



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PRISCILA CALLES PRATA BRAGA

ANÁLISE DE RISCO DO ORÇAMENTO FINANCEIRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL
PARA EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES

FORTALEZA

2019

PRISCILA CALLES PRATA BRAGA

ANÁLISE DE RISCO DO ORÇAMENTO FINANCEIRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL
PARA EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Profª. Dra. Vanessa Ribeiro Campos.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B795a Braga, Priscila Calles Prata.
Análise de risco do orçamento na Construção Civil para edifícios multifamiliares / Priscila Calles Prata
Braga. – 2019.
75 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Vanessa Ribeiro Campos.

1. Análise de risco. 2. Planejamento. 3. Planejamento. I. Título.

CDD 620

PRISCILA CALLES PRATA BRAGA

ANÁLISE DE RISCO DO ORÇAMENTO FÍSICO E FINANCEIRO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL PARA EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovada em: 02/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Vanessa Ribeira Campos
Universidade Federal do Ceará(UFC)

Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Maxweel Veras Rodrigues
Universidade Federal do Ceará(UFC)

À Deus.

À minha família: Hilário, Núria e Patrícia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ter me concedido grandes oportunidades e por ter me dado sabedoria para aproveitá-las da melhor maneira com os olhos fitos nEle.

À minha família que tanto me ama e se doa por mim.

Aos meus pais, Hilário e Núria, que tanto se dedicaram e se esforçaram para me proporcionar a melhor educação, por ter me ensinado os princípios corretos e por ter tornado possível o sonho de ser Engenheira Civil. Ao meu pai por ter sido minha maior inspiração, todos os dias e à minha mãe por se sacrificar tanto por mim.

À minha irmã, Patrícia, que além de melhor amiga e confidente, está sempre disposta a nos ajudar.

À minha psicóloga, Mariana, que tanto me ajudou na caminhada de autoconhecimento e na descoberta de novas oportunidades na Engenharia Civil.

Às minhas melhores amigas, Natana e Bruna que tanto acreditam no meu potencial e me ajudam a crescer como mulher e profissional.

À minha professora e orientadora, Vanessa Ribeiro Campos que me indicou este tema e me possibilitou que eu me apaixonasse por ele, com o seu otimismo.

À Universidade Federal do Ceará que possibilitou os melhores professores e a melhor estrutura para que eu me desenvolvesse como pessoa e profissional.

À Construtora Colmeia que tornou possível todo esse trabalho, além de ter me proporcionado desenvolvimento como profissional por meio do estágio.

À minha líder, Wlândia, por me cobrar e ajudar tanto na execução deste trabalho quanto na caminhada com Cristo.

Qual de vocês se quiser construir uma torre, primeiro não se assenta e calcula o preço, para ver se tem dinheiro suficiente para completá-la? Pois, se lançar o alicerce e não for capaz de terminá-la, todos os que a virem rirão dele, dizendo: 'Este homem começou a construir e não foi capaz de terminar'. (Lucas 14: 28-30)

RESUMO

Existem, nos dias atuais, grandes números de empreendimentos inviabilizados que se encontram com a entrega atrasada ou até mesmo inacabado e, na maioria dos casos, por ocasião dos seus orçamentos deficitários.

Com o objetivo de analisar quantitativamente as causas desse problema é que se realiza uma análise de risco sobre os orçamentos realizados dos edifícios multifamiliares com os padrões pré-determinados, no trabalho em questão foram escolhidos somente orçamentos de edifícios com padrão alto e código R16-A conforme a NBR 12721:2016. Para que se possa, por meio da Simulação de Monte Carlo e através da metodologia desenvolvida neste trabalho, definir limites otimista, pessimista e mais provável e reservas de contingências para cada cenário escolhido, sendo este dividido em cenário I e II com o estudo dos dados do orçamento total e dos dados das etapas que possuem mais influência sobre o todo, respectivamente. Além de analisar os dados estatísticos provenientes da simulação de cada cenário para que se possa identificar possíveis falhas e, posteriormente, estudar qualitativamente o caso.

Como as etapas que possuem maior influência sobre o orçamento total configurando o cenário II, foram encontradas as etapas de: estrutura, instalações, acabamentos internos e administração de obra.

Através da simulação de Monte Carlo realizada pelo software @Risk a partir de dados históricos de empreendimentos de alto padrão realizados pela Construtora Colmeia foi possível o desenvolvimento de um método para que se possa realizar a análise de risco de sucessivos projetos com características semelhantes ao estudado nesse.

Além do método, foi possível notar informações relevantes para que se possa ter um parâmetro para futuros orçamentos, como os limites inferiores e superiores tanto para o orçamento total do empreendimento - Cenário I, quanto para as etapas que representam um alto impacto no orçamento - Cenário II. Além do valor mais provável de ocorrência e seus desvios padrões, sendo possível, então, o desenvolvimento dos limites otimistas, mais provável e otimista para ambos os cenários. E partir disso, elaborar estratégias para minimizar esses riscos como a reserva de contingência, também calculado neste trabalho.

Notou-se que a distribuição de probabilidade que mais se ajusta aos dados trabalhados foi a Beta para todos os cenários, porém, faz-se necessário aprimorar os testes, como a realização de testes de aderência para se afirmar com maior propriedade esta hipótese.

ABSTRACT

There are nowadays large numbers of unfeasible ventures that are delayed or even inaccessible and, in most cases, due to their deficit budgets.

In order to quantitatively analyze as causes of this problem, it is possible to perform a risk analysis on the budgets executed in the multi-family buildings with the predefined standards, without work in question for those chosen only with high standard building budgets and code R16-A according to NBR 12721: 2016. So that you can, through the Monte Carlo Simulation and using the method developed in this paper, define optimistic, pessimistic and most likely limits and counting reserves for each chosen scenario, which is divided into scenario I and II with the study of the total budget data and the data of the stages that have the most influence on the whole, respectively. In addition to analyzing the statistical data, the result of the analysis of each scenario to identify possible failures and subsequently study qualitatively or case.

As the steps that have the greatest influence on the total configuration budget of scenario II, were described as steps of: structure, facilities, internal finishing and works management.

Through Monte Carlo simulation performed by @Risk software, from historical data of high-end projects executed by Construtora Colmeia, it was possible to develop a method for you to perform a risk analysis of successive projects with resources studied in this area. case .

In addition to the method, it was possible to note relevant information for those who may have a parameter for future budgets, such as lower and upper bounds for both the total project budget - Scenario I, and for steps that represent a high impact on the budget - Scenario II. of the most likely occurrence value and its standard deviations, and it is then possible to develop optimistic, more probable and optimistic limits for both scenarios. From this, the strategies designed to minimize these risks, such as the contingency reserve, are also calculated in this paper.

It is not possible that the probability distribution that best fits the data worked was Beta for all scenarios, however, it is necessary to optimize the tests, such as conducting adherence tests to verify more properly this statistic.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Grupo de processos de gerenciamento de projetos e mapeamento das áreas de conhecimento..... | 13 |
| Tabela 2 - Total orçamentário dos centros de custos coletados | 31 |
| Tabela 3 - Resultado do método de Boxplot | 31 |
| Tabela 4 - Dados de um centro de custo para gráfico de Pareto. | 33 |
| Tabela 5 - Etapas a serem estudadas | 34 |
| Tabela 6 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos - Cenário I..... | 35 |
| Tabela 7 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 5 - Cenário II | 37 |
| Tabela 8 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 6 - Cenário II | 37 |
| Tabela 9 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 11 - Cenário II | 38 |
| Tabela 10 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 18 - Cenário II | 38 |
| Tabela 11 - Resultado dos limites orçamentários de ambos cenários | 43 |
| Tabela 12 - Sumário estatístico para o Cenário I com a distribuição Beta..... | 44 |
| Tabela 13 - Sumário estatístico para o Cenário I com a distribuição Triangular | 44 |
| Tabela 14 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 5 com a distribuição Beta..... | 45 |
| Tabela 15 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 5 com a distribuição Triangular | 45 |
| Tabela 16 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 6 com a distribuição Beta..... | 46 |
| Tabela 17 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 6 com a distribuição Triangular | 46 |
| Tabela 18 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 11 com a distribuição Beta..... | 46 |
| Tabela 19 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 11 com a distribuição Triangular | 46 |
| Tabela 20 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 18 com a distribuição Beta..... | 47 |
| Tabela 21 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 18 com a distribuição Triangular | 47 |
| Tabela 22 - Resultados do valor mais provável em ambos os cenários | 48 |
| Tabela 23 - Resultado do desvio padrão e coeficiente de variação para ambos os cenários..... | 48 |
| Tabela 24 - Limites otimista, pessimista e mais provável para ambos os cenários..... | 49 |
| Tabela 25 - Reserva de contingência para ambos os cenários..... | 56 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Fases do ciclo de vida do subprojeto da organização. | 14 |
| Figura 2 - Exemplos de distribuições de probabilidade mais utilizadas para uma análise quantitativa de risco..... | 18 |

| | |
|---|----|
| Figura 3 - Etapas da metodologia | 20 |
| Figura 4 - Composição das tarefas ou subetapas..... | 21 |
| Figura 5 - Elenco de informação contida no Boxplot | 23 |
| Figura 6 - Definição de escalas de impacto para quatro objetivos do projeto. | 24 |
| Figura 7 - Gráfico de uma distribuição de probabilidade Normal..... | 26 |
| Figura 8 - Exemplo sobre reserva de contingência..... | 29 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Projetos com valores Outliers..... | 32 |
| Gráfico 2 - Gráfico de Pareto para centro de custo 204..... | 34 |
| Gráfico 3 - Resultado de simulação Beta para cenário I..... | 36 |
| Gráfico 4 - Resultado de simulação Triangular para cenário I..... | 36 |
| Gráfico 5 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 5. | 39 |
| Gráfico 6 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 5 | 40 |
| Gráfico 7 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 6. | 40 |
| Gráfico 8 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 6..... | 41 |
| Gráfico 9 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 11..... | 41 |
| Gráfico 10 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 11. | 42 |
| Gráfico 11 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 18. | 42 |
| Gráfico 12 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 18. | 43 |
| Gráfico 13 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário I..... | 50 |
| Gráfico 14 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário I..... | 50 |
| Gráfico 15 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 5..... | 52 |
| Gráfico 16 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 5. | 52 |
| Gráfico 17 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 6. | 53 |
| Gráfico 18 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 6. | 53 |
| Gráfico 19 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 11..... | 54 |
| Gráfico 20 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 11. | 54 |
| Gráfico 21 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 18..... | 55 |
| Gráfico 22 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 18. ... | 55 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1. Justificativa | 11 |
| 1.2. Objetivos | 11 |
| 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 12 |
| 2.1. Gerenciamento de projeto..... | 12 |
| 2.2. Gerenciamento de riscos | 14 |
| 2.3. Orçamento | 15 |
| 2.4. Distribuições de probabilidade..... | 17 |
| 2.5. Simulação Monte Carlo | 19 |
| 3. DADOS E MÉTODOS..... | 19 |
| 3.1. Caracterização do local de pesquisa e da amostra..... | 20 |
| 3.2. Coleta de dados históricos..... | 22 |
| 3.3. Refinamento dos dados | 25 |
| 3.4. Simulação de Monte Carlo | 26 |
| 3.5. Análise de dados | 29 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 30 |
| 4.1. Coleta de dados históricos..... | 30 |
| 4.2. Refinamento dos dados | 32 |
| 4.3. Simulação de Monte Carlo | 34 |
| 4.4. Análise de dados | 44 |
| 4.4.1. <i>Valor mais provável</i> | 44 |
| 4.4.2. <i>Desvio padrão</i> | 48 |
| 4.4.3. <i>Limites otimistas, mais prováveis e pessimistas</i> | 48 |
| 4.4.4. <i>Reserva de contingência</i> | 49 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 57 |
| REFERÊNCIAS..... | 58 |
| APÊNDICE | 60 |

1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil tem um papel fundamental no desenvolvimento do Brasil, com índices de crescimento favoráveis e nas primeiras colocações de rankings de indicadores econômicos, então a preferência pelos investimentos nesta área não é somente uma questão de escolha individual por um setor específico, mas uma opção social por apresentar ganhos econômicos e sociais correlatos (TEIXEIRA, 2005).

Porém, desde 2014 enfrentasse uma crise econômica no Brasil desencadeado pela adoção da Nova Matriz Econômica (NME) em 2011/2012 que possui uma política de forte intervenção governamental na economia. Essa política utilizou recursos públicos de forma exagerada e ocasionou em elevação da taxa de investimento doméstica no período. Apesar desses altos investimentos, ter possibilitado, no início, um grande desenvolvimento da construção civil esse quadro se reverteu anos mais tarde com a diminuição da taxa de crescimento do Produto Interno Bruto - PIB, a elevação dos juros e a incerteza na economia Brasileira. (BARBOSA FILHO, 2017).

Hoje, em meio à saída da recessão e escassez de grandes áreas a serem edificadas por advindo do crescimento populacional nos grandes centros urbanos, a Engenharia Civil vem sendo desafiada a desenvolver, edificar novos projetos e futuros empreendimentos, cada vez mais elaborados para atender a demanda populacional. Sob um olhar especificamente na área de construção de edifícios multifamiliares, estes estão sendo projetados cada vez mais esbeltos e que atenda mais famílias em uma mesma área.

Assim, sabendo identificando que existe um déficit entre o orçamento real e o planejado e com isso gerando muitos atrasos ou interrupções em grandes empreendimentos, é necessário que as construtoras, empreiteiras e incorporadoras façam um maior investimento no planejamento desses novos edifícios para que a obra se torne viável, ou seja, que a construção seja feita dentro do orçamento e que, futuramente, com a venda desses apartamentos, se obtenha o retorno esperado pelos investidores.

A análise de risco de um empreendimento ocorre desde a concepção até o final da obra, pois, é necessário que se haja um acompanhamento das atividades desde a primeira análise do terreno, viabilidade do edifício até as últimas atividades da construção para que a obra se desenvolva dentro do orçamento e do tempo provisionado.

1.1. Justificativa

É comum se deparar com obras inacabadas por falta de planejamento, pois, na maioria das vezes, o orçamento ultrapassou o previsto ao ponto de se tornar inviável a continuação da mesma.

Então para que se possa diminuir essa incidência, é necessário que exista um maior planejamento, previsionando os possíveis riscos de variações do orçamento para que se possa tornar conscientes a todos envolvidos no projeto. A maneira sugerida neste trabalho será a previsão de intervalos mínimo e máximo a qual estará inserido, além de expor a probabilidade de o orçamento ser menor ou ultrapassar o valor calculado.

Assim, tendo ciência dos riscos do empreendimento, é possível ter um maior controle dos gastos, podendo até diminuir a incidência de erros rotineiros, com isso, a depender também da rentabilidade, poderá atrair mais investidores interessados em injetar dinheiro em futuros projetos, conseqüentemente, desenvolverá a economia e a sociedade, através de mais emprego aos trabalhadores e lucro aos empresários.

Nos últimos 20 anos, conforme Teixeira (2005), a construção civil tem participação, com uma porcentagem que varia entre 7,23 até 9,36% para formação do Produto Interno Bruto – PIB. Vê-se, então, a necessidade de melhoria nesse setor, sendo assim, o estudo e o controle da margem de risco nos orçamentos físico e financeiro são de grande valia, possibilitando o desenvolvimento também da Engenharia Civil.

Portanto, quais as etapas do orçamento possuem mais influencia sobre o orçamento e qual é a previsão do valor do orçamento total e dessas etapas para um tipo de padrão imobiliário?

1.1. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor uma metodologia de análise de risco no planejamento financeiro de edifícios multifamiliares.

Para isso, faz-se necessário desenvolver os seguintes itens:

1. Definir o espaço amostral e coletar dados de orçamentos de acordo com o padrão escolhido.
2. Analisar os dados estatísticos da simulação para identificar etapas que necessitem de possíveis análise qualitativas.
3. Definir e analisar limites entre: otimista, pessimista e mais provável para cada cenário; Definir e analisar reservas de contingência para cada cenário.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2.1. Gerenciamento de projeto

Project Management Institute – PMI no Guia PMBOK (2017) afirma que um gerenciamento de projeto é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas para atender aos requisitos do projeto. Este é realizado através de 47 (quarenta e sete) processos, podendo ser agrupados de uma maneira lógica em 5 (cinco) que são:

- Iniciação;
- Planejamento;
- Execução;
- Monitoramento e controle, e
- Encerramento.

O processo de planejamento está em constante atualização e, segundo o Guia PMBOK (2017) o detalhamento progressivo do plano de gerenciamento é denominado “planejamento em ondas sucessivas”, indicando que esse é uma atividade iterativa e contínua.

Constantemente o processo deve ser retroalimentado e atualizado para que se consiga ser feita um planejamento com mais precisão e, conseqüentemente, um orçamento com menos aproximações em forma de verbas e erros futuros.

O Guia PMBOK (2017) divide o planejamento do projeto em 10 áreas do conhecimento, sendo elas: o gerenciamento de integração, gerenciamento do escopo, gerenciamento do tempo, gerenciamento dos custos, gerenciamento da qualidade, gerenciamento dos recursos humanos, gerenciamento das comunicações, gerenciamento dos riscos, gerenciamento das aquisições e gerenciamento das partes interessadas do projeto.

Cada uma dessas fases possui fundamental importância na construção de um projeto, mas, como o objetivo deste trabalho é simular e avaliar o risco de um orçamento na Construção Civil será explorado o gerenciamento do escopo, gerenciamento de custo e gerenciamento de risco, pois são nessas fases onde se define os gastos com o empreendimento e onde será administrado os riscos do mesmo.

A seguir será mostrada a Tabela 1, adaptada do Guia PMBOK (2017) para demonstrar os processos de planejamento, monitoramento e controle para que se entenda a finalidade de cada um dos três gerenciamentos citados anteriormente.

Tabela 1 - Grupo de processos de gerenciamento de projetos e mapeamento das áreas de conhecimento.

| Áreas de conhecimento | Grupo de processos de iniciação | Grupo de processos de Planejamento | Grupo de processos de execução | Grupo de processos de monitoramento e controle | Grupo de processos de encerramento |
|--|---------------------------------|---|--------------------------------|--|------------------------------------|
| ... | | | | | |
| 5. Gerenciamento do Escopo do projeto | | 5.1. Planejar o gerenciamento do escopo 5.2. Coletar os requisitos 5.3. Definir o escopo 5.4. Criar a estrutura analítica do projeto (EAP) | | 5.5. Validar o escopo 5.6. Controlar o escopo | |
| ... | | | | | |
| 7. Gerenciamento dos custos do projeto | | 7.1. Planejar o gerenciamento do custos 7.2. Estimar os custos 7.3. Determinar o orçamento | | 7.4. Controlar os custos | |
| ... | | | | | |
| 11. Gerenciamento dos riscos do projeto | | 11.1. Planejar o gerenciamento dos riscos 11.2. Identificar os riscos 11.3. Realizar a análise qualitativa dos riscos 11.2. Realizar a análise quantitativa 11.5. Planejar as respostas aos riscos. | | 11.6. Controlar os riscos | |

Fonte: Adaptada pelo autor, retirada do Guia PMBOK (2017).

Conforme o Guia PMBOK (2017), o gerenciamento do escopo do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto inclui todos os itens para terminar o projeto com sucesso. Dentre esses processos, a criação da Estrutura Analítica de Projeto (EAP) é de fundamental importância para que seja elencado todos as etapas e subetapas.

A EAP é uma decomposição hierárquica do escopo total do trabalho a ser executado pela equipe do projeto. O trabalho planejado é contido dentro do nível mais baixo

da EAP que são chamados pacotes de trabalho. Para que seja possível entender a estrutura de um orçamento, é necessário que entenda sobre o escopo do projeto, mais precisamente sobre como funciona o EAP do mesmo.

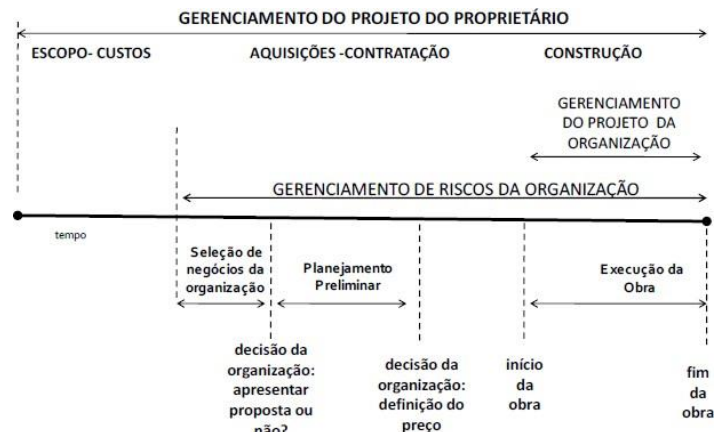
Assim, quanto mais níveis existir uma fase ou etapa deste projeto, mais detalhado e preciso será o seu planejamento, pois serão visíveis as entregas e os pontos de controle dos pacotes de trabalhos ou insumos, tomando a precaução que essas subdivisões não sejam minuciosas ao ponto de serem improdutivas.

2.2. Gerenciamento de riscos

O risco do projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto, comumente chamados de oportunidade e ameaça, respectivamente (Guia PMBOK, 2017). Não existe somente a ameaça de ocorrer um erro ou prejuízo, pode haver risco positivo, sendo visto como uma oportunidade para a empresa, por exemplo: se existe um risco de uma atividade durar menos tempo ou custar menos que o planejado, a empresa pode não atualizar o planejamento deixando essa margem para o final do projeto. Logo, o grande objetivo deste gerenciamento está em aumentar a probabilidade de ocorrência dos eventos positivos e diminuir, dos eventos negativos.

O gerenciamento de risco se dá durante todas as etapas de um projeto, tanto na sua concepção quanto a sua entrega, como proposto por Silva (2008) na Figura 1. Enquanto o Gerenciamento do Projeto da organização se dá durante a execução da obra, o Gerenciamento de Riscos da mesma está presente desde a seleção de negócios, aquisição e contratação dos serviços, início ao final da construção.

Figura 1- Fases do ciclo de vida do subprojeto da organização.



Fonte: Silva (2008).

Porém, um eficiente gerenciamento de riscos podem reduzir erros que irão impactar na lucratividade do empreendimento, desvios estes que podem até impactar viabilidade ou continuidade de uma obra. Portanto, em todo o ciclo do projeto, deve haver pontos de parada para que se analise e verifique o desempenho da etapa, sendo possível o controle do processo e, se necessário atualização do mesmo, evitando possíveis erros. Em cada ponto, a empresa, deve estipular qual o nível de aceitação de riscos, ou seja, a tolerância ou o limite de risco que ela esta disposta a correr.

Segundo o Guia PMBOK (2017) o gerenciamento de riscos se dá nas 4 seguintes etapas: identificar os riscos; realizar a análise quantitativa dos riscos; realizar a análise qualitativa dos riscos e planejar as respostas aos riscos.

Como análise quantitativa dos riscos é possível usar técnicas determinísticas para coleta de dados que pode ser realizada por meio de entrevistas, análise de sensibilidade ou opinião especializada ou por técnicas probabilísticas através da simulação de dados, utilizando o Método de Monte Carlo.

Neste trabalho, optou-se por utilizar uma análise quantitativa para obter os riscos existentes no orçamento de um projeto. Para isso, utilizou-se como método de apresentação dos dados a modelagem e simulação dos mesmos, comumente utilizando a técnica de Monte Carlo quando se trata de análise de custos e/ou tempo, conforme realizado por: Mann (2013) e Mozart (2008), por exemplo.

Portanto, como já mostrado no exemplo, a fórmula para calcular a porcentagem de reserva sob o valor mais provável de ocorrer do orçamento é a seguinte:

$$RC = \frac{VS - VMP}{VMP} \quad (1)$$

Sendo:

RC – Reserva de contingência

VS – Valor de Sucesso

VMP – Valor mais provável

2.3. Orçamento

Como visto anteriormente, para que seja possível a elaboração de um orçamento, é necessário já ter sido formado a EAP de serviços e pacotes de trabalhos. Para elaboração de

estimativas de custos podem ser usados 2 técnicas: o Custo Unitário Básico, utilizado em etapas iniciais onde quer-se somente uma estimativa para viabilidade do empreendimento e o Orçamento Detalhado, quando informações sobre quantitativos já podem ser determinadas.

Tendo em mãos, também, os projetos fundamentais para a construção de um empreendimento, por exemplo: arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias, ambientação e paisagismo, é possível então tirar o quantitativo e agrupar junto às etapas.

Segundo Koo et al. (2010 apud Azevedo R. C. et al (2012)) deve ser identificado os aspectos relevantes sobre dados históricos e estabelecem a similaridade entre projetos como base para estimar o orçamento. Assim, muitas empresas possuem em seu sistema os valores para cada insumo ou pacote de trabalho, este valor já incluso material, serviço e mão de obra já com os devidos encargos.

Azevedo R. C. et al (2012) identificaram 10 etapas principais que o decisor julga interessante para avaliar o desempenho de um orçamento e ele concluiu a melhor maneira a ser orçado estas etapas para que se evita-se acúmulo de erros, como mostra na Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Os dez conceitos construídos a partir dos EAPs. (Lê-se (...) como "ao invés de".)

| Conceito | Descrição |
|----------|---|
| C11 | Garantir que projetos de áreas comuns sejam incluídos no orçamento... áreas comuns serem executadas com parte do lucro previsto |
| C12 | Garantir a escolha (padrão ou definição) do mobiliário para orçamentação... Não prever verba no orçamento para mobiliário |
| C13 | Garantir a escolha (padrão ou definição) de equipamentos... incluir os custos ao final da obra |
| C14 | Garantir verba para a compra de obras de arte... Incluir custos ao final da obra |
| C15 | Garantir a escolha (padrão ou definição) de utensílios... Incluir os custos ao final da obra |
| C16 | Garantir a inclusão dos custos do projeto de luminotéca no orçamento... Calcular os custos sem informações reais |
| C17 | Ter materiais pré definidos para iluminação... Cada empreendimento ter materiais para iluminação sem padronização |
| C18 | Garantir a inclusão dos custos do projeto de jardinagem no orçamento... Projeto de jardinagem executado com parte do lucro previsto |
| C19 | Definir verba para projeto de jardinagem... Arcar com os custos após a conclusão da obra |
| C20 | Garantir a inclusão dos custos do projeto de automação no orçamento... Calcular os custos sem informações reais |

Fonte: Azevedo et al (2012).

Destaca-se no Quadro 1 a EAP C19 em que Azevedo et al (2012) concluiu que, para um bom desempenho de um orçamento é preferível definir verbas para determinadas atividades à deixar esse custo para o termino da obra, aumentando ainda mais o risco de que o orçamento não seja suficiente para arcar com estes custos. Sendo assim, é comum, em grandes empresas, a utilização de verbas para etapas que não estão bem definidas em termos de projeto no referente período do orçamento para que se tenha uma margem, como por exemplo: no início do orçamento não se sabe ao certo o tipo de fundação que irá ser adotado em obra, então a construtora separa uma verba baseado em experiências anteriores até que o projeto de fundações seja finalizado.

Em um planejamento físico e financeiro de um empreendimento é comum a utilização de valores limites para definir a margem a qual aquele orçamento pode admitir. Existem muitas formas de estimar esses custos, como exemplo existem a opinião especializada, a estimativa paramétrica, a estimativa de três pontos, entre outros.

A opinião especializada conta com informações históricas e dispõe de discernimento quanto ao ambiente e informações de outros projetos passados e similares. A estimativa paramétrica utiliza a relação estatística de dados históricos e outras variáveis relevantes para o projeto como metro quadrado para orçar o valor total do projeto ou algumas partes do mesmo. Já a estimativa de três pontos é uma precisão que se considera a incerteza e o risco nas estimativas, possibilitando ao orçamento uma faixa de valores otimistas, sendo o melhor cenário, e valores pessimistas, o pior cenário, sendo o maior valor e o mais provável, o cenário mais realista para a realização do projeto. (Guia PMBOK, 2017).

24. Distribuições de probabilidade

Como, neste trabalho, optou-se por usar a simulação como método para se obter as probabilidades para os riscos em estudo e trata-se de experimentos aleatórios onde cada valor representa uma probabilidade de acontecer. Logo, chama-se esse tipo de função como “aleatório” ou estocástico”, conforme Spiegel, et al (2013).

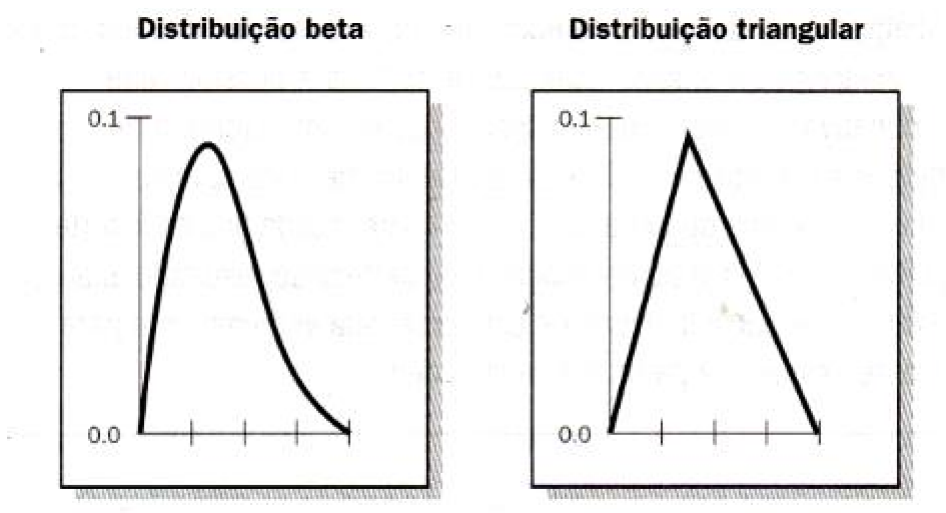
Uma variável aleatória possui um número finito de valores é chamada de variável aleatória discreta, enquanto que uma que assume um número infinito de valores é chamada de variável aleatória não discreta ou contínua (Spiegel, et al, 2013). Assim, é possível determinar, para as distribuições ou funções de probabilidade com variável aleatória contínua, a probabilidade cujo aquela variável esteja entre um intervalo.

As principais distribuições de probabilidade cujo variável é discreta, são: Bernoulli, Binomial, Poisson e Geométrica. Já as distribuições com a variável contínua, são: Uniforme, Exponencial, Guassiana, Beta, Gama, Beta, Triangular.

As distribuições de probabilidades contínuas, amplamente usadas em modelagem e simulação, representam a incerteza em valores tais como custos de componentes do projeto, conforme exposto no Guia PMBOK (2017). Para fim deste trabalho, uma vez que se refere à simulação de custos a partir de dados históricos, pode-se definir as variáveis como sendo aleatórias por não dependerem entre si e contínuas, por não possuírem probabilidade para um valor específico e sim para um intervalo.

Assim, dentro das distribuições de probabilidade existentes, optou-se por utilizar para a simulação duas: triangular e beta, conforme Figura 2. Estas são as distribuições que representam formas compatíveis dos dados normalmente desenvolvidos durante a análise quantitativo dos riscos. Os dados mostrados na figura da esquerda (distribuição beta) são um exemplo da família de tais distribuições determinadas por dois “parâmetros de forma”. Outras distribuições comumente usadas incluem a uniforme, normal e lognormal. Nesses gráficos, mostrado na Figura 2, o eixo horizontal “x” representa os valores possíveis de tempo ou custo e o eixo vertical “y” representa a probabilidade relativa (Guia PMBOK, 2017).

Figura 2 - Exemplos de distribuições de probabilidade mais utilizadas para uma análise quantitativa de risco.



Fonte: Guia PMBOK (2017).

2.5. Simulação Monte Carlo

De acordo com o Guia PMBOK (2017) a simulação é uma técnica de modelagem e análise quantitativa dos riscos, incluindo a análise de sensibilidade e a análise do valor monetário esperado.

Ao utilizar-se de um modelo para converter as incertezas especificadas no projeto em possíveis impactos nos objetivos, a simulação funciona como um mecanismo de iteração onde se lançam vários valores aleatoriamente, a partir de valores de entrada, para cada ponto das distribuições de probabilidades dessas variáveis. Conforme o Guia PMBOK (2017), as simulações são tipicamente executadas usando a técnica de Monte Carlo, onde possui como valores de entrada os limites de valores: otimista, mais provável e pessimista, conhecido como estimativas de três pontos, com as seguintes definições:

- **Mais provável:** O custo baseado numa análise mais realista de uma atividade;
- **Otimista:** O custo baseado no melhor cenário de uma atividade;
- **Pessimista:** O custo baseado no pior cenário de uma atividade.

De acordo com Costa e Azevedo (1996 apud Silva et al, 2007) o Método de Monte Carlo – MMC é uma técnica de amostragem artificial, empregada para operar numericamente sistemas complexos que tenham componentes aleatórios.

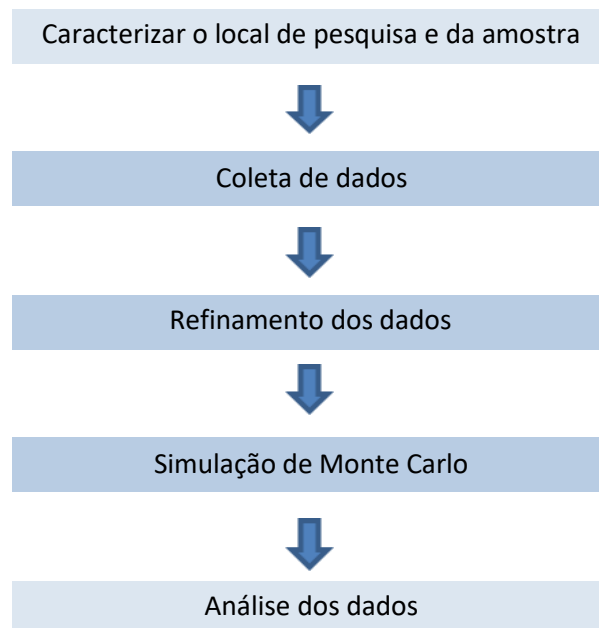
Programas de simulação como o @Risk que, usando o MMC, simulam valores aleatórios para os dados reais inseridos como variáveis independentes e obtém dados para a variável dependente em questão. Esta simulação é repetida inúmeras vezes até que se obtenha um comportamento dos dados, informando a probabilidade de ocorrência.

O Método de Monte Carlo é bastante usado na área financeira e econômica por conta da característica aleatória do método e a possibilidade de se solucionar problemas complexos que não seriam possíveis utilizando métodos convencionais, como mostrado em Silva et al (2007) e Saraiva Junior et al (2011).

3. DADOS E MÉTODOS

Adotou-se um tipo de estudo quantitativo com um referencial teórico-metodológico experimental por meio da simulação de Monte Carlo. Ao ter o consentimento do problema que motiva a pesquisa sobre análise de risco em orçamentos na construção civil, para que se obtenha um resultado satisfatório ou o entendimento do que gerou o problema chave desta pesquisa, é necessário desenvolver e elencar os passos ao qual ele será executado, que são: mapeamento do local de pesquisa e definição da amostra, coleta de dados históricos da amostra, refinamento dos dados, simulação de Monte Carlo, análise de dados e avaliação dos riscos, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Etapas da metodologia.



Fonte: Próprio autor. (2019)

3.1. Caracterização do local de pesquisa e da amostra

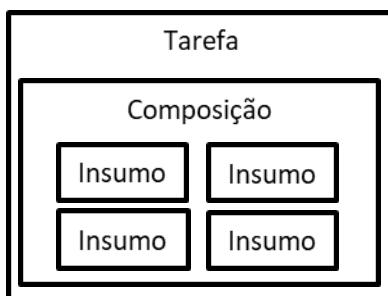
A caracterização do local de pesquisa visa identificar o universo ao qual a amostra está inserida, portanto escolheu-se trabalhar com amostra da Construtora Colmeia, com sua matriz situada em Fortaleza/CE e filial em Manaus/AM, Natal/RN e Campinas/SP, possui vasta experiência em construção de edifícios multifamiliares e excelência em planejamento do projeto.

A Construtora Colmeia realiza seus orçamentos baseados em projetos, relatórios

ou estimativas autorizadas pelo Gestor de Planejamento da empresa. Portanto, é esperada uma semelhança de estrutura e de custo entre os projetos por se tratar de itens arquivados no sistema, contribuindo para a alimentação dos dados históricos de insumos.

Os orçamentos são elaborados dentro de um sistema próprio da empresa onde, para se mantenha um padrão de informações, é organizado em tarefas que compõem cada etapa. Essas tarefas são composições de insumos, ou seja, insumos, sozinhos ou combinados, formam as composições que, por sua vez, compõem tarefas, como mostra a Figura 4. Neste trabalho optou-se por denominar essas tarefas como subetapas, logo a composição de uma ou mais subetapas se configura em uma etapa.

Figura 4 - Composição das tarefas ou subetapas.



Fonte: Cartilha de orçamento - Construtora Colmeia

É necessário pontuar que a Construtora Colmeia divide e denomina os seus projetos e futuros empreendimentos em centro de custos a qual se reconhece por meio de algarismos arábicos. Para fim de entendimento o centro de custo, por exemplo, 193 se configura no empreendimento “X”.

Para esta pesquisa, optou-se por buscar orçamentos analíticos de empreendimentos multifamiliares de alto padrão conforme definição da NBR 12721 através do CUB/m² (custo unitário básico de construção por metro quadrado) do empreendimento. Uma vez que o orçamento de futuros empreendimentos em qualquer filial é realizado pelo matriz, é esperado que, na confecção do mesmo, se utilize a mesma metodologia tanto quanto as mesmas etapas e atividades, para obter a melhor análise dos seus prováveis riscos.

Os empreendimentos selecionados para constituir os dados históricos desta pesquisa foram projetos cuja incorporação possui o código R 16-A que constitui residência multifamiliar, padrão alto que na NBR 12721:2006 mostra serem empreendimentos compostos por garagem, pilotis, acima de 16 pavimentos e área real (área privativa total somada à área de uso comum total da unidade autônoma) acima de 10.461,85 m², entre outras especificações. Esse documento não pode ser disponibilizado para a pesquisa pela Construtora por se tratar de assunto

confidencial, sendo possível somente a análise para escolha dos empreendimentos com essas características.

Ao mapear o local de pesquisa e amostra, foi necessário o estudo de como a Construtora sistematizava seus orçamentos para que então pudesse dar início à coleta dos dados necessários, a organização dos dados e, por fim, a simulação do método. De maneira sucinta, encontra-se no Apêndice A o orçamento completo de um centro de custo da Construtora Colmeia, demonstrando como são separadas as etapas e subetapas, uma vez que constituem o objeto de estudo deste trabalho.

3.2. Coleta de dados históricos

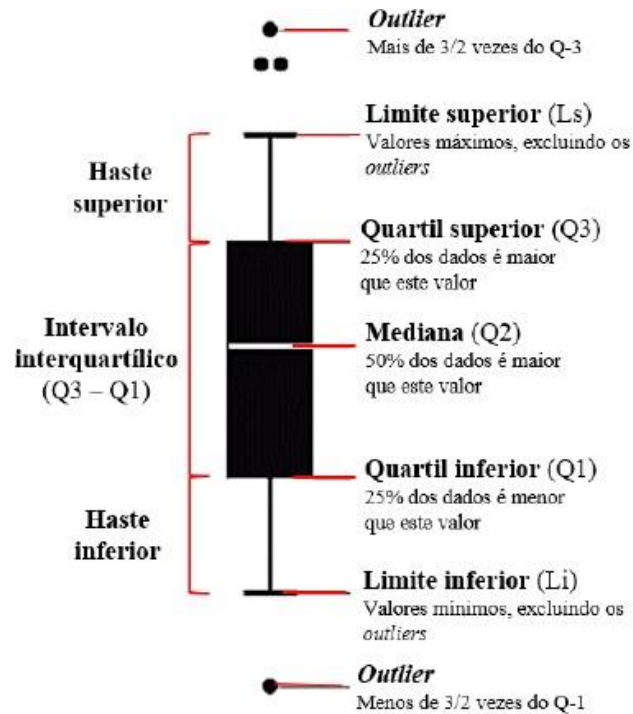
A coleta de dados históricos foi possível através da disponibilidade da construtora em fornecer os orçamentos analíticos já executados dos empreendimentos onde é possível obter os valores estimados para construção do projeto.

Conforme informação fornecida pela Engenheira Civil do setor de orçamentos da Construtora, foram retirados os orçamentos que não possuíam o padrão alto, ou seja, que não possuía o código R 16-A conforme NBR 12721:2006 e os que, mesmo sendo padrão alto, possuíam mais de uma torre, assim, de 30 orçamentos coletados, foram necessários à exclusão de 11, restando, apenas 19 empreendimentos.

Posteriormente, foi realizado o método Boxplot, que consiste em um dos recursos utilizados para sintetizar visualmente os dados amostrais, e exibir os valores de tendência central (mediana), dispersão (quartis, limites e valores extremos) e verificação da distribuição (simetria) entre as hastes, como mostra a Figura 5. Esse método identifica valores atípicos ou discrepantes dos outros, valores esses chamados de *outliers*. É importante que esses valores sejam identificados, pois podem influenciar a análise de dados e conduzir a distorções e conclusões inválidas. Para aplicação do método de Boxplot, é necessário o cálculo da média, primeiro e terceiro quartil, para que se possa calcular o IIQ, intervalo interquartil, dado pela equação:

$$\text{IIQ} = (\text{Q3} - \text{Q1}) \quad (1)$$

Figura 5 - Elenco de informação contida no Boxplot.



Fonte: Valadares Neto et al. (2017).

Os orçamentos da Construtora em questão são divididos em 23 etapas, como relacionado no Quadro 2, e possuindo mais de 170 atividades ao total. Como não se teve acesso aos valores executados de todos os empreendimentos, para que fosse possível identificar etapas que possuem maior probabilidade de riscos, optou-se, para realizar a simulação de Monte Carlo aquelas que tivessem um impacto alto e muito alto na escala de risco, conforme a Figura 6 por possuir influencia de mais de 20% no aumento de custo de um empreendimento.

Figura 6 - Definição de escalas de impacto para quatro objetivos do projeto.

| Condições definidas para as escalas de impacto de um risco nos objetivos principais do projeto (Exemplos são mostrados somente para impactos negativos) | | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
| Objetivo do projeto | Escalas relativas ou numéricas são mostradas | | | | |
| | Muito baixo /0,05 | Baixo /0,10 | Moderado /0,20 | Alto /0,40 | Muito alto /0,80 |
| Custo | Aumento insignificante do custo | <10% aumento do custo | 10 - 20% aumento do custo | 20 - 40% aumento do custo | >40% aumento do custo |
| Tempo | Aumento insignificante do tempo | <5% aumento do tempo | 5 - 10% aumento do tempo | 10 - 20% aumento do tempo | > 20% aumento do tempo |
| Escopo | Diminuição pouco notável do escopo | Áreas secundárias do escopo afetadas | Áreas principais do escopo afetadas | Redução do escopo inaceitável para o patrocinador | Produto final do projeto é efetivamente inútil |
| Qualidade | Degradação pouco notável da qualidade | Somente aplicações muito exigentes são afetadas | Redução da qualidade requer aprovação do patrocinador | Redução do escopo inaceitável para o patrocinador | Produto final do projeto é efetivamente inútil |

Esta tabela apresenta exemplos de definições de impacto dos riscos para quatro objetivos diferentes do projeto. Eles devem ser ajustados no processo de Planejar o gerenciamento dos riscos para o projeto em questão e para os limites de tolerância a riscos da organização. As definições de impacto podem ser desenvolvidas para as oportunidades de uma maneira similar.

Fonte: Guia PMBOK (2017).

Logo, optou-se por utilizar como ferramenta para essa análise de risco o gráfico de Pareto em todos os orçamentos estudados para identificar as etapas ou atividades que tivesse maior influência sobre este, ou seja, aquelas etapas que, acumuladas, possuem influência em 80% no orçamento total. Pois, através dessa análise, podem-se definir as escalas de impacto de risco em um projeto.

Quadro 2 – Etapas do empreendimento.

| |
|--|
| S02 – SERVIÇOS PRELIMINARES |
| S03 – TRABALHOS EM TERRA |
| S04 – FUNDAÇÕES |
| S05 – ESTRUTURA |
| S06 – INSTALAÇÕES |
| S07 – ELEVADORES |
| S08 – ELEVAÇÃO |
| S09 – COBERTA |
| S10 – ESQUADRIAS |
| S11 – ACABAMENTOS INTERNOS |
| S12 – ACABAMENTOS EXTERNOS |
| S13 – PINTURA |
| S14 – APARELHOS |
| S15 – ELEMENTOS DECORATIVOS |
| S16 – URBANIZAÇÃO |
| S17 – LIMPEZA |
| S18 – ADMINIS TRAÇÃO DA OBRA |
| S19 – MÃO DE OBRA DE APOIO |
| S20 – HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO |
| S23 – DESPESAS DE INCORPORAÇÃO |

Fonte: Cartilha Orçamento - Construtora Colmeia (2016).

Assim, sendo possível a simulação dos totais dos orçamentos e das etapas que mais tiveram influência comumente a todos os centros de custo.

3.3. Refinamento dos dados

Optou-se por simular dois cenários diferentes para que se pudesse entender como melhor o método pode ser empregado. Sendo o primeiro, o valor total do orçamento, onde se avaliaria o método em termos Para essa pesquisa, a variável considerada foi apenas o custo previsto. Já tendo sido feito a coleta de dados e retirados os *outliers* pelo método do Box-Pot, O refinamento dos dados foram feitos em duas etapas:

A primeira etapa consistiu na organização dos dados, da seguinte maneira: primeiro foi feito a organização da planilha de orçamento individualmente de cada edifício, em seguida separou-se somente os totais das etapas, classificando-os do maior para o menor valor, com isso, foi feito o gráfico de Pareto para cada empreendimento, a fim de observar as etapas que possuíam mais influência no orçamento total.

O princípio de Pareto foi criado por Vildredo Pareto em 1897 e em 1941 foi introduzido nas ciências organizacionais por Joseph M. Juran. Juran propôs, a partir das ideias de Pareto, que 80% dos problemas de uma organização estão ligados e são ocasionados por apenas 20% destes problemas. Para solucionar 80% dos problemas ou dos riscos de um projeto, se faz necessário a análise de 1/5 das causas potenciais. Com isso, pode-se utilizar neste trabalho como as etapas que mais influenciam no orçamento aquelas que, acumuladas, representam 80% do valor do projeto.

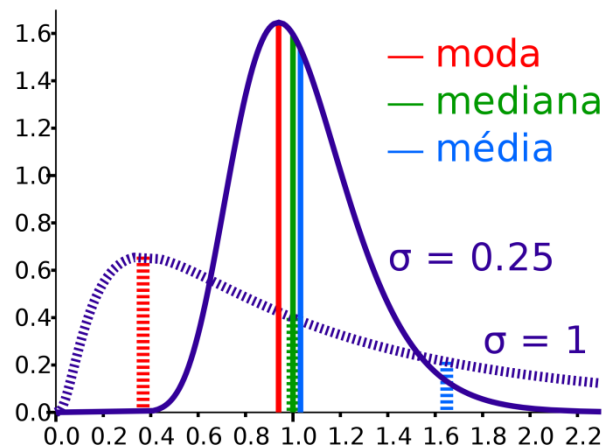
Dentre várias etapas que faziam parte desses 80% de influencia do orçamento, optou-se por estudar as etapas que eram comuns a todos os empreendimentos que constituíam os dados históricos.

A segunda etapa teve como objetivo a organização dos dados, elaborando dois tipos de planilha: centro de custo x custo total de cada etapa e centro de custo x custo de cada subetapa das etapas escolhidas através do gráfico de Pareto, tabela esses mostradas no Apêndice B e Apêndice C, respectivamente. Para que seja possível a realização das simulações em ambos cenários, custo total das etapas e subetapas, é necessário obter os valores de máximo, mais provável e mínimo, para tanto optou-se por utilizar as fórmulas dispostas no Excel: =MÁXIMO(), =MED() e =MÍNIMO(), respectivamente.

Utilizou-se a moda como sendo o valor mais provável. Ou seja, como para o Cenário I, o total do orçamento é o somatório das etapas e para o Cenário II, o total é o somatório das subetapas, pode-se considerar que a partir de um considerável número de dados históricos, esses dados correspondem a uma distribuição de probabilidade Normal. Sendo assim, tendo ciência

das medidas de tendência central, o valor do topo do histograma de um gráfico da Normal é a moda dos dados, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Gráfico de uma distribuição de probabilidade Normal.



Fonte: Magalhães (2006).

34. Simulação de Monte Carlo

Com esses valores em planilhas, passa-se para etapa de simulação que irá auxiliar na construção do modelo de análise de risco. Optou-se por utilizar como auxílio para realizar a simulação de Monte Carlo o software @Risk. Esse modelo matemático computadorizado precisa de dados de entrada para interagir a partir de milhares de iterações para que assim ofereça os resultados de probabilidade como saída.

Nesta simulação opta-se por considerar as variáveis de forma independente, pois se acredita que algumas variáveis probabilísticas, ou seja, no caso deste trabalho a variável de custo previsto possui relação entre si de forma positiva ou negativa, porém como não há uma forma estruturada de cálculo para definição do grau desta correlação, opta-se por usar essa de forma independente. (SOUZA, 2011)

Foi utilizado também para estimar os custos de ambos os cenários a estimativa de três pontos, cujos dados históricos são apresentados para o método como máximos, mínimos e mais prováveis, conforme explicitado anteriormente.

A simulação foi realizada conforme PINTO (2017):

1. Inicialmente, construiu uma base das possíveis variações no orçamento da empresa, identificados pelos valores máximos, mais prováveis e mínimos;
2. A seguir, construiu-se uma amostra com as principais incertezas relativas aos orçamentos, usando distribuição de probabilidade, denominando-se *inputs*;
3. Em terceiro lugar, foram especificadas as relações entre a variável de entrada, denominando-se *outputs*;
4. Por último, executou-se a simulação propriamente dita.

Visto que a primeira fase foi realizada no refinamento de dados quando, através das planilhas de centro de custo x custo das etapas e subetapas, foi obtido os valores de mínimos, máximos e mais provável dos dados históricos das etapas no primeiro cenário e das subetapas no segundo cenário.

A segunda fase optou-se por utilizar dois tipos de distribuição de probabilidade: a Triangular e a Beta. No @Risk, ao selecionar a distribuição adequada para aqueles dados, ou seja, o *input* é necessário colocar os valores de máximo, mais provável e mínimo para a distribuição de probabilidade triangular, já indicado na primeira fase a partir dos dados históricos da amostra em estudo. E para a distribuição Beta, devem-se selecionar os valores de máximo, mínimo e parâmetros de forma, chamado alfa. Já que esta distribuição também pode ser utilizada para esses tipos de simulações conforme afirma o Guia PMBOK (2017), adotaram-se valores de alfa semelhantes e iguais à 2 (dois), uma vez que com esses valores de alfa o gráfico da distribuição de probabilidade Beta fica mais próximo da distribuição Normal, conforme afirma o Teorema do Limite Central. (Fernandes, 2005).

A terceira fase, como citado anteriormente, optou-se por considerar como variável o somatório de todas as distribuições das etapas (*inputs* do cenário I), configurando o total do orçamento simulado e o somatório de todas as distribuições das subetapas (*inputs* do cenário II) como custo total das etapas que possuem mais relevância, determinado anteriormente, através do gráfico de Pareto.

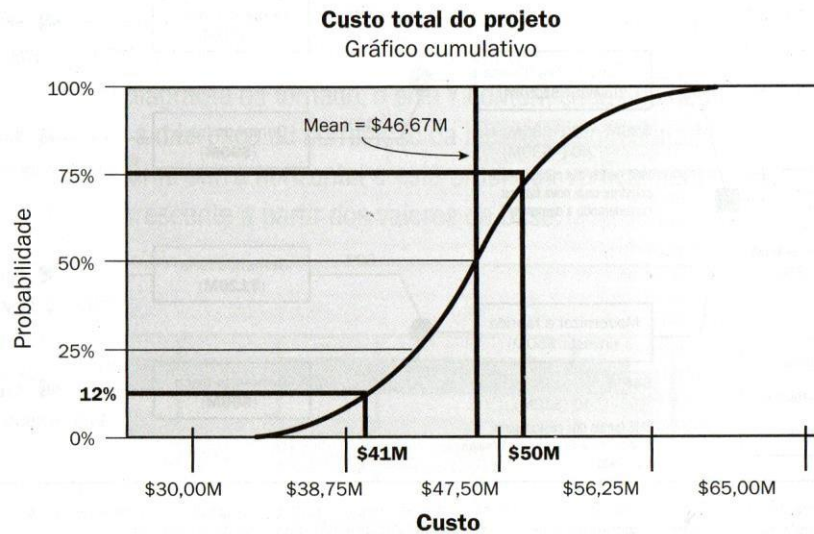
E por fim, a quarta fase quando se inicia a simulação, utilizou-se 100 mil iterações, com foco na convergência de resultados através do software @Risk. E considerou-se um intervalo de confiança de 90%.

O resultado de sucessivas iterações se dá como uma estimativa de custo e formado, assim, um histograma com a frequência dos resultados. Esse histograma disponibiliza várias interpretações possíveis acerca do método utilizado para analisar o risco do projeto. Dentre diversas, a reserva de contingência é importante para determinar se o projeto em questão está favorável para a empresa, ou seja, é resposta para a tomada de decisão se ela irá interromper ou dará continuidade ao empreendimento.

Uma das informações que o histograma poderá fornecer é a probabilidade de ocorrência do valor mais provável e, se a empresa, preferir fixar uma probabilidade, ou seja, se ela decidir que os orçamentos das etapas ou o orçamento total deverá conter X% de chance de acontecer, o histograma fornecerá o valor referente à essa probabilidade. Assim, pode-se utilizar essa informação como estratégia para que a construtora reserve o dinheiro excedente ao valor mais provável de ocorrer, chama-se isto de reserva de contingência.

A reserva de contingência se dá pela porcentagem à qual o empreendedor terá que possuir para que o seu projeto possa dar continuidade sem apresentar danos, ou seja, valor extra para se tiver planejado o gasto uma vez que sua probabilidade de ocorrência é maior. Como exemplo, vemos no Guia PMBOK (2017), conforme Figura 8. A partir da simulação feita com os seus dados da empresa, essa possuía um valor previsto para realização de um projeto de 41 milhões de reais, que condizia à apenas 12% do custo. Com o caráter conservador, a mesma optou por reservar o valor à qual tivesse uma probabilidade de 75% de sucesso que condizia a um valor de 50 milhões de reais. Sendo assim, necessário reservar a mais em 22% $((50M-41M)/41M)$ do total do projeto ou 8 milhões de reais. Para esta pesquisa o valor previsto se dará pelo valor mais provável, ou seja, a moda dos valores da simulação.

Figura 8 - Exemplo sobre reserva de contingência.



Fonte: Guia PMBOK (2017).

3.5. Análise de dados

Após realizada a simulação e obtidos as distribuições de probabilidade dadas a partir da simulação de Monte Carlo, é necessário analisar se o método e as distribuições utilizadas neste são consistentes e pode ser aplicados de maneira a minimizar os riscos de um orçamento na construção civil.

Como foi predeterminado que as variáveis de custo eram independentes entre si, elas podem ser consideradas como se sua influência fosse apenas pontual, porém tendo ciência da negligência da influência que uma variável pode acarretar sobre outras variáveis. (PINTO, 2017).

Diante da definição de que risco é “um evento e condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo nos objetos do projeto”, segundo o Guia PMBOK (2017), pode-se afirmar que risco está relacionado às probabilidades de ocorrência de determinados resultados, obtidos após cada simulação dos dados. Assim a medida de risco é dada pelo desvio-padrão da distribuição de probabilidades da variável-objetivo em relação ao seu valor esperado, representado pela média. O desvio-padrão representa a dispersão dos valores da variável objetivo em torno da média (PINTO, 2017).

Então, como uma maneira de analisar o método e as distribuições, optou-se por utilizar o desvio padrão dos valores simulados com relação à média, como sugerido. Para isso é necessário à obtenção do valor mais provável como sendo o valor esperado por ser utilizado em ambos os métodos de análise, este valor será dado pela moda dos dados da simulação,

pois o resultado da simulação Monte Carlo responde à uma curva normal de distribuição de probabilidade. (FERNANDES, 2005).

Para se ter uma maior compreensão do quanto esse desvio padrão está distante da média, ou, em outras palavras, para quantificar o erro, optou-se por representar esse desvio como coeficiente de variação, sendo este expresso da seguinte forma:

$$\text{Coeficiente de variação} = \frac{\text{Desvio Padrão}}{\text{Média}}$$

Portanto, com ambas as verificações da eficiência do método, pode-se então encontrar as estimativas para os limites otimistas, mais prováveis e pessimistas tanto para o custo total do orçamento, Cenário I, quanto para o custo total das etapas influentes, Cenário II, podendo, assim, incorporar o método ao se analisar orçamentos de projeto ao se tratar de empreendimentos com as mesmas características dos estudados neste trabalho.

Forão escolhidos os valores limites como sendo os valores otimistas e pessimistas referente à distribuição de probabilidade que apresentar menor desvio padrão, pelo fato de representar menor erro, em outras palavras, a variação da moda que é dado como sendo o valor mais provável. Para o valor mais provável foi considerado a moda encontrado após as sucessivas interações da simulação de Monte Carlo. E para os valores otimistas e pessimistas foram considerados aqueles cujos limites foram encontrados na simulação com níveis de aceitação de 90%.

Como uma maneira de agregar à análise de risco do empreendimento, optou-se por uma reserva de contingência necessário para se possuir um sucesso de 80%, considerando um valor conservador para um construtor, como mostrado como resultado da simulação pelo @Risk.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Coleta de dados históricos

Após o estudo da composição do orçamento elaborado pela Construtora, foi necessário um apuramento da amostra, selecionando apenas empreendimentos de Padrão A, segundo a NBR 12721 onde possui como base os valores de CUB/m² (Custo unitário básico de construção por metro quadrado). Então, foram descartados por essa primeira análise 11 empreendimentos de 30 que haviam sido coletados, restando 19 orçamentos para análise.

Passando por essa primeira análise, foi aplicado o método de Boxplot nos restantes dos custos totais dos orçamentos, para isso foi necessário o cálculo do primeiro quartil, terceira quartil, média e IIQ, sendo mostrado a seguir os totais e os resultados, respectivamente na Tabela 2 e 3.

Tabela 2 - Total orçamentário dos centros de custos coletados.

| | Total | |
|------------|--------------|---------------|
| 215 | R\$ | 52,994,670.39 |
| 128 | R\$ | 29,229,542.93 |
| 188 | R\$ | 8,960,507.47 |
| 206 | R\$ | 11,368,436.00 |
| 207 | R\$ | 17,853,225.46 |
| 193 | R\$ | 74,637,417.61 |
| 209 | R\$ | 30,937,617.69 |
| 211 | R\$ | 11,471,117.26 |
| 212 | R\$ | 13,080,428.10 |
| 214 | R\$ | 18,999,396.97 |
| 218 | R\$ | 41,208,006.46 |
| 219 | R\$ | 20,477,601.81 |
| 220 | R\$ | 16,459,608.63 |
| 222 | R\$ | 14,453,888.12 |
| 226 | R\$ | 14,315,525.21 |
| 227 | R\$ | 23,576,270.84 |
| 229 | R\$ | 42,744,787.30 |
| 230 | R\$ | 26,239,468.53 |
| 231 | R\$ | 15,968,208.08 |

Fonte: Próprio autor (2019).

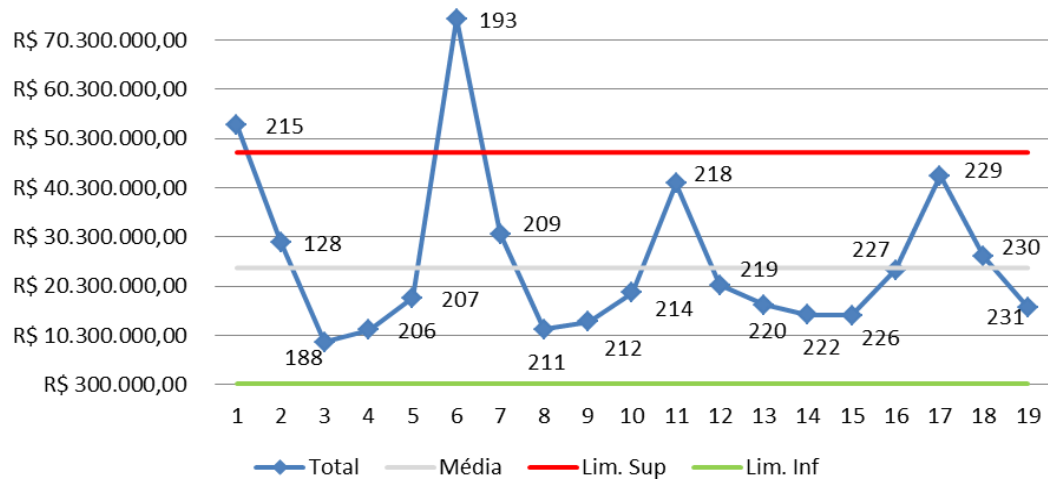
Tabela 3 - Resultado do método de Boxplot

| | | |
|---------------------------|-----|---------------|
| Q1 | R\$ | 14,315,525.21 |
| Q3 | R\$ | 30,937,617.69 |
| Média | R\$ | 25,525,038.15 |
| IIQ | R\$ | 16,622,092.48 |
| MÉTODO BOXPLOT | | |
| Lsup | R\$ | 50,458,176.87 |
| Linf | R\$ | 591,899.43 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tendo os limites dos valores totais que os dados se tornam relacionados, pelo método Boxplot, assim, foram excluídos 2 empreendimentos que se encontravam além do Limite estabelecido, conforme mostra o Gráfico 1, com o centro de custo 215 e 193, totalizando 17 orçamentos disponíveis para estudos.

Gráfico 1 - Projetos com valores Outliers.



Fonte: Próprio autor (2019).

4.2. Refinamento dos dados

Seguindo o objetivo deste trabalho, foi possível refinar e organizar o orçamento dos empreendimentos, separando-os em dois cenários, o cenário I com o total das etapas e o cenário II com o total das subetapas que mais tiveram mais influencia no orçamento comumente à todos os empreendimentos.

a) Cenário I

Sendo a primeira etapa a limpeza dos dados, os valores totais de cada etapa referente a cada centro de custo, configurando o cenário I, encontra-se no Apêndice B.

b) Cenário II

A seguir, para definir quais etapas eram relevantes no orçamento, se fez necessário o uso do gráfico de Pareto. Então foi elaborada uma tabela com o valor da etapa, a porcentagem relativa ao total do orçamento e a porcentagem acumulada deste, conforme visto na Tabela 4.

Então, foi elaborado o gráfico de Pareto e verificado as etapas ao qual influenciam até 80% do valor do orçamento, podendo visualizar essa tendência no Gráfico 2 a seguir. Com isso, visualizou-se que para o centro de custo 204 em questão, as etapas que mais influenciaram no orçamento foram: 18, 05, 06, 11, 12, 08, 15, 10, 19, 04, 13 em ordem decrescente. Assim, foi realizado o mesmo procedimento para todos os 17 centros de custo em estudo. Colocando os resultados obtidos em uma planilha, pode-se analisar etapas, que possuíam grande influência no valor total, comum à todos os empreendimentos. As etapas em comum que foram selecionadas para análise a partir do método proposto neste trabalho foram as de números: 05, 06, 11 e 18. Tendo suas definições mostradas na Tabela 5 e a relação entre o valor das etapas selecionadas e os centros de custos, poderá ser visualizada no Apêndice C.

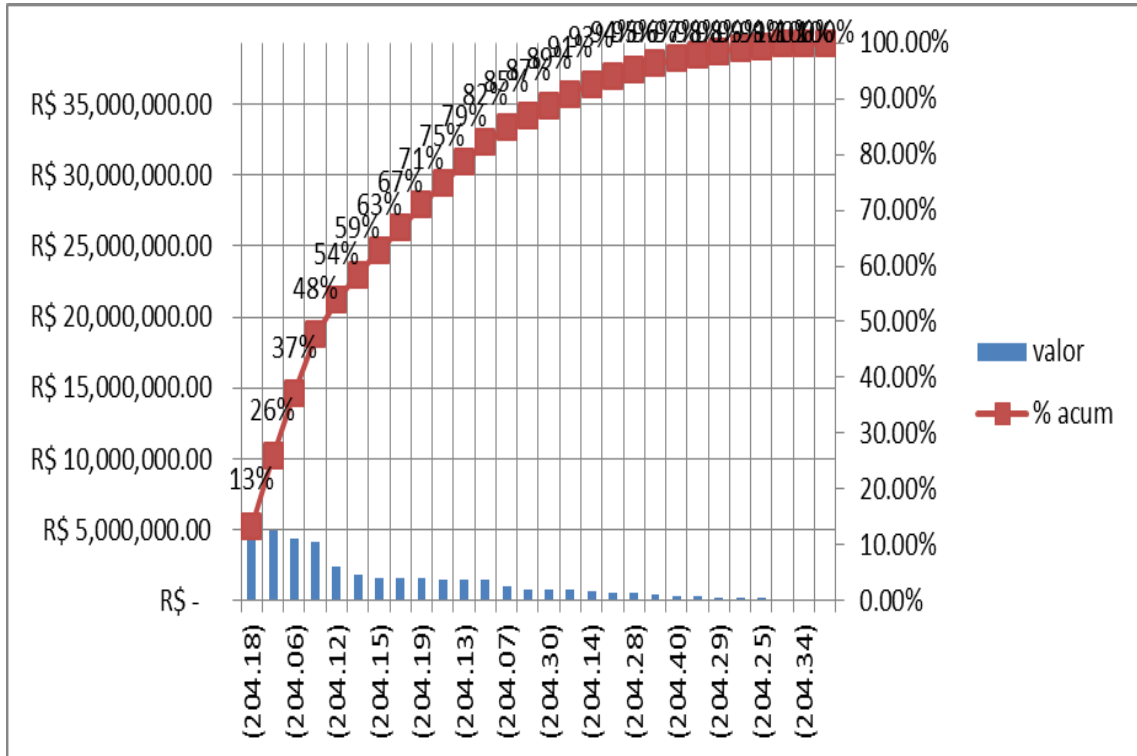
Tabela 4 - Dados de um centro de custo para gráfico de Pareto.

| ETAPAS | VALOR | % | % ACUM. |
|----------|------------------|---------|---------|
| (204.18) | R\$ 5,277,223.31 | 13.417% | 13.42% |
| (204.05) | R\$ 4,904,746.62 | 12.470% | 25.89% |
| (204.06) | R\$ 4,429,809.87 | 11.262% | 37.15% |
| (204.11) | R\$ 4,132,897.23 | 10.507% | 47.66% |
| (204.12) | R\$ 2,440,752.61 | 6.205% | 53.86% |
| (204.08) | R\$ 1,831,017.03 | 4.655% | 58.52% |
| (204.15) | R\$ 1,653,835.43 | 4.205% | 62.72% |
| (204.10) | R\$ 1,624,587.55 | 4.130% | 66.85% |
| (204.19) | R\$ 1,610,342.63 | 4.094% | 70.95% |
| (204.04) | R\$ 1,539,233.56 | 3.913% | 74.86% |
| (204.13) | R\$ 1,460,918.60 | 3.714% | 78.57% |
| (204.32) | R\$ 1,433,157.45 | 3.644% | 82.22% |
| (204.07) | R\$ 991,377.81 | 2.520% | 84.74% |
| (204.09) | R\$ 809,030.01 | 2.057% | 86.79% |
| (204.30) | R\$ 808,240.45 | 2.055% | 88.85% |
| (204.26) | R\$ 787,178.27 | 2.001% | 90.85% |
| (204.14) | R\$ 686,543.88 | 1.745% | 92.59% |
| (204.03) | R\$ 533,453.32 | 1.356% | 93.95% |
| (204.28) | R\$ 524,791.80 | 1.334% | 95.29% |
| (204.02) | R\$ 392,936.77 | 0.999% | 96.28% |
| (204.40) | R\$ 367,583.58 | 0.935% | 97.22% |
| (204.20) | R\$ 282,108.48 | 0.717% | 97.94% |
| (204.29) | R\$ 203,053.88 | 0.516% | 98.45% |
| (204.27) | R\$ 187,690.10 | 0.477% | 98.93% |
| (204.25) | R\$ 178,104.67 | 0.453% | 99.38% |

| | | | |
|--------------|--------------------------|-------------|---------|
| (204.17) | R\$ 144,968.82 | 0.369% | 99.75% |
| (204.34) | R\$ 51,049.30 | 0.130% | 99.88% |
| (204.31) | R\$ 46,920.00 | 0.119% | 100.00% |
| TOTAL | R\$ 39,333,553.03 | 100% | |

Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 2 - Gráfico de Pareto para centro de custo 204.



Fonte: Próprio autor (2019).

Optou-se por utilizar o centro de custo 204 no Gráfico 2 somente para fim de exemplificar como foi elaborado o Gráfico de Pareto, este sendo executado para todos os centros de custos. O eixo horizontal “x” indica a etapa referente ao centro de custo, já o eixo vertical “y” indica o valor total de cada etapa.

Tabela 5 - Etapas a serem estudadas.

| Código | Descrição |
|--------|-----------------------|
| 05 | Estrutura |
| 06 | Instalações |
| 11 | Acabamentos Internos |
| 18 | Administração de obra |

Fonte: Próprio autor (2019).

4.3. Simulação de Monte Carlo

A partir do refinamento dos dados e da definição dos componentes dos dois cenários, deu-se início à simulação dos dados em si, seguindo o passo-a-passo indicado na metodologia.

a) Cenário I

Primeiramente, foi necessário identificar os valores de máximo, mais provável e mínimo dos valores totais de cada etapa do orçamento dentre todos os centros de custos. Esses valores estão indicados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos - Cenário I.

| ETAPA | MÍNIMO | MAIS PROVÁVEL | MÁXIMO |
|-------|------------------|------------------|-------------------|
| 04 | R\$ 615,924.08 | R\$ 1,185,875.95 | R\$ 2,970,891.60 |
| 05 | R\$ 1,681,375.06 | R\$ 3,756,605.15 | R\$ 11,136,766.92 |
| 06 | R\$ 745,061.60 | R\$ 1,605,843.45 | R\$ 3,251,209.25 |
| 08 | R\$ 477,064.99 | R\$ 1,396,357.73 | R\$ 1,931,896.73 |
| 10 | R\$ 562,795.63 | R\$ 871,178.81 | R\$ 1,978,192.32 |
| 11 | R\$ 925,180.77 | R\$ 1,678,698.64 | R\$ 4,916,580.56 |
| 12 | R\$ 483,691.68 | R\$ 958,572.14 | R\$ 2,736,921.75 |
| 15 | R\$ 603,972.06 | R\$ 1,103,456.39 | R\$ 2,734,969.20 |
| 16 | R\$ 457,219.91 | R\$ 1,165,183.70 | R\$ 2,209,913.67 |
| 18 | R\$ 1,067,949.25 | R\$ 2,019,745.14 | R\$ 4,204,809.39 |

Fonte: Próprio autor (2019).

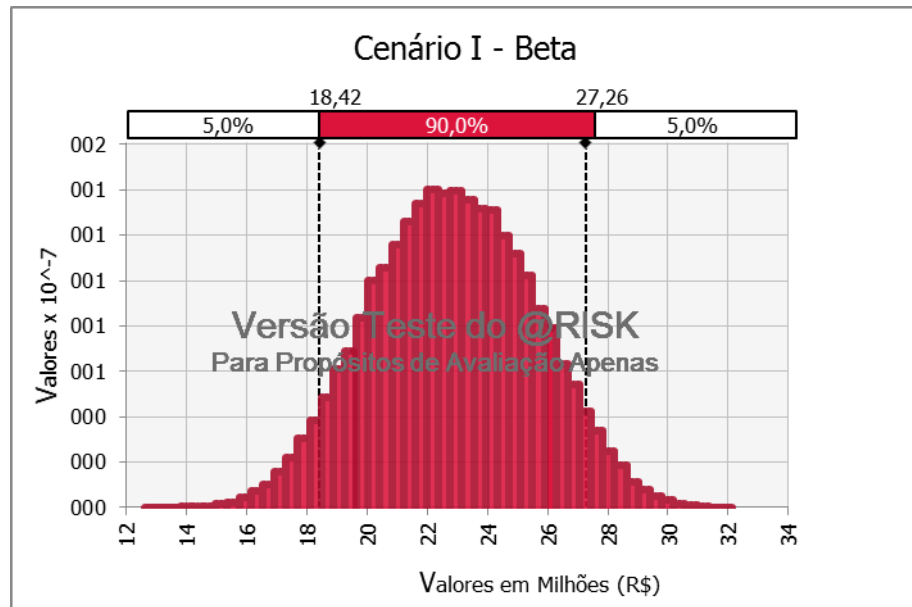
Após encontrar esses valores, podem-se definir os *inputs*, ou seja, determinar a distribuição de probabilidade à qual se deseja que esses dados sejam simulados. Para que se possa verificar a melhor distribuição de probabilidade para este método, optou-se por simular a distribuição Beta e Triangular, por se tratar das distribuições mais utilizadas em artigos econômicos que utilizam o Método de Monte Carlo como base, conforme abordado na metodologia. Para seleção dessas distribuições, devem-se indicar os valores de máximos, mais prováveis e mínimos vistos anteriormente na Tabela 6 para cada etapa, gerando, assim, um valor aleatório.

Por último, selecionou o valor de *output*, valor este que deve ser constituído de uma equação para indicar a correlação entre os dados, assim, a variável de saída, indicou-se a soma das etapas, ou seja, o somatório das células constituídas pela distribuição de probabilidade. Por se tratar de valores aleatórios que mudam a cada atualização da planilha, optou-se por não dispor neste trabalho, ficando disponíveis apenas os resultados da simulação.

Por fim, indicou-se a quantidade de iteração igual a 100.000 e iniciou-se a

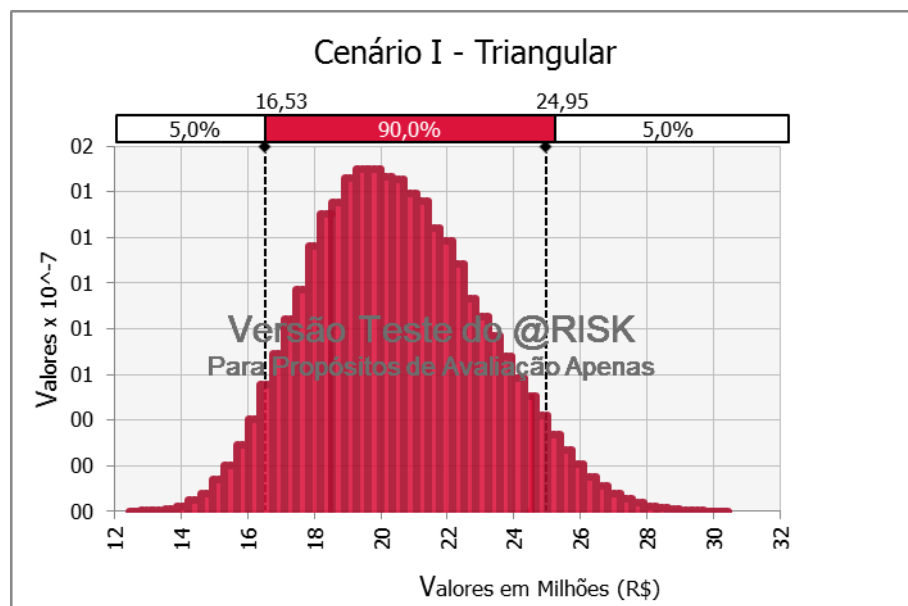
simulação propriamente dita, cujo resultado pode ser visto no Gráfico 3 e no Gráfico 4 para cada distribuição de probabilidade selecionada.

Gráfico 3 - Resultado de simulação Beta para cenário I.



Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 4 - Resultado de simulação Triangular para cenário I.



Fonte: Próprio autor (2019).

Pode-se observar que o orçamento total de um empreendimento com os padrões definidos anteriormente, varia entre 18,42 milhões e 27,26 milhões de reais para uma distribuição de probabilidade Beta e entre 16,53 milhões e 24,95 milhões de reais para uma Triangular. Apesar da diferença entre os limites para cada uma das distribuições, nota-se que a

variação entre eles são próximas, com aproximadamente 8 milhões de reais.

b) Cenário II

Da mesma forma que no Cenário I, foi realizado primeiramente a identificação dos valores máximos, mais prováveis e mínimos, através das respectivas fórmulas do Excel para cada das quatro etapas em estudo. A etapa 5, constituída de 10 subetapas, a etapa 6, de 21 subetapas, a etapa 11, de 10 subetapas e a etapa 18 contendo 13 subetapas, onde os detalhes do qual se refere cada subetapas destas estão dispostas no Apêndice A deste trabalho e os valores limites, podem ser visualizados na Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 a seguir.

Tabela 7 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 5 - Cenário II.

| SUBETAPA | MÍNIMO | MAIS PROVÁVEL | MÁXIMO |
|--------------|----------------|------------------|------------------|
| 05.01 | R\$ 815,481.83 | R\$ 2,298,551.04 | R\$ 8,460,382.31 |
| 05.02 | R\$ 588,221.55 | R\$ 1,140,110.22 | R\$ 3,242,602.46 |
| 05.04 | R\$ 4,088.44 | R\$ 7,023.22 | R\$ 9,957.99 |
| 05.05 | R\$ 8,061.00 | R\$ 14,714.00 | R\$ 63,900.00 |
| 05.06 | R\$ 10,338.47 | R\$ 43,197.66 | R\$ 86,588.54 |
| 05.07 | R\$ 48,166.29 | R\$ 136,000.00 | R\$ 366,502.18 |
| 05.10 | R\$ 3,557.92 | R\$ 4,076.48 | R\$ 6,709.51 |
| 05.11 | R\$ 6,807.91 | R\$ 12,337.48 | R\$ 18,477.95 |
| 05.12 | R\$ 24,790.38 | R\$ 77,961.47 | R\$ 185,443.72 |
| 05.13 | R\$ 49,353.60 | R\$ 74,420.35 | R\$ 99,487.10 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 8 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 6 - Cenário II.

| SUBETAPA | MÍNIMO | MAIS PROVÁVEL | MÁXIMO |
|--------------|----------------|----------------|------------------|
| 06.01 | R\$ 114,940.84 | R\$ 229,017.21 | R\$ 663,818.75 |
| 06.02 | R\$ 33,423.51 | R\$ 87,131.33 | R\$ 5,000,638.22 |
| 06.03 | R\$ 3,272.41 | R\$ 8,192.37 | R\$ 17,905.90 |
| 06.04 | R\$ 61,874.66 | R\$ 122,568.32 | R\$ 331,810.07 |
| 06.05 | R\$ 67,316.05 | R\$ 140,837.89 | R\$ 459,840.21 |
| 06.06 | R\$ 1,711.47 | R\$ 20,739.37 | R\$ 305,769.89 |
| 06.07 | R\$ 16,138.85 | R\$ 43,630.84 | R\$ 163,664.88 |
| 06.09 | R\$ 39,619.84 | R\$ 90,830.37 | R\$ 201,164.18 |
| 06.10 | R\$ 32,416.72 | R\$ 65,770.00 | R\$ 120,020.98 |
| 06.11 | R\$ 7,897.86 | R\$ 13,608.49 | R\$ 37,024.63 |
| 06.12 | R\$ 39,832.95 | R\$ 89,122.10 | R\$ 190,664.22 |
| 06.13 | R\$ 35,721.32 | R\$ 90,016.17 | R\$ 257,537.18 |
| 06.15 | R\$ 33,330.00 | R\$ 105,450.00 | R\$ 248,250.00 |
| 06.16 | R\$ 4,800.48 | R\$ 16,081.80 | R\$ 36,062.66 |
| 06.19 | R\$ 17,309.51 | R\$ 89,389.98 | R\$ 200,170.27 |

| | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------|
| 06.20 | R\$ 30,630.00 | R\$ 48,578.06 | R\$ 183,601.32 |
| 06.21 | R\$ 30,294.95 | R\$ 113,938.22 | R\$ 279,438.02 |
| 06.22 | R\$ 3,266.79 | R\$ 36,733.63 | R\$ 110,695.56 |
| 06.23 | R\$ 6,153.74 | R\$ 21,038.59 | R\$ 60,001.18 |
| 06.24 | R\$ 27,261.71 | R\$ 103,069.83 | R\$ 192,609.30 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 9 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 11 - Cenário II.

| SUBETAPA | MÍNIMO | MAIS PROVÁVEL | MÁXIMO |
|-----------------|----------------|----------------------|------------------|
| 11.01 | R\$ 284,499.05 | R\$ 575,179.09 | R\$ 2,236,768.65 |
| 11.02 | R\$ 91,152.58 | R\$ 245,112.75 | R\$ 803,136.12 |
| 11.03 | R\$ 7,362.21 | R\$ 22,423.26 | R\$ 60,663.22 |
| 11.04 | R\$ 35,857.09 | R\$ 120,930.30 | R\$ 7,292,824.54 |
| 11.05 | R\$ 9,259.76 | R\$ 14,426.53 | R\$ 52,021.44 |
| 11.06 | R\$ 14,512.35 | R\$ 40,724.29 | R\$ 95,430.66 |
| 11.07 | R\$ 4,931.76 | R\$ 61,346.13 | R\$ 431,581.43 |
| 11.09 | R\$ 59,411.16 | R\$ 392,257.84 | R\$ 1,382,842.46 |
| 11.10 | R\$ 9,483.90 | R\$ 79,534.64 | R\$ 199,146.63 |
| 11.11 | R\$ 37,030.36 | R\$ 45,039.02 | R\$ 53,047.68 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 10 - Valores máximos, mais prováveis e mínimos da Etapa 18 - Cenário II.

| SUBETAPA | MÍNIMO | MAIS PROVÁVEL | MÁXIMO |
|-----------------|----------------|----------------------|------------------|
| 18.01 | R\$ 460,359.96 | R\$ 1,096,137.74 | R\$ 2,224,865.78 |
| 18.03 | R\$ 26,000.00 | R\$ 60,000.00 | R\$ 84,000.00 |
| 18.04 | R\$ 71,400.00 | R\$ 111,000.00 | R\$ 226,000.00 |
| 18.05 | R\$ 29,500.00 | R\$ 55,400.00 | R\$ 155,000.00 |
| 18.07 | R\$ 64,179.00 | R\$ 137,653.55 | R\$ 384,724.48 |
| 18.08 | R\$ 115,288.80 | R\$ 190,871.56 | R\$ 759,227.00 |
| 18.09 | R\$ 5,146.10 | R\$ 17,517.60 | R\$ 9,895,806.36 |
| 18.11 | R\$ 34,111.12 | R\$ 84,115.86 | R\$ 654,725.85 |
| 18.12 | R\$ 4,000.00 | R\$ 10,000.00 | R\$ 100,000.00 |
| 18.13 | R\$ 3,000.00 | R\$ 22,136.89 | R\$ 43,332.97 |
| 18.14 | R\$ 6,896.29 | R\$ 15,559.61 | R\$ 33,624.22 |
| 18.15 | R\$ 7,518.00 | R\$ 80,000.00 | R\$ 117,035.88 |
| 18.16 | R\$ 24,457.12 | R\$ 24,457.12 | R\$ 24,457.12 |

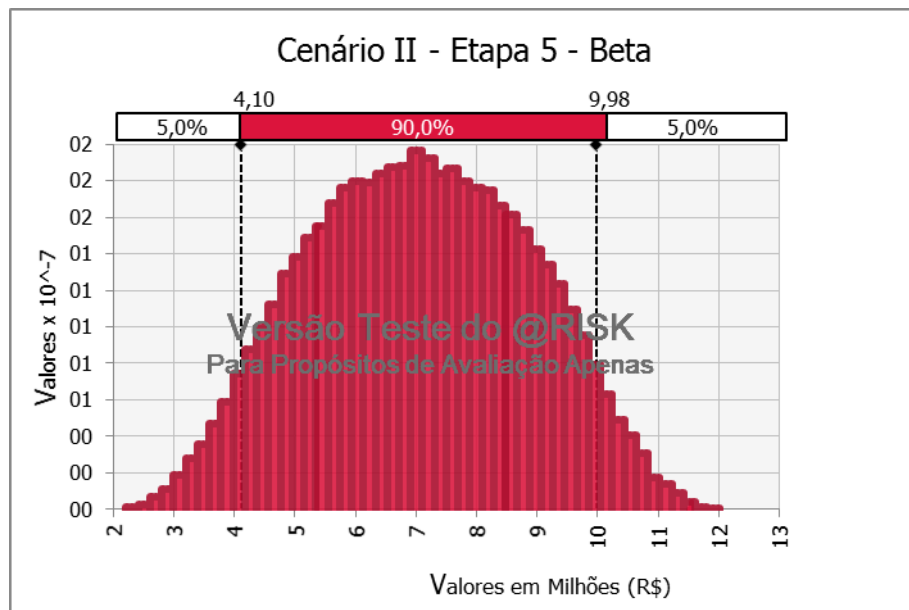
Fonte: Próprio autor. (2019)

Da mesma forma que no Cenário I, utilizou-se como valor de *output* para a simulação o somatório dos *inputs* de cada subetapa, ou seja, somou-se a célula onde continha as distribuições de probabilidade tanto para a Beta quanto para a Triangular, sendo assim,

possível a realização da simulação, uma vez que esta célula possui a iteração necessário onde irá realizar randomicamente as variações de número dentro do intervalo pré-determinado nos *inputs*.

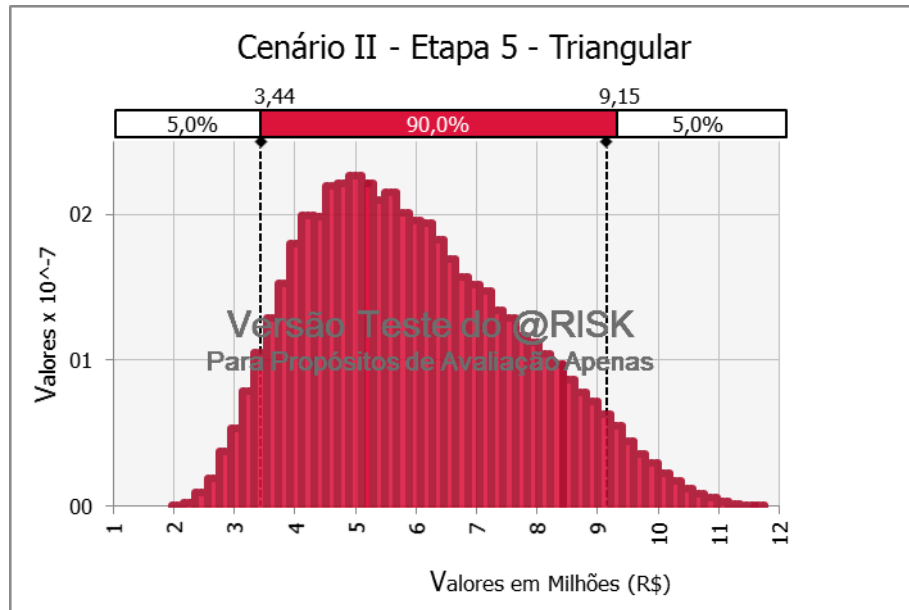
Finalmente, foi possível dar o início à simulação, tanto para cada etapa estudada como sendo de grande influência nos orçamentos dos empreendimentos quanto para cada distribuição de probabilidade, sendo possível a visualização do resultado da simulação nos Gráfico 5 e Gráfico 6 para a etapa 5 (cinco), nos Gráfico 7 e Gráfico 8 para a etapa 6, nos Gráfico 9 e Gráfico 10 na etapa 11 e, por fim, nos Gráfico 11 e Gráfico 12 na etapa 18, mostrados a seguir:

Gráfico 5 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 5.



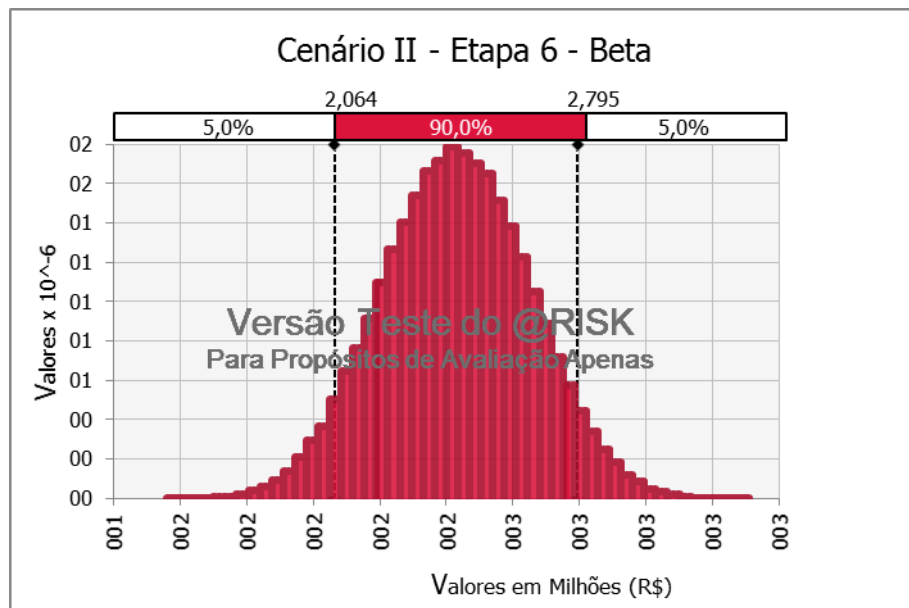
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 6 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 5.



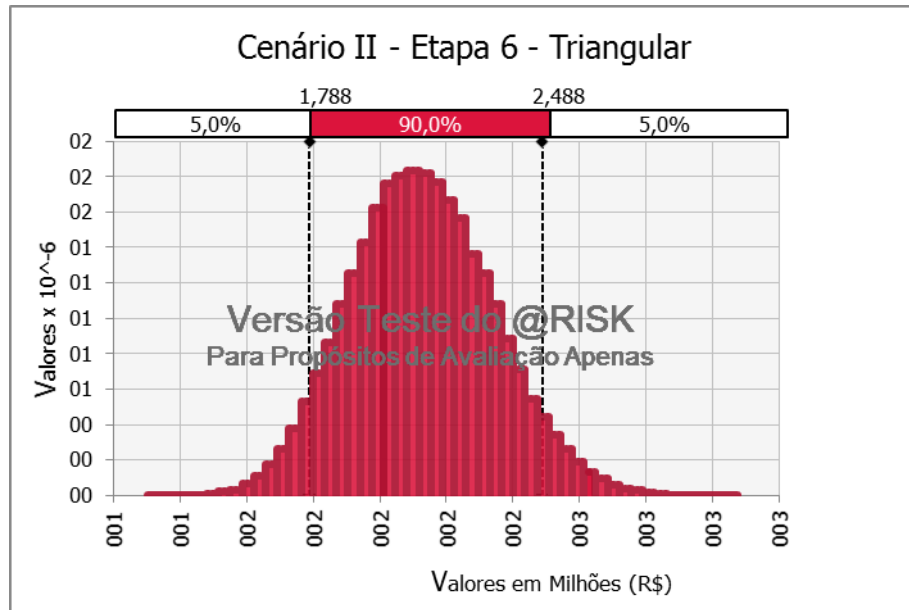
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 7 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 6.



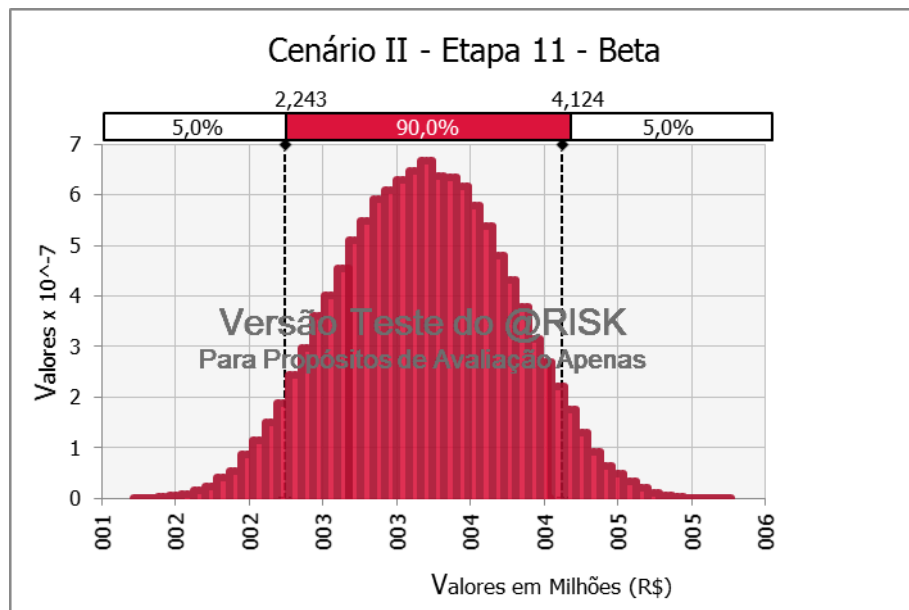
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 8 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 6.



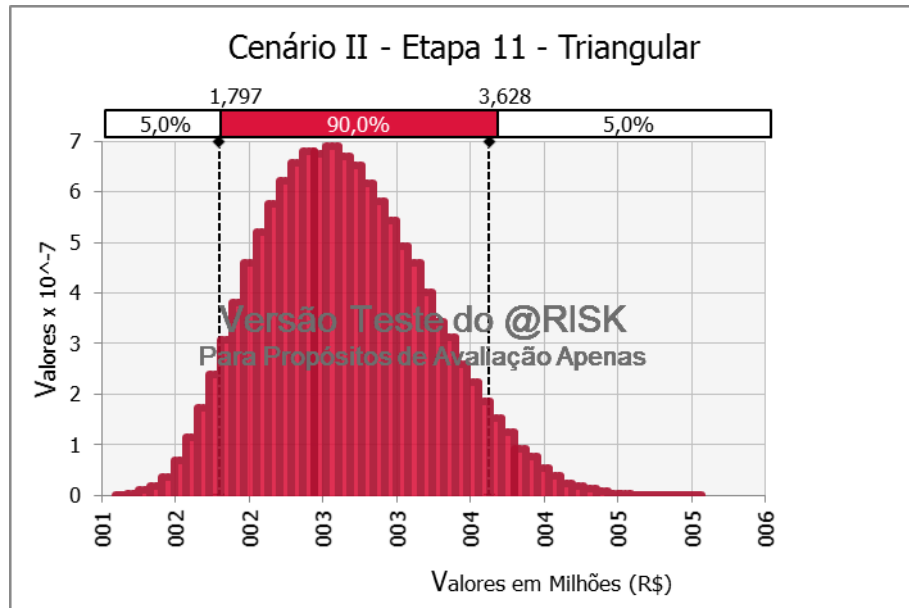
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 9 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 11.



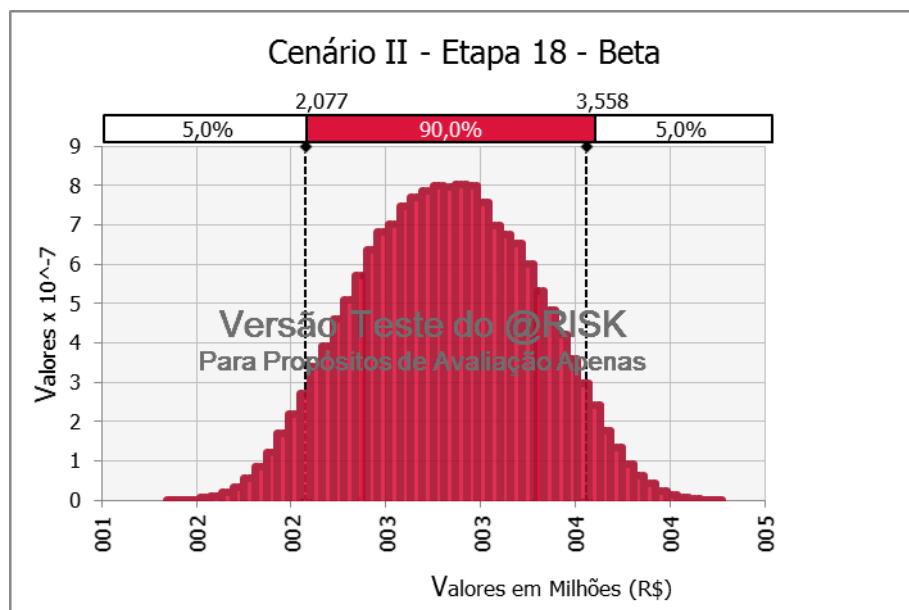
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 10 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 11.



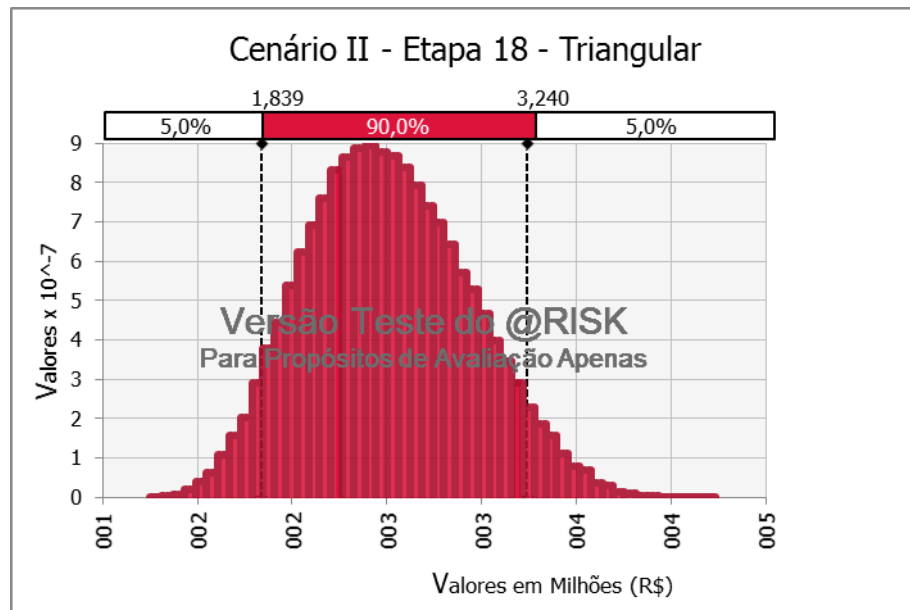
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 11 - Resultado de simulação Beta para cenário II - Etapa 18.



Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 12 - Resultado de simulação Triangular para cenário II - Etapa 18.



Fonte: Próprio autor (2019).

Os resultados mostrados do Gráfico 5 até o Gráfico 12, indica os limites de cada etapa influente tanto com a distribuição de probabilidade Beta quanto a Triangular com um nível de aceitação de 90%. Isso significa que para um erro de 5% (inferior e superior), pode-se esperar que o orçamento total ou da etapa em estudo, esteja entre esses limites mostrados. A seguir, na Tabela 11 é mostrado um resumo dos valores encontrados pela simulação a partir do método de Monte Carlo.

Tabela 11 - Resultado dos limites orçamentários de ambos cenários.

| LIMITE (em milhões de reais - 10⁶) | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| CENÁRIO | FASE | DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE | INFERIOR | | SUPERIOR | |
| I | TOTAL | BETA | R\$ | 18,42 | R\$ | 27,26 |
| | | TRIANGULAR | R\$ | 16,53 | R\$ | 24,95 |
| II | ETAPA 5 | BETA | R\$ | 4,10 | R\$ | 9,98 |
| | | TRIANGULAR | R\$ | 3,44 | R\$ | 9,15 |
| | ETAPA 6 | BETA | R\$ | 2,06 | R\$ | 2,80 |
| | | TRIANGULAR | R\$ | 1,79 | R\$ | 2,49 |
| | ETAPA 11 | BETA | R\$ | 2,24 | R\$ | 4,12 |
| | | TRIANGULAR | R\$ | 1,80 | R\$ | 3,63 |
| | ETAPA 18 | BETA | R\$ | 2,08 | R\$ | 3,56 |
| | | TRIANGULAR | R\$ | 1,84 | R\$ | 3,24 |

Fonte: Próprio autor (2019).

4.4. Análise de dados

Após encontrado os limites ao qual o orçamento total e das etapas influentes podem se encontrar, pode-se retirar mais informações dos histogramas como já dito nos referencias teóricos.

4.4.1. Valor mais provável

Após a simulação a partir dos dados históricos em estudo e a obtenção dos histogramas, foi possível encontrar o valor mais provável de ocorrer ao se tratando de um empreendimento com as características semelhantes às descritas. Como considerado anteriormente, a moda dos valores simulados representa o valor mais provável, assim, através do relatório obtido pelo programa @Risk, foi possível a obtenção dos valores estatísticos da simulação e dentre deles, podemos utilizar como informação a moda.

a) Cenário I

Para o orçamento total do empreendimento, pode-se observar, além de outros valores estatísticos como os valores máximos, mínimos e o desvio padrão de todas as iterações da simulação, moda e mediana, na Tabela 12 e Tabela 13, respectivamente, que o valor mais provável de ocorrer, ou seja, a moda é de 23.035.850,17 milhões de reais para a distribuição de probabilidade Beta e 19.545.757,24 milhões de reais para a Triangular.

Tabela 12 - Sumário estatístico para o Cenário I com a distribuição Beta.

| Estatísticas | |
|-------------------|-------------------|
| Mínimo | R\$ 12.413.075,39 |
| Máximo | R\$ 32.330.177,91 |
| Média | R\$ 22.846.193,16 |
| Desv Pad | R\$ 2.682.262,09 |
| Variância | 7,19453E+12 |
| Assimetria | -0,006517886 |
| Curtose | 2,645042509 |
| Mediana | R\$ 22.858.737,03 |
| Moda | R\$ 23.035.850,17 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 13 - Sumário estatístico para o Cenário I com a distribuição Triangular.

| Estatísticas | |
|---------------|-------------------|
| Mínimo | R\$ 12.154.724,83 |
| Máximo | R\$ 30.591.796,78 |
| Média | R\$ 20.477.968,01 |

| | |
|-------------------|-------------------|
| Desv Pad | R\$ 2.563.720,98 |
| Variância | 6,57267E+12 |
| Assimetria | 0,261121529 |
| Curtose | 2,735659933 |
| Mediana | R\$ 20.322.469,20 |
| Moda | R\$ 19.545.757,24 |

Fonte: Próprio autor (2019).

b) Cenário II

Para as etapas 5, 6, 11 e 18, também foi possível encontrar o valor mais provável para ambas as distribuições de probabilidade, podendo ser visto, respectivamente da Tabela 14 até a Tabela 21.

Tabela 14 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 5 com a distribuição Beta.

| Estatísticas | |
|---------------------|-------------------|
| Mínimo | R\$ 2.055.628,66 |
| Máximo | R\$ 11.966.516,01 |
| Média | R\$ 7.049.459,71 |
| Desv Pad | R\$ 1.812.667,70 |
| Variância | 3,28576E+12 |
| Assimetria | -0,001988047 |
| Curtose | 2,309411509 |
| Mediana | R\$ 7.058.989,07 |
| Moda | R\$ 7.135.710,26 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 15 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 5 com a distribuição Triangular.

| Estatísticas | |
|---------------------|-------------------|
| Mínimo | R\$ 1.984.287,27 |
| Máximo | R\$ 11.928.132,67 |
| Média | R\$ 5.969.103,69 |
| Desv Pad | R\$ 1.752.962,31 |
| Variância | 3,07288E+12 |
| Assimetria | 0,416704197 |
| Curtose | 2,517796458 |
| Mediana | R\$ 5.755.620,79 |
| Moda | R\$ 5.038.031,89 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 16 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 6 com a distribuição Beta.

| Estatísticas | |
|---------------------|------------------|
| Mínimo | R\$ 1.581.179,08 |
| Máximo | R\$ 3.338.963,09 |
| Média | R\$ 2.429.172,46 |
| Desv Pad | R\$ 221.790,46 |
| Variância | 49191009693 |
| Assimetria | 0,000949904 |
| Curtose | 2,871830223 |
| Mediana | R\$ 2.429.451,31 |
| Moda | R\$ 2.437.573,35 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 17 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 6 com a distribuição Triangular.

| Estatísticas | |
|---------------------|------------------|
| Mínimo | R\$ 1.372.951,02 |
| Máximo | R\$ 3.024.357,68 |
| Média | R\$ 2.127.593,98 |
| Desv Pad | R\$ 213.688,88 |
| Variância | 45662935517 |
| Assimetria | 0,168445584 |
| Curtose | 2,925060372 |
| Mediana | R\$ 2.121.303,24 |
| Moda | R\$ 2.146.328,43 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 18 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 11 com a distribuição Beta.

| Estatísticas | |
|---------------------|------------------|
| Mínimo | R\$ 1.270.856,19 |
| Máximo | R\$ 5.110.789,12 |
| Média | R\$ 3.183.187,36 |
| Desv Pad | R\$ 569.837,26 |
| Variância | 3,24715E+11 |
| Assimetria | -0,002956509 |
| Curtose | 2,640442117 |
| Mediana | R\$ 3.184.330,00 |
| Moda | R\$ 3.282.472,42 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 19 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 11 com a distribuição Triangular.

| Estatísticas | |
|---------------------|------------------|
| Mínimo | R\$ 1.087.835,36 |
| Máximo | R\$ 4.877.142,74 |

| | |
|-------------------|------------------|
| Média | R\$ 2.648.076,01 |
| Desv Pad | R\$ 553.858,70 |
| Variância | 3,06759E+11 |
| Assimetria | 0,305763098 |
| Curtose | 2,733017303 |
| Mediana | R\$ 2.610.654,87 |
| Moda | R\$ 2.544.825,37 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 20 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 18 com a distribuição Beta.

| Estatísticas | |
|---------------------|------------------|
| Mínimo | R\$ 1.360.139,42 |
| Máximo | R\$ 4.349.634,64 |
| Média | R\$ 2.817.549,73 |
| Desv Pad | R\$ 450.545,68 |
| Variância | 2,02991E+11 |
| Assimetria | 0,012631501 |
| Curtose | 2,495569874 |
| Mediana | R\$ 2.815.962,61 |
| Moda | R\$ 2.709.951,84 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Tabela 21 - Sumário estatístico para o Cenário II - Etapa 18 com a distribuição Triangular.

| Estatísticas | |
|---------------------|------------------|
| Mínimo | R\$ 1.190.303,30 |
| Máximo | R\$ 4.185.818,12 |
| Média | R\$ 2.504.794,72 |
| Desv Pad | R\$ 424.812,80 |
| Variância | 1,80466E+11 |
| Assimetria | 0,215812524 |
| Curtose | 2,67132444 |
| Mediana | R\$ 2.481.138,68 |
| Moda | R\$ 2.410.207,73 |

Fonte: Próprio autor (2019).

Na Tabela 22, encontra-se o resumo dos resultados encontrados a partir da simulação dos dados pelo método de Monte Carlo através do @Risk para o valor mais provável em ambos os cenários e por meio das distribuições Beta e Triangular.

Tabela 22 - Resultados do valor mais provável em ambos os cenários.

| CENÁRIO | FASE | DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE | VALOR MAIS PROVÁVEL |
|----------|------------|-------------------------------|---------------------|
| I | TOTAL | BETA | R\$ 23,035,850.17 |
| | | TRIANGULAR | R\$ 19,545,757.24 |
| II | ETAPA 5 | BETA | R\$ 7,135,710.26 |
| | | TRIANGULAR | R\$ 5,038,031.89 |
| | ETAPA 6 | BETA | R\$ 2,437,573.35 |
| | | TRIANGULAR | R\$ 2,146,328.43 |
| | ETAPA 11 | BETA | R\$ 3,282,472.42 |
| | | TRIANGULAR | R\$ 2,544,825.37 |
| ETAPA 18 | BETA | R\$ 2,709,951.84 | |
| | TRIANGULAR | R\$ 2,410,207.73 | |

Fonte: Próprio autor (2019).

4.4.2. Desvio padrão

A partir da simulação dos dados históricos dos empreendimentos, foi possível encontrar o desvio padrão dos resultados, como mostrado no sumário exposto anteriormente da Tabela 15 até a Tabela 22. A Tabela 23 mostra os desvios padrões e os coeficientes de variação para ambos cenários.

Tabela 23 - Resultado do desvio padrão e coeficiente de variação para ambos os cenários.

| CENÁRIO | FASE | DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE | VALOR MAIS PROVÁVEL (MODA) | DESVIO PADRÃO | COEFICIENTE DE VARIAÇÃO |
|---------|----------|-------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|
| I | TOTAL | BETA | R\$ 23,035,850.17 | R\$ 2,682,262.09 | 11.64% |
| | | TRIANGULAR | R\$ 19,545,757.24 | R\$ 2,563,720.98 | 13.12% |
| | ETAPA 5 | BETA | R\$ 7,135,710.26 | R\$ 1,812,667.70 | 25.40% |
| | | TