

GERENCIAMENTO DE RISCOS FUNDAMENTADO NO ESTUDO DE VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

Fernando Jardim Borges da Cunha¹
Ederson Pereira dos Passos²

RESUMO

A análise quantitativa dos riscos é uma vantagem competitiva e um fator importante para o sucesso do projeto. Tratar os riscos como variáveis de Bernoulli pode não ser suficiente para uma descrição razoável do cenário do projeto, outras distribuições de probabilidade devem ser consideradas para melhor representar os impactos tangíveis e intangíveis dos riscos. Combinar estas distribuições de probabilidade permite estimar parâmetros de viabilidade para auxiliar o plano de respostas. O Gerenciamento de Riscos se torna mais aprimorado com a metodologia proposta, aplicando alguns conceitos de Probabilidade.

Palavras-Chave: Gestão Estratégica, Gerenciamento de Riscos, Probabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual da economia é representado por um ambiente de alta competitividade e volatilidade. Tais características configuram barreiras de previsibilidade de eventos internos e externos aos projetos. Na ciência do gerenciamento corporativo, e igualmente para o gerenciamento de projetos, a gestão de riscos é um diferencial competitivo da organização [1], e demanda um tratamento estatístico mais refinado.

O gerenciamento dos riscos do projeto inclui os processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas, monitoramento e controle de riscos. Os objetivos são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e reduzir a probabilidade e o impacto dos eventos negativos no projeto, segundo o Guia PMBOK® [2]. A análise quantitativa dos riscos prevê medições para as probabilidades e impactos financeiros dos riscos, para direcionar a estratégia do projeto.

As melhores práticas do Guia para a análise quantitativa dos riscos sugerem algumas técnicas como análise de sensibilidade, valor monetário esperado, e simulação computacional. A sensibilidade e o valor esperado trazem estimativas baseadas em premissas que não podem ser assumidas como verdade em todos os casos. Ou elas se tornam aproximações insuficientes para justificar decisões de planejamento, e para ter uma visão multidimensional das possibilidades de desvio em relação ao planejamento.

¹ Consultor de Projetos, IBTIB, ferjbc@yahoo.com.br.

² Economista e Professor da Faculdade Pitágoras, epassos@gmail.com.

Assumir tais premissas significa limitar a interpretação do conhecimento e a argumentação de apoio das decisões. Pode ser que seja necessário utilizar a simulação computacional vinculada a uma descrição de cenário bem orientada pelos objetivos do projeto.

A proposta do trabalho é associar os eventos de risco a variáveis aleatórias e utilizar suas funções distribuições de probabilidade para avaliar impactos, parâmetros de risco e medidas de interferências tangíveis e intangíveis no resultado do projeto. Dessa forma, o tratamento da informação do risco contornará as condições de viabilidade do projeto no âmbito das incertezas mensuráveis.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma metodologia de análise quantitativa dos riscos em projetos que proveja um suporte mais aprimorado ao plano de respostas aos riscos e à tomada de decisão.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Utilizar variáveis aleatórias e funções distribuição de probabilidade para descrever os eventos de risco.

Criar parâmetros de descrição dos eventos de risco do projeto com base nas distribuições de probabilidade.

Gerar material bibliográfico na área de Gerenciamento de Riscos.

2 TEORIA DA ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RISCOS

2.1 A LÓGICA DO GERENCIAMENTO DOS RISCOS

As técnicas e ferramentas de gerenciamento de riscos do Guia PMBOK® são construídas a partir do conhecimento tácito dos processos dentro do projeto e de experiências previamente vividas pelas organizações. Por meio deles, são levantados eventos que podem interferir nos objetivos do projeto, e posteriormente, atribui-se um valor de probabilidade e um valor financeiro do impacto de cada evento levantado, como mostrado na **Tabela 1**, sejam eles obtidos por uma mensuração intuitiva ou por análise de dados históricos.

Risco	Probabilidade	Impacto	Valor Esperado
Risco 1	75%	R\$ 15000	R\$ 11250
Risco 2	50%	R\$ 2500	R\$ 1250
Risco 3	25%	R\$ 7500	R\$ 1875
Risco 4	15%	R\$ 75000	R\$ 11250

Tabela 1: Orientação do Guia para análise do valor monetário esperado, um exemplo.

O Guia preconiza que, diante da lista de riscos identificados e seus potenciais, sejam tomadas ações que minimizem os riscos negativos e maximizem os riscos positivos, ou ações doravante chamadas unidirecionais, numa tentativa de diminuir o valor monetário esperado para o projeto e aumentar a probabilidade do seu sucesso. Essa lógica seria perfeitamente aplicável se o ambiente no qual está inserido o projeto fosse altamente previsível onde o espaço de eventos fosse constante. O problema é que na maioria das vezes essa premissa não se confirma, bem como as outras apresentadas e percorridas abaixo.

A teoria que sustenta a lógica do gerenciamento de riscos pode ser resumida pelos seguintes axiomas ou premissas:

- a) **Todo risco é descrito por uma variável de Bernoulli:** A distribuição de Bernoulli é uma distribuição discreta cujo espaço amostral é $\{0,1\}$, ou seja, existem somente duas possibilidades, sucesso e fracasso, ou, ocorrer e não ocorrer [3]. Assumir essa premissa permite que valores únicos de probabilidade sejam associados aos riscos, mesmo que eles possam ser alterados a posteriori.
- b) **Os riscos são independentes:** A independência estatística implica em covariância nula, ou seja, a ocorrência de um evento não pode interferir na probabilidade de ocorrência ou surgimento de outro evento. Isto do ponto de vista probabilístico, porque na teoria, deve existir independência também nos impactos dos riscos, na qual a ocorrência de um evento não interfira no impacto de outro evento de risco. As ações unidirecionais somente são aplicáveis na condição de haver ambas as independências, para que elas não tenham efeitos colaterais indesejáveis.
- c) **Os impactos dos eventos no projeto são constantes e tangíveis:** Cada valor de impacto atribuído ao risco pode ser estimado com incerteza nula ou desprezível sob a perspectiva dessa premissa. Além disso, as estimativas devem ser apresentadas por uma grandeza em unidade monetária, a qual não contempla fluxos de movimentações financeiras ou transformações intangíveis.
- d) **O valor monetário esperado do projeto é inversamente proporcional à sua probabilidade de sucesso:** Matematicamente, diminuir impacto e probabilidade de riscos negativos e aumentá-los para os positivos causa a redução do valor monetário esperado para o projeto. E, segundo a própria definição de gerenciamento de riscos do Guia, tais ações unidirecionais são sempre

favoráveis ao sucesso do projeto. Portanto, o Guia se vale dessa premissa, que, ainda que fosse válida, analisa apenas a dimensão de impacto financeiro.

