

Análise de Riscos e Custos em Projetos de Software do Governo Brasileiro: Uma Abordagem Quantitativa

Raphael M. S. Jesus¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Rio de Janeiro, Brasil

raphael.mauricio@gmail.com

Abstract. *This article analyzes the use of function points (FP) in Brazilian government software projects to establish a standard cost calculation. The main objective is to determine a standard calculation that aligns with the ideal cost for projects with a specific number of FPs. The analysis employs Monte Carlo simulations and probabilistic distributions to estimate costs and risks, providing insights for decision-making and resource allocation in government software development projects.*

Resumo. *Este artigo analisa o uso de pontos de função (PF) em projetos de software do governo brasileiro para estabelecer um cálculo padrão de custos. O objetivo principal é determinar um cálculo padrão que se aproxime do custo ideal para projetos com um número específico de PFs. A análise emprega simulações de Monte Carlo e distribuições probabilísticas para estimar custos e riscos, fornecendo insights para tomada de decisão e alocação de recursos em projetos de desenvolvimento de software governamentais.*

1. Introdução

A estimativa de custos em projetos de software, especialmente no contexto governamental, é um grande desafio. A precisão dessas estimativas é fundamental para o planejamento, alocação de recursos e sucesso do projeto. No setor público, a necessidade de transparência, a pressão por resultados e as restrições orçamentárias tornam ainda mais importante a utilização de métodos confiáveis e eficazes para estimar os custos de desenvolvimento de software.

O uso de pontos de função (PF) como métrica para estimar o tamanho e o esforço de desenvolvimento de software tem sido amplamente adotado tanto na indústria quanto no setor público conforme [SISP 2023]. Os PF oferecem uma medida objetiva e padronizada do tamanho funcional de um sistema, permitindo uma estimativa mais precisa dos custos e do tempo de desenvolvimento.

No entanto, a estimativa de custos com base em pontos de função não é isenta de riscos e incertezas. Fatores como a experiência da equipe de desenvolvimento, a complexidade técnica do projeto e as flutuações nos preços de mercado podem influenciar significativamente os custos finais.

Este trabalho visa estabelecer um padrão para a estimativa de custos de desenvolvimento de software em projetos governamentais, utilizando simulações de Monte Carlo para analisar a distribuição de probabilidade dos custos. As fórmulas e métodos utilizados são baseados no [SISP 2023], conforme descrito no [SISP 2016], onde a utilização de

pontos de função é essencial para padronizar a estimativa de custos e esforços em projetos de data warehouse no setor governamental.

2. Metodologia

A metodologia deste estudo envolve a coleta de dados de contratos governamentais, o cálculo de pontos de função com base nas fórmulas do SISP e a simulação de Monte Carlo para analisar a distribuição de probabilidade dos custos.

2.1. Coleta de Dados

Os dados para este estudo foram coletados a partir de contratos de desenvolvimento de software firmados pelo governo federal brasileiro e disponibilizados no [gov.br 2024]. Foram selecionados contratos referentes a projetos de desenvolvimento de software de diferentes tipos e portes, abrangendo o período de 2016 a 2023.

Para cada contrato, foram extraídos os seguintes dados:

- Objeto do contrato: descrição do tipo de software a ser desenvolvido (novo desenvolvimento, manutenção, adaptação, etc.).
- Valor total do contrato: valor total pago pelo governo para o desenvolvimento do software.
- Número de pontos de função: estimativa do tamanho funcional do software, obtida a partir da documentação do contrato ou de informações fornecidas pelo órgão contratante.
- No total, foram analisados 15 contratos.

2.2. Fórmulas Utilizadas

As fórmulas utilizadas para o cálculo de pontos de função são baseadas na análise de complexidade e nas categorias de funções, conforme descrito a seguir:

2.2.1. Cálculo do Valor Contratado

O cálculo do valor contratado para cada item de serviço é dado por:

$$\text{Valor Contratado} = \text{Quantidade Contratada} \times \text{Valor Unitário} \quad (1)$$

2.2.2. Cálculo de Pontos de Função

Os Pontos de Função (PF) são uma métrica de tamanho funcional para sistemas de software. O cálculo é realizado através das seguintes etapas, conforme descrito no [SISP 2023]:

1. Identificação e classificação dos componentes do sistema (Entradas Externas, Saídas Externas, Consultas Externas, Arquivos Lógicos Internos e Arquivos de Interface Externa).
2. Atribuição de pesos a cada componente com base na sua complexidade.

