https://doi.org/10.1037/h0070805>
- [35] - Chernenko, Anton. POC (proof-of-concept) and its optimisation in a software company. 2021.
- [36] - BROWN, Tim. Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias . Rio de Janeiro: Elsevier, 2010
- [37] - Lorko, M., Servátka, M., & Zhang, L. (2018). Anchoring in Project Duration Estimation. *Management Practice eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3230550>.
- [38] - Mcevoy, G., & Cascio, W. (1985). Strategies for reducing employee turnover: A meta-analysis.. *Journal of Applied Psychology*, 70, 342-353.
- [39] - Gump, A. (2001). Using decision models in the real world. *PM Network*, 15(1), 43–45.

[40] - T. Little, "Schedule estimation and uncertainty surrounding the cone of uncertainty," in IEEE Software, vol. 23, no. 3, pp. 48-54, May-June 2006, doi: 10.1109/MS.2006.82.