2.2 VALOR ESPERADO DOS RISCOS

O Valor Monetário Esperado dos Riscos é uma medida de exposição aos riscos, resultado da soma dos valores de todos os impactos ponderados por suas respectivas probabilidades de ocorrência [4]. É uma medida de tendência central do orçamento do projeto quando somado ao valor base, e pode ser acompanhado das estimativas de máximo e mínimo, também chamadas de melhor caso e pior caso, formando uma estimativa de três pontos para a variável “orçamento do projeto”.

A estimativa de três pontos [5], ou de n pontos onde n é a combinação de todos os casos possíveis de ocorrência ou não de cada evento de risco, é a ferramenta que concede poder de decisão nesta teoria, porque a partir dela pode-se ilustrar graficamente não apenas o valor esperado, mas a variabilidade do custo total do projeto.

2.3 LIMITAÇÕES DO MODELO

As limitações do modelo de gerenciamento baseado em ações unidirecionais nascem das premissas conceituais previamente descritas. Começando pela A, muitos eventos de riscos não podem ser interpretados como variáveis de Bernoulli [3]. Seja o valor da cotação do dólar numa determinada data um evento de risco, a título de exemplo. Qual seria o valor limite para considerar sucesso ou fracasso para aquisição de bens importados? Não faz sentido responder, porque este evento de risco segue claramente uma distribuição gradativa e contínua. É o mesmo que tentar responder: Porque a cotação de R\$2,50 seria considerado risco e R\$2,49 não?

A independência entre os eventos de risco provoca mais uma limitação. Muitos desses eventos possuem covariância altamente significativa, de modo que eles podem coibir ações unidirecionais para alguns deles. Por exemplo, suponha um projeto de concessão de rodovia no qual a organização privada administra uma rodovia federal e arrecada com pedágios ao longo do trecho designado. Tome o fato de o valor arrecadado no primeiro ano ser insuficiente para manutenção da estrada como um risco. Imagine a realização de programas de passagem automática para a manutenção do tráfego de veículos articulados como uma ação para diminuir a probabilidade e o impacto desse risco, e aumentar a renda dos pedágios. Entretanto, estudos afirmam que quanto mais veículos pesados trafegam numa rodovia, maior pode ser o desgaste das pistas [6], o que provocaria pelo menos mais um risco negativo ao projeto. Este raciocínio evidencia a forte covariância entre a variável “renda dos pedágios oriunda de caminhões de grande porte e carretas” com a variável “desgaste da rodovia ou custo de manutenção”. Não se deve analisar um risco para tomar uma decisão, e sim uma cadeia de eventos correlacionados.

Outra limitação vem do fato de que muitos impactos de riscos têm mais caráter de variável aleatória do que de valor constate, e ainda, nem sempre podem ser completamente representados apenas na dimensão monetária. Seja um projeto de construção de um edifício residencial de três pavimentos, dividido em seis apartamentos. Considere como risco a possibilidade de ocorrer um ponto de infiltração de água da tubulação na parede do primeiro apartamento vendido e habitado. Como poderia ser atribuído um valor único de impacto, sendo que o problema pode se apresentar na forma de gotejamento ou numa inundação mais volumosa? E mesmo que houvesse um valor médio de prejuízo bem representativo nesse caso, como medir o nível de insatisfação do cliente morador e o quanto este evento poderia atrasar ou inibir as vendas dos demais apartamentos? Ademais, o valor médio calculado anteriormente estaria contemplando um eventual custo de manutenção ou até indenização por danos morais e materiais? Todas essas questões mostram a distância relevante entre a teoria de gerenciamento de riscos e a análise pragmática de solução de problemas no projeto.

Finalmente, a quarta premissa afirma que um projeto menos oneroso tem mais chance de sucesso do ponto de vista da gestão dos riscos. De fato, não há como provar essa correlação negativa entre o custo e o sucesso do projeto. E os investidores não se beneficiam da diferença entre o orçamento real e o previsto do projeto. Se ela for positiva, sua conclusão está ameaçada e a captação de recurso demanda renegociação. Caso contrário, ou seja, o orçamento totalizar abaixo do valor disponibilizado, o investidor perde em juros e paga pelo custo de oportunidade quando o financiamento é reembolsável [7]. Em projetos cujos patrocinadores são internos, projetos familiares ou pessoais, por exemplo, há subentendido o interesse pelo baixo custo devido a uma questão de sobrevivência financeira. Nesses casos, existe um limite máximo orçamentário de execução do projeto, o que ainda não implica que custos menores aumentem a chance de sucesso. Quando acontece um evento de risco em qualquer tipo de projeto, muitas vezes não é possível afirmar apenas por medidas monetárias que os objetivos foram ou não favorecidos, porque o acontecimento distorce o espaço amostral de modo a criar novas cadeias de eventos de risco, gerando novas incertezas no contexto de cada projeto.

3 A METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DOS EVENTOS

A metodologia proposta começa na forma de identificação dos riscos. Eventos de riscos devem ser identificados para que possam ser interpretados como variáveis aleatórias. Assim, devem ser atribuídas distribuições de probabilidade para descrever cada um desses eventos. Elas podem ser estimadas pelo tratamento estatístico de um conjunto de medições (Tipo A) ou por uma escolha feita a partir do conhecimento do processo, que não parta de um conjunto de medições (Tipo B) [8]. A função distribuição de probabilidade associada deve ter como domínio uma das três dimensões de impacto no

projeto: custo, tempo e qualidade. Cada variável aleatória representa como um determinado evento influencia uma dimensão. Vide **Tabela 2**.

Evento	Dimensões	Estimativas, Distribuições e Parâmetros		
		Custo	Tempo	Qualidade
Evento 1	Custo, Tempo	Tipo A, $X_1 \sim \text{Normal}(\mu_1, \sigma_1^2)$	Tipo B, $X_2 \sim \text{Normal}(\mu_2, \sigma_2^2)$	-
Evento 2	Custo	Tipo B, $X_3 \sim \text{Uniforme}(a,b)$	-	-
Evento 3	Qualidade	-	-	Tipo B, $X_4 \sim \text{Normal}(\mu_3, \sigma_3^2)$
Evento 4	Qualidade	-	-	Tipo B, $X_5 \sim \text{Poison}(\lambda)$

Tabela 2: Exemplo de descrição dos eventos. Nota-se que o Evento 1 terá duas variáveis associadas, uma para cada dimensão. Vide ROSS [3] para exemplos de famílias de distribuições de probabilidade e seus parâmetros.

A análise de sensibilidade com valor monetário esperado é um caso particular da metodologia proposta, quando cada variável é caracterizada por uma distribuição de Bernoulli e possui apenas a dimensão de custo. Variáveis de dimensões diferentes para o mesmo evento não serão tratadas como uma distribuição de probabilidade multivariada para efeitos de simplificação, mas nada impede que sejam tratadas dessa forma em casos muito complexos de análise de risco.

3.2 AS TRÊS DIMENSÕES DE IMPACTO

Eventos de riscos podem ocorrer e impactar no custo, no tempo e na qualidade do projeto, sem restrição de covariância nula, ou seja, podem ser representados em mais de uma dimensão simultaneamente. Na grande maioria dos projetos, há uma forte correlação positiva entre “tempo e custo”, e “custo e qualidade” [5]. Também não é difícil imaginar uma correlação negativa entre “tempo e qualidade”. Ainda sim, cada caso deve ter sua análise particular, porque tais covariâncias podem levar a falsas conclusões. Por exemplo, um atraso significativo no projeto pode facilmente provocar uma extrapolação de orçamento, mas um aumento de custos pode não ter relação alguma com atraso no cronograma.

A dimensão de custo, mais frequente em exemplos didáticos, avalia o impacto financeiro no projeto. Diferente da análise tradicional pelas estimativas médias, pessimistas e otimistas, o objetivo do domínio de custos é estimar parâmetros estatísticos de média e variância para a variável “custo total do projeto”, bem como apresentar o gráfico da função, utilizando a aproximação normal quando possível. Essas ferramentas dão mais poder de decisão para planejar as respostas aos riscos financeiros.

O domínio do tempo é a interseção com a área do conhecimento Gerenciamento do Tempo do PMBOK®. Ele visa estimar parâmetros de média e variância para a variável “duração total do projeto” e apresentar o gráfico, levando em conta não somente as incertezas de duração de cada atividade, mas também eventos de riscos que ameacem o tempo do projeto como um todo. Por exemplo, a possibilidade de chuva pode atrasar

algumas partidas de um torneio de tênis jogado em quadra aberta. Ela não provocará aumento significativo de custos, porque, nesse caso, essa casualidade está prevista nos contratos das aquisições. O atraso não acontece por atividade, e sim de várias atividades em conjunto, talvez de alguns dias. Neste exemplo, o impacto é puramente temporal e a distribuição da variável deve ser estimada pelo tratamento estatístico das probabilidades de chuva em todos os dias do torneio.

A qualidade é a dimensão que mede a satisfação das partes interessadas, principalmente do cliente. Esse tipo de impacto pode ser muito difícil ou até impossível de convertê-lo em custo. Para esse domínio, é possível utilizar qualquer unidade de medida que não seja monetária ou temporal, porque ele engloba todos os impactos mais abstratos e intangíveis, como riscos de processos judiciais, riscos de segurança do trabalho ou de uso do produto, ou riscos de interdição ou notificação de órgão regulamentador, etc. A avaliação da qualidade completa a análise de riscos e é imprescindível para a estratégia de ação da organização.

3.3 A LÓGICA DO NOVO MODELO

O gerenciamento dos riscos fundamentado no estudo de variáveis aleatórias, propõe uma modelagem probabilística do impacto de risco, e não do risco em si. Isso significa que o objeto de análise passa a ser o evento aleatório como um todo, para o qual o risco representa um intervalo do domínio da função distribuição de probabilidade.

As premissas para construção da metodologia são:

- a) **Todo risco tem um evento aleatório na sua origem:** a variável aleatória atribuída ao evento segue uma distribuição de probabilidade conhecida ou estimável, pela qual pode-se identificar a região de risco.
- b) **Toda ação de controle transforma o cenário do projeto de modo a criar novos riscos:** fazendo uma alusão ao Princípio da Incerteza de Heisenberg, no qual o observador não pode obter um resultado exato da medição simultânea da massa e velocidade de uma partícula, porque o próprio experimento interfere no mensurando, tal incerteza também se aplica à gestão. É impossível garantir que uma ação de resposta ao risco, chamada ação de controle, tenha o resultado positivo para o projeto nas dimensões de tempo, custo e qualidade. Essa premissa não impede a prática de tais ações, apenas sugere que elas sejam executadas com base no contexto e na sua previsibilidade.

O fato de uma ação gerar novos riscos ao projeto induz um ciclo de cenários desconhecidos até que todos os riscos de enésima ordem sejam aceitos e nenhuma ação de controle seja tomada. Os eventos identificados no planejamento do projeto levam a riscos primários, ou de primeira ordem. Os próximos eventos de risco previstos em diferentes cenários conforme a ação tomada são riscos secundários, ou de segunda

ordem, e assim sucessivamente. Assim, o plano de respostas aos riscos deve ser elaborado estando absolutamente alinhado com as possibilidades da organização.

3.4 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS DE RISCO PARA O PROJETO

Retomando o tratamento a partir da **Tabela 2**, defina os parâmetros, chamadas medidas globais do projeto, como sendo as somas das variáveis em cada domínio com os valores pré-estimados para os mesmos. Essa definição será descrita mais adiante. Portanto, haverá tantas medidas globais quantos forem os domínios identificados (tempo, custo e qualidade). O domínio “qualidade” pode ser desdobrado em mais de uma unidade de medida, porque ele contempla tudo que não é financeiro ou temporal. No exemplo, tem-se quatro variáveis num projeto: uma medida em dólares, outra em dias corridos, uma terceira a qual é um indicador da empresa, e a quarta, contagem de pessoas. As duas últimas são do domínio da qualidade, mas não podem ser somadas por terem unidades diferentes, então contariam como dois domínios diferentes. A **Figura 1** mostra a estimativa de parâmetros de riscos dentro do fluxograma do Gerenciamento de Riscos como conhecimento para tomada de decisão.

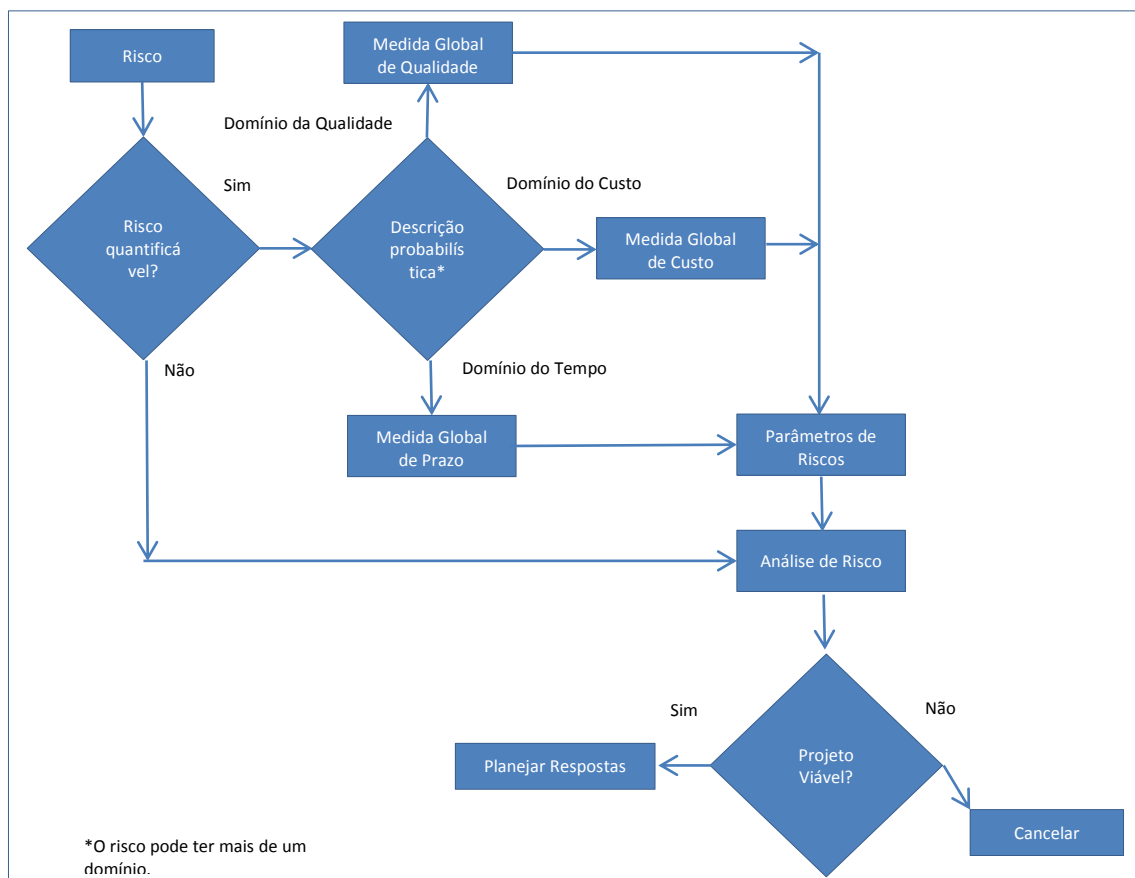


Figura 1: Passo a passo do processo decisório do Gerenciamento dos Riscos com base na metodologia proposta.

Lembre que operações com variáveis aleatórias não são feitas da mesma forma que as operações com números, podendo requerer técnicas matemáticas como o método Jacobiano ou simulação de Monte Carlo [9]. A **Tabela 3** indica as variáveis que seriam

formadas a partir dos eventos da **Tabela 2** de acordo com os domínios de cada um deles.

Domínios	Unidade de Medida	Variável Total
Custo	Dólares	$X_6 = X_1 + X_3$
Tempo	Dias	X_2
Qualidade	Indicador da empresa	X_4
Qualidade	Ocorrência (contagem)	X_5

Tabela 3: Variáveis totais do projeto, seguindo o exemplo da **Tabela 2**.

Conhecendo as variáveis totais definidas para o projeto, são estimados os parâmetros valor esperado e variância das suas distribuições de probabilidade. Finalmente, esses parâmetros serão utilizados em visualizações gráficas para se concretizar a análise de risco.

4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

Neste exemplo, o projeto consiste na estruturação de uma seguradora de bens. Os riscos foram adaptados da referência e utilizados para aplicação da ferramenta da análise do valor esperado e a preconizada neste trabalho. O projeto foi orçado em R\$300 mil com previsão de término para 240 dias. Não é necessário maior grau de detalhamento porque o foco está todo voltado para comparar as metodologias utilizadas na análise quantitativa dos riscos neste exemplo. Segue a descrição dos riscos:

Risco 1: Informações incompletas sobre a representatividade das localidades cobertas podem impactar a definição do escopo.

Risco 2: Seleção incorreta da equipe do projeto pode determinar experiência insuficiente, afetando em atraso ou comprometendo a qualidade.

Risco 3: Representantes do cliente não se disponibilizarem para atender a equipe, o cronograma pode ser afetado.

Risco 4: No caso de não haver cobertura de extrapolação de orçamento por parte do cliente, o tempo de retorno de investimento poderá aumentar.

Risco 5: Andamento eficaz das atividades podem antecipar receitas para o projeto (Adaptado de RABECHINI JR [4]).

4.2 METODOLOGIA TRADICIONAL

Como visto anteriormente, as referências orientam que fazer a análise quantitativa dos riscos do projeto é tratá-los como variáveis de Bernoulli cujo único parâmetro é a própria probabilidade de ocorrência do evento ou impacto (**Tabela 4**). Assim, o valor

esperado financeiro do projeto é o orçamento base mais o valor esperado da soma das variáveis aleatórias, que, por sua vez, é igual à soma dos esperados de cada uma delas, devido à propriedade da esperança [3].

Risco	Probabilidade	Impacto (k)	Valor Esperado (k)
Risco 1	10%	112,5	11,25
Risco 2	30%	80	24
Risco 3	20%	45	9
Risco 4	40%	45	18
Risco 5	20%	- 112,5	- 22,5

Tabela 4: Associação de probabilidade e impacto para cada risco. O índice k representa R\$1000,00.

Portanto, o valor esperado do projeto V_p é expresso por:

$$V_p = 300k + \sum_{i=1}^5 E(R_i) = 300k + 11,25k + 24k + 9k + 18k - 22,5k = 339,75k$$

Em seguida, estima-se os valores de máximo e mínimo da função de probabilidade do valor esperado do projeto, ou seja, as combinações de ocorrência de maior e menor soma possível. Para tal, basta substituir o valor negativo por zero (não ocorrência) no cálculo do máximo, e substituir os valores positivos da mesma forma para o cálculo do mínimo.

$$MAX(V_p) = 300k + 112,5k + 80k + 45k + 45k + 0 = 582,50k$$

$$MIN(V_p) = 300k + 0 + 0 + 0 + 0 - 112,5k = 187,50k$$

RABECHINI JR [4] apresenta um gráfico linear com os valores calculados similar ao **Gráfico 1**. Segundo ele, essa ilustração torna o processo decisório mais apurado porque permite saber o tamanho das incertezas que podem impactar o valor do projeto. Porém, será mostrado que este é o tratamento mais simples possível e dá apenas uma noção trivial da variabilidade das previsões.

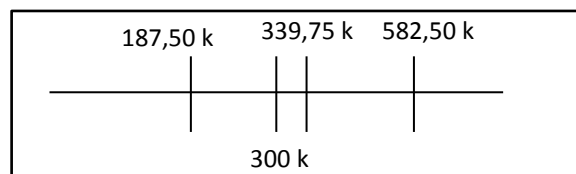


Gráfico 1: Distância linear entre os parâmetros de custo.

Essa representação linear não gera informação relevante em termos de probabilidade.

Eis uma opção mais arrojada: de posse dos três parâmetros, V_p , $MAX(V_p)$ e $MIN(V_p)$, uma análise mais apurada, ainda nesta metodologia e com os mesmos dados, seria construir uma função distribuição de probabilidade discreta [3] com base nas probabilidades não só dos extremos $P(MAX)$ e $P(MIN)$, mas também de todos os 32 resultados possíveis de combinações de ocorrências de riscos. O **Gráfico 2** representa esta função.

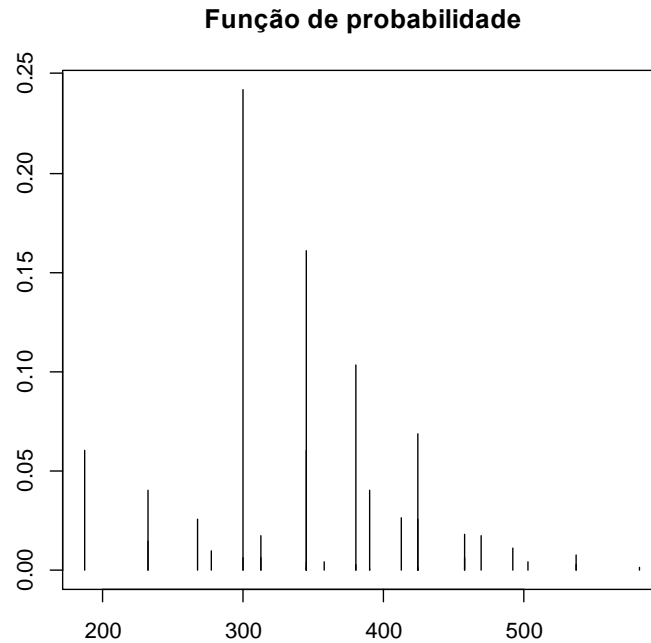


Gráfico 2: Função de Probabilidade da variável custo do projeto. Note que a região de maior probabilidade de custo do projeto está entre 300k e 425k. Probabilidades ínfimas não são visíveis no gráfico.

A função estimada serve como suporte para elaboração do plano de resposta aos riscos e delineamento estratégico da gestão do projeto. Ela fornece indícios que a análise linear apenas dos impactos é tendenciosa, porque além de omitir as probabilidades dos eventos, ela dá a falsa sensação de que o valor esperado para o projeto incluindo os riscos é o valor mais provável.

4.3 ANÁLISE QUANTITATIVA FUNDAMENTADA EM VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

4.3.1 Descrição probabilística dos eventos

Utilizando os mesmos dados e riscos do projeto da seguradora, a metodologia proposta inicia-se com o mapeamento dos riscos para a análise quantitativa, como mostrado na **Tabela 5**.

Evento	Dimensões	Estimativas, Distribuições e Parâmetros		
		Custo (k)	Tempo	Qualidade
Evento 1	Custo, Qualidade (ocorrências)	Tipo B, $X_{11} \sim \text{Uniforme}(0,118)$	-	Tipo B, $X_{13} \sim \text{Poisson}(15)$
Evento 2	Custo, Tempo, Qualidade (ocorrências)	Tipo B, $X_{21} \sim \text{Normal}(50,900)$	Tipo B, $X_{22} \sim \text{Normal}(20, 100)$	Tipo B, $X_{23} \sim \text{Poisson}(10)$
Evento 3	Custo, Tempo	Tipo B, $X_{31} \sim \text{Normal}(30, 100)$	Tipo B, $X_{32} \sim \text{Normal}(40, 100)$	-
Evento 4	Custo	Tipo B, $X_{41} \sim \text{Bernoulli}(0.4)$ Impacto:45k	-	-
Evento 5	Custo	Tipo B, $X_{51} \sim \text{Normal}(-80,900)$	-	-

Tabela 5: Tabela de dimensões de impacto dos eventos de risco. Note que o domínio qualidade representa número de ocorrências de casos de contestação formal sobre o serviço.

Os parâmetros das distribuições de impacto financeiro foram escolhidos numa forma de adaptação às variáveis de Bernoulli criadas na metodologia tradicional em outros tipos de variáveis, para poder melhor conservar a comparabilidade entre as ferramentas de análise. As distribuições de impactos temporal e de qualidade (número de ocorrência de contestações) tiveram seus parâmetros escolhidos arbitrariamente.

4.3.2 Medidas globais do projeto

De posse das distribuições dos riscos, pode-se definir as medidas globais de riscos do projeto:

a) **Medida Global Financeira:** $MGF = E_F + X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51}$

b) **Medida Global Temporal:** $MGT = E_T + X_{22} + X_{32}$

c) **Medida Global de Qualidade:** $MGQ = E_Q + X_{13} + X_{23}$

Onde: E_F : valor do orçamento estimado para o projeto, E_T : valor do tempo estimado para o projeto, E_Q : valor do índice de qualidade (número de ocorrências) estimado para o projeto.

Os valores estimados descritos no plano do projeto também são variáveis aleatórias, mas para efeito de simplificação, eles são considerados constantes neste trabalho. Afinal, as variâncias dessas variáveis são assumidas como muito menores que as variâncias oriundas dos eventos de riscos. Se não forem, existe indício de risco não previsto. Então, a solução é descrever novos riscos, mais recomendada, ou considerar as distribuições de probabilidade dos valores previamente estimados.

As medidas globais tiveram suas distribuições determinadas a partir da Simulação de Monte Carlo com todas as amostras de tamanho $n=1000$. A Medida Global Financeira

foi identificada como uma variável normal de média 343,9 e desvio-padrão 58,6 pelo teste de aderência Shapiro-Wilk [10] ao nível de confiança de 95%: estatística $W=0,9976$ e $p\text{-valor}=0,1515$. Vide o histograma no **Gráfico 3**. Existem outras distribuições que poderiam ser associadas à Medida Global Financeira, mas dá-se preferência à Normal devido ao Teorema Central do Limite [3].

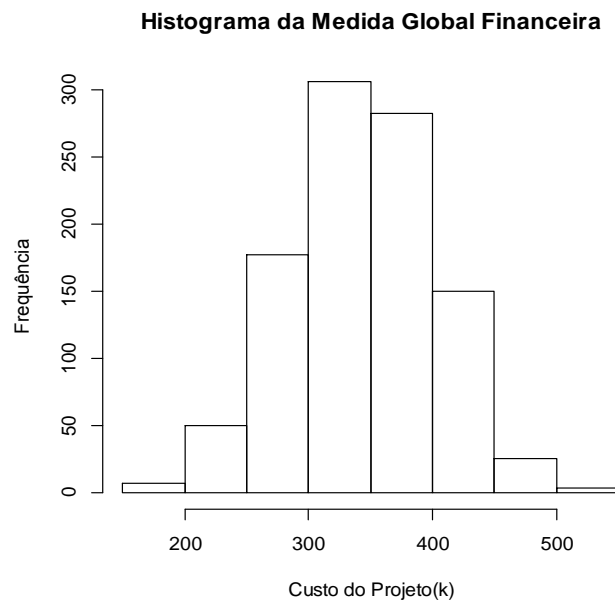


Gráfico 3: Histograma da variável Custo do Projeto. A frequência representa a probabilidade em per mil.

Dado o resultado que $MGF \sim N(343,9; 58,6)$, pode-se inferir que existe uma probabilidade de 95% para o orçamento do projeto ficar entre 229 mil e 459 mil reais aproximadamente. Note que não são valores de máximo e mínimo como na abordagem anterior. Na distribuição normal, eles são valores dos limites do intervalo de confiança de 95%. O nível de confiança ou o nível de significância, seu complementar, é arbitrário e pode ser adaptado para cada situação. A média encontrada na simulação não destoa do valor esperado estimado pela distribuição discreta (somatório), mas a informação da dispersão da variável ficou mais evidente.

A Medida Global Temporal foi identificada como uma distribuição normal, e não podia ser diferente porque é demonstrado que toda soma de variáveis normais é também uma variável normal [3]. A média e o desvio-padrão foram estimados em 299,3 e 13,9 respectivamente. O teste Shapiro-Wilk resultou em $W=0,9972$ e $p\text{-valor}=0,0794$. Note no histograma de prazo do **Gráfico 4** uma leve assimetria atestada na diminuição do $p\text{-valor}$ em relação ao histograma de custo, mas que não foi suficiente para rejeitar a hipótese de que os dados de tempo seguem uma distribuição normal ao nível de confiança de 95% ($p\text{-valor} < 0,05$ se fosse o caso).

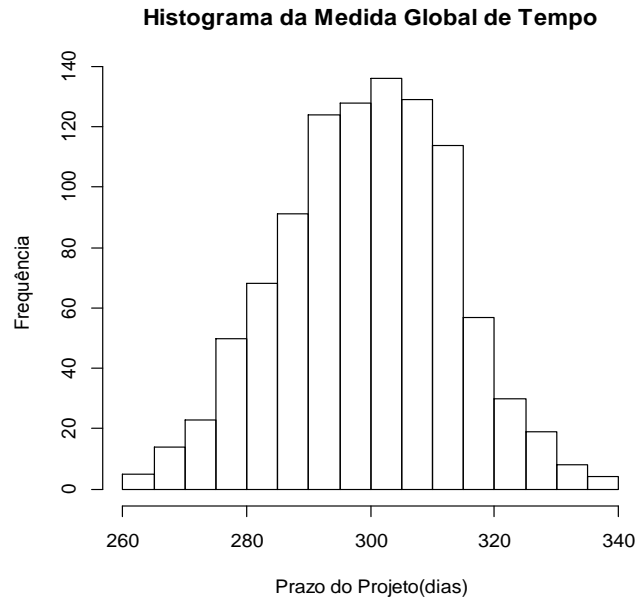


Gráfico 4: Histograma da variável prazo do projeto. A frequência representa a probabilidade em per mil.

Analisando da mesma forma, o fato de $MGT \sim N(299,3;13,9)$ faz crer que existe uma probabilidade de 95% de o projeto terminar entre 272 e 327 dias aproximadamente. É importante notar que a distribuição está centrada no valor de 300 dias, relativamente distante do esperado de 240 dias, valor o qual está fora da faixa do intervalo de confiança. A escolha das funções densidades de probabilidade a priori foi feita para induzir o leitor a refletir que uma análise de risco temporal eficaz pode mostrar que o projeto certamente vai atrasar.

A Medida Global de Qualidade foi identificada como uma variável de Poisson com média 24,9 e desvio-padrão 5,1. Não foi utilizado teste de aderência porque está demonstrado que a soma de duas variáveis de Poisson ainda resulta numa Poisson [11]. Vide **Gráfico 5**.

Histograma da Medida Global de Qualidade

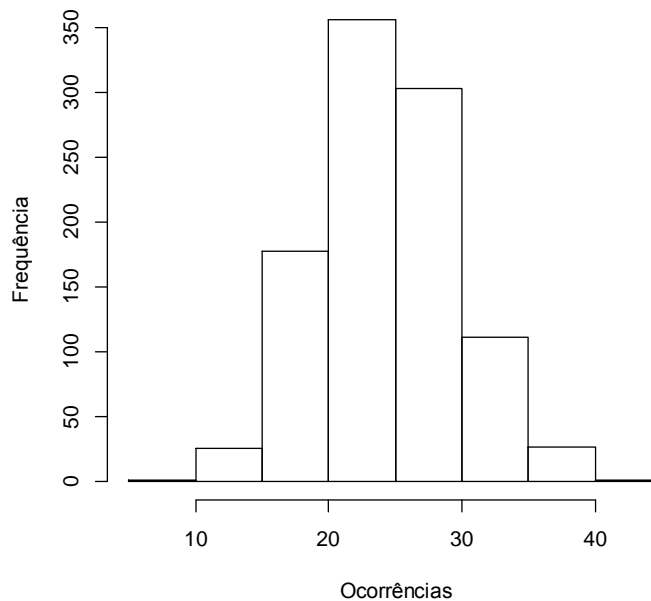


Gráfico 5: Histograma da variável qualidade do projeto. No exemplo, a qualidade está sendo medida com número de reclamações externas formais. A frequência representa a probabilidade em per mil.

A observação da Medida de Qualidade é mais subjetiva. $MGQ \sim \text{Poisson}(25)$ quer dizer que são esperadas 25 contestações ao longo do projeto. O intervalo de confiança da distribuição de Poisson, utilizando o método proposto por GUERRIERO [12], indica que existe uma probabilidade de 95% de que aconteçam entre 15 a 35 eventos ao longo do projeto. Porém, esse cálculo foi realizado para o valor esperado de prazo de 240 dias, não 300 como prevê a simulação da MGT. A subjetividade se revela não somente na escolha das distribuições de Poisson, mas também na interpretação do nível de ameaça que as contestações representam para o projeto. A conversão da consequência de cada ocorrência em custo, tempo e viabilidade é muito complexa, e o plano de resposta aos riscos de qualidade sofrerá forte influência da área de Gestão de Pessoas.

As Medidas Globais do Projeto são variáveis aleatórias que descrevem o grau de viabilidade em função dos riscos de acordo com os recursos disponíveis. A análise de risco a partir dessas medidas e de fatores qualitativos deve ser constantemente atualizada ao longo do projeto. Ratificando o que foi mencionado, uma ação de resposta pode alterar todo cenário e modificar o espaço de eventos e probabilidades para o projeto. Além disso, o próprio ambiente mercadológico do projeto é altamente dinâmico podendo tornar as estimativas obsoletas em questão de tempo.

Uma ferramenta de visualização rápida, adequada, e facilmente adaptável para as Medidas Globais do projeto é a Elipse de Viabilidade, que só não representa o domínio da qualidade.

Seja μ (MGF) a média da variável MGF, μ (MGT) a média de MGT, σ (MGF) o desvio-padrão de MGF, σ (MGT) o desvio-padrão de MGT, e z_α o valor de z-score para um dado nível de significância α . A Elipse no plano cartesiano de tempo (x) e custo (y) para um determinado nível de confiança é definida, a partir da equação geral da elipse [13], da seguinte forma:

$$\left(\frac{x - \mu (\text{MGT})}{z_\alpha \cdot \sigma (\text{MGT})}\right)^2 + \left(\frac{y - \mu (\text{MGF})}{z_\alpha \cdot \sigma (\text{MGF})}\right)^2 = 1$$

A elipse permite uma compactação de informações de medidas centrais e de dispersão das variáveis ortogonais de tempo e custo (supondo assimetria nula das funções e independência estatística entre elas). A **Figura 2** mostra a elipse aplicada ao exemplo acima.

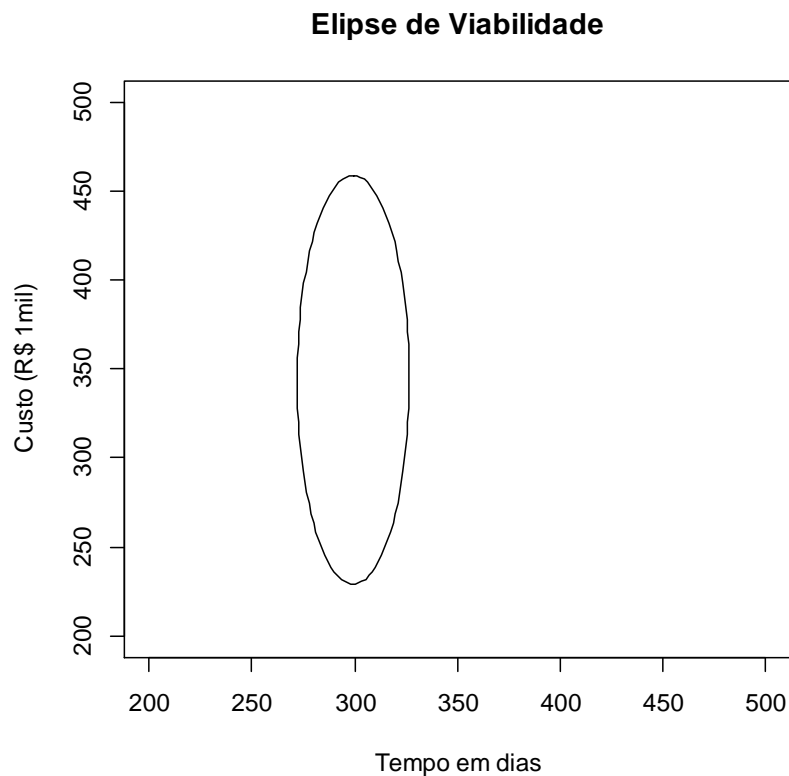


Figura 2: Elipse de Viabilidade para o projeto do exemplo para o nível de confiança de 95%. Existe uma probabilidade de 95% de o par ordenado tempo e custo do projeto se encontrar em algum ponto dentro da elipse.

5 ANÁLISE DE RISCO E TOMADA DE DECISÃO

A previsão do projeto é percebida como uma combinação de variáveis aleatórias, e segue uma distribuição de boa aderência ao histograma da simulação. Não é mais representada apenas por uma estimativa pontual da dimensão de custos. Os cálculos de probabilidades de abrangência se tornam mais precisos para comparação com limites de

tolerância para viabilidade do projeto, que são critérios de aceitação previamente definidos para custo, tempo e medidas de qualidade.

A base do processo decisório do projeto é suportada pela observação das medidas globais do projeto. Qual será a reserva de contingência e qual será o critério para sua aplicação; qual a folga temporal adotada para cobrir atrasos nas atividades; qual a quantidade esperada de ocorrência de insatisfação durante o projeto; quanto recurso pode ser dedicado ao combate dos eventos de risco; e qual a viabilidade do projeto do ponto de vista do gerenciamento dos riscos; são algumas das questões que devem ser o foco da análise de risco.

A análise de risco será utilizada para definir a estratégia da organização diante das possibilidades que o projeto oferece. Uma estratégia é o conjunto de regras de procedimento a serem adotadas em cada situação possível de um determinado cenário. A organização que melhor descreve o seu cenário tem mais probabilidade de executar projetos de sucesso.

6 CONCLUSÃO

A metodologia proposta com base na generalização da teoria da análise do valor esperado mostrou uma maior capacidade de conversão de dados em informação para tomada de decisão. Ela permite que outras distribuições de probabilidade sejam modeladas para estimar medidas globais do projeto, com suas médias e variâncias, formando a base quantitativa do gerenciamento de riscos. Na perspectiva da nova teoria, não é lógico realizar ações para simplesmente diminuir a probabilidade e impacto dos riscos negativos e aumentar os dos positivos, porque riscos negativos e positivos podem coexistir no mesmo evento aleatório, a caracterização como risco ruim passa a depender dos limites de tolerância previstos para cada variável aleatória. E principalmente, porque qualquer ação de resposta pode mudar completamente o espaço de eventos significativos, gerando novos riscos. O plano de resposta deve ser desenvolvido por meio de uma visão holística e estratégica do cenário do projeto, extrapolando a percepção dos riscos de primeira ordem. A Elipse de Viabilidade é uma ferramenta útil para sintetizar as estimativas de tempo e custo do projeto numa única imagem. O trabalho propôs não somente a elevação do Gerenciamento de Riscos como ciência estatística aplicada à administração, como também a revelar oportunidades de pesquisa e desenvolvimento nessa área do conhecimento à luz do arcabouço conceitual aqui registrado.

REFERÊNCIAS

- [1] COIMBRA, Fábio Claro. Gestão Estratégica de Riscos: Instrumento de Criação de Valor. Artigo apresentado no VII Semead, Seminários de Administração FEA-USP, São Paulo, 2004.
- [2] PMI, Project Management Institute. The Guide to Project Management Body of Knowledge. PMBOK® Guide, 4th edition. Project Management Institute, 2008.
- [3] ROSS, Sheldon. Probabilidade, um curso moderno com aplicações. Porto Alegre: Editora Bookman, 2010.
- [4] RABECHINI JR, Roque; SALLES JR, Carlos Alberto; [et al]. Gerenciamento de Riscos em Projetos. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
- [5] TRENTIM, Mário Henrique. Gerenciamento de Projetos, Guia para as Certificações CAPM® e PMP®; Editora Atlas SA. São Paulo, 2011.
- [6] FARUOLO, Luciano Bruno; [et al]. Análise do Efeito do Peso dos Veículos nas Estradas. Artigo apresentado no XIV Congresso Panamericano de Ingeniería Tráfico y Transporte; Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2006.
- [7] DENARDIM, Anderson Antonio. A Importância do Custo de Oportunidade para a Avaliação de Empreendimentos Baseados na Criação de Valor Econômico. ConTexto, Porto Alegre, v. 4, n. 6, 1º semestre de 2004.
- [8] JCGM 100:2008 GUM. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- [9] JCGM 101:2008 GUM. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the Guide to the expression of uncertainty in measurement - Propagation of distributions using a Monte Carlo method.
- [10] R 3.0.0. The R Project for statistical computing. Access: www.r-project.org.
- [11] ESTATCAMP, Portal Action. Acesso em: www.portalaction.com.br/probabilidades 29/03/2015.
- [12] GUERRIERO, Vincezo. Power Law Distribution: Method of Multi-scale Inferential Statistics. Journal of Mathematics Frontier Vol.1 No.1 2012 PP. 21-28 www.sjmmf.org 2012 World Academic Publishing.
- [13] SANTOS, Reginaldo J. Um Curso de Geometria Analítica e Álgebra Linear. Departamento de Matemática – ICEX, Imprensa Universitária da UFMG. Belo Horizonte, 2006.