3. Aplicação de um fator de ajuste que leva em consideração características gerais do sistema.

As fórmulas para o cálculo dos Pontos de Função são:

$$PF = (ILF \times \text{peso}_{ILF}) + (EIF \times \text{peso}_{EIF}) + (EI \times \text{peso}_{EI}) + (EO \times \text{peso}_{EO}) + (EQ \times \text{peso}_{EQ}) \quad (2)$$

$$PF_{\text{ajustado}} = PF \times (0.65 + 0.01 \times \sum_{i=1}^{14} F_i) \quad (3)$$

Onde:

- **ILF**: Arquivos Lógicos Internos
- **EIF**: Arquivos de Interface Externa
- **EI**: Entradas Externas
- **EO**: Saídas Externas
- **EQ**: Consultas Externas
- **F_i**: Características gerais do sistema (0 a 5)
- **peso_x**: Peso de cada componente com base na complexidade

3. Algoritmo de Cálculo de Pontos de Função

O algoritmo a seguir calcula os Pontos de Função ajustados conforme as fórmulas definidas pelo [SISP 2023].

Algorithm 1 Calcular Pontos de Função Ajustados

```

1: procedure CALCULARPONTOSFUNCAO(ILF, EIF, EI, EO, EQ, pesos, ajusteComplexidade)
2:    $PF \leftarrow (ILF \times \text{pesos}[ILF]) + (EIF \times \text{pesos}[EIF]) +$ 
3:      $(EI \times \text{pesos}[EI]) + (EO \times \text{pesos}[EO]) + (EQ \times \text{pesos}[EQ])$ 
4:    $PF_{ajustado} \leftarrow PF \times (0.65 + 0.01 \times \text{ajusteComplexidade})$ 
5:   Escrever("Pontos de Função ajustados: ",  $PF_{ajustado}$ )
6: end procedure

```

3.1. Simulação de Monte Carlo

A simulação de Monte Carlo é uma técnica utilizada para entender o impacto do risco e da incerteza em modelos e previsões. No contexto deste trabalho, utilizo a simulação de Monte Carlo para estimar os custos de desenvolvimento de software a partir de pontos de função, considerando variáveis como a experiência da equipe e a complexidade técnica.

Algorithm 2 Calcular custo usando Monte Carlo

```
1: procedure CALCULAR_CUSTO_MC(num_pontos_funcao, min_preco, mode_preco,
   max_preco, experiencia_equipe, complexidade_tecnica, n_simulacoes)
2:   custos  $\leftarrow$  vetor de tamanho  $n\_simulacoes$ 
3:   for  $i = 1$  to  $n\_simulacoes$  do
4:     preco  $\leftarrow$  rtriangle(1, a = min_preco, b = max_preco, c = mode_preco)
5:     custo  $\leftarrow$  preco  $\times$  num_pontos_funcao  $\times$  experiencia_equipe  $\times$  complexi-
       dade_tecnica
6:     custos[i]  $\leftarrow$  custo
7:   end for
8:   return custos
9: end procedure
```

3.2. Parâmetros Utilizados

Para as simulações, foram utilizados os seguintes parâmetros baseados na análise de contratos governamentais [gov.br 2024]:

Tabela 1. Contribuição Funcional dos Tipos Funcionais com base na Complexidade

Tipo Funcional	Baixa	Média	Alta
Entradas Externas (EI)	3	4	6
Saídas Externas (EO)	4	5	7
Consultas Externas (EQ)	3	4	6
Arquivos Lógicos Internos (ILF)	7	10	15
Arquivos de Interface Externa (EIF)	5	7	10

(Fonte: Adaptado do CPM 4.3)

Para a simulação de Monte Carlo, foram escolhidos valores específicos para os preços mínimo, modal e máximo com base em uma análise preliminar dos contratos disponíveis no Portal da Transparência do governo brasileiro. Optou-se por valores de R\$ 450, R\$ 1.200 e R\$ 2.500, respectivamente, para representar um cenário médio de desenvolvimento de software nos projetos governamentais. Esses valores excluem extremos para minimizar distorções nas estimativas de custo e são consistentes com a faixa de preços observada em contratos típicos para desenvolvimento e manutenção de sistemas governamentais.

- **Número de Pontos de Função:** 47,6
- **Experiência da Equipe:** 1.1 (equivalente a uma equipe com experiência moderada)
- **Complexidade Técnica:** 1.2 (alta complexidade técnica)
- **Número de Simulações:** 10.000

Os dados para esta análise foram extraídos diretamente dos contratos firmados pelo governo federal brasileiro para o desenvolvimento de software, conforme listado no Portal da Transparência. A seleção incluiu uma diversidade de projetos em termos de tamanho e complexidade, cobrindo o período de 2016 a 2023. As estimativas de tamanho

de software foram baseadas nos pontos de função documentados nos contratos ou fornecidos pelos órgãos governamentais responsáveis, assegurando uma base de cálculo bem fundamentada para a simulação.

Os valores para os preços mínimo, máximo e modal foram derivados de contratos reais, conforme a tabela a seguir:

Tabela 2. Estimativas de Custos por Tipo de Desenvolvimento

Tipo de Desenvolvimento	Preço Mínimo	Preço Modal	Preço Máximo
Novo Desenvolvimento	R\$ 450	R\$ 1.200	R\$ 2.500

4. Resultados

Os resultados da simulação de Monte Carlo mostraram a distribuição dos custos médios por ponto de função, como apresentado na Figura 1. Esta análise permitiu entender a variabilidade dos custos e os possíveis cenários de risco associados aos projetos de software no contexto governamental.

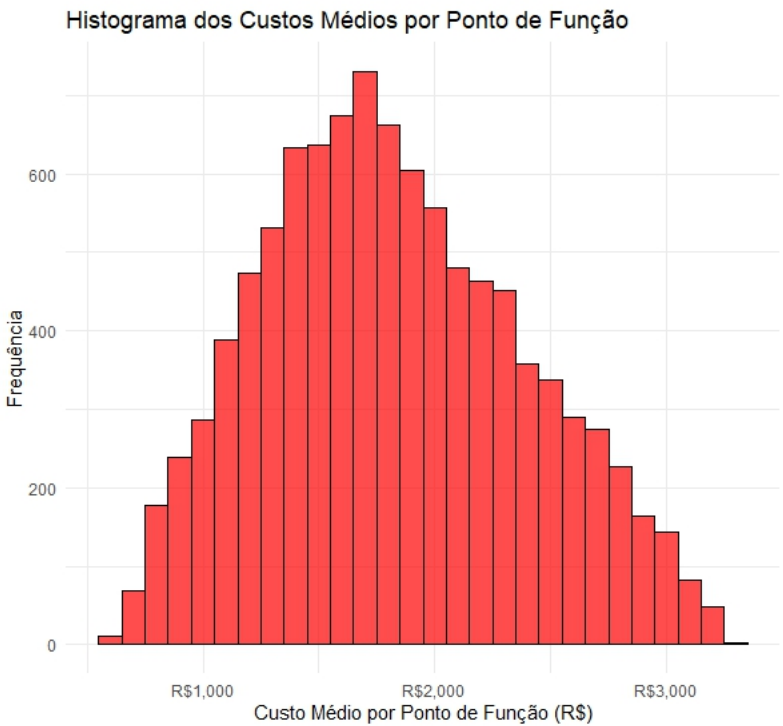


Figura 1. Distribuição dos Custos Médios por Ponto de Função com Base nas Simulações de Monte Carlo

Os histogramas e gráficos de densidade gerados a partir das simulações de Monte Carlo revelam a variabilidade e a distribuição dos custos de desenvolvimento de software. O Histograma dos Custos Médios por Ponto de Função, especificamente, ilustra uma variação significativa nos custos, refletindo tanto a diversidade nas demandas de projetos quanto as flutuações no preço de mercado para serviços de TI. A tendencia a normalidade dos custos por ponto de função.

A Tabela 3 resume a análise de sensibilidade dos custos médios por ponto de função, destacando os percentis 5% e 95%.

Tabela 3. Análise de Sensibilidade dos Custos Médios por Ponto de Função

Percentil	Custo Médio por Ponto de Função (R\$)
5%	R\$ 45.299,62
95%	R\$ 134.382,3

5. Limitações da Abordagem e Sugestões para Trabalhos Futuros

Dados Limitados: A análise foi baseada em uma amostra relativamente pequena de contratos governamentais, o que pode limitar a generalização dos resultados. Estudos futuros poderiam ampliar a amostra, incluindo contratos de diferentes órgãos governamentais e de diferentes regiões do país.

Modelo Simplificado: O modelo de simulação de Monte Carlo utilizado neste trabalho considera apenas algumas variáveis (número de pontos de função, experiência da equipe e complexidade técnica). Estudos futuros poderiam incorporar outras variáveis relevantes, como o tipo de projeto, o porte do projeto e a área de aplicação, para tornar o modelo mais preciso e abrangente.

Validação Empírica: A validação dos resultados da simulação foi limitada pela falta de dados detalhados sobre os custos reais dos projetos. Estudos futuros poderiam coletar dados mais precisos sobre os custos reais de projetos de software governamentais e compará-los com os resultados da simulação para avaliar a acurácia do modelo.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou uma análise da distribuição de probabilidade do custo de desenvolvimento de software em projetos governamentais brasileiros, utilizando pontos de função e simulação de Monte Carlo. Os resultados revelaram uma variação considerável nos custos e a importância de considerar os riscos e incertezas na estimativa de custos.

A abordagem proposta oferece uma ferramenta valiosa para gestores de projetos de software no setor público, auxiliando na definição de orçamentos realistas, na identificação de cenários de risco, na otimização da alocação de recursos e na tomada de decisões mais informadas.

Embora a pesquisa apresente algumas limitações, as sugestões para trabalhos futuros apontam caminhos para aprimorar a metodologia e expandir o escopo da análise, contribuindo para o desenvolvimento de modelos de estimativa de custos mais precisos e eficazes para projetos de software governamentais.

Referências

gov.br (2024). Portal da transparência. Acessado em 18/06/2024.

SISP (2016). Guia de contagem de pontos de função do sisp para projetos data warehouse. Technical report, Sistema de Informação do Serviço Público. Acessado em 22/06/2024.

SISP (2023). Roteiro de métricas de software do SISP - versão 2.3. Technical report, Sistema de Informação do Serviço Público. Acessado em 20/06/2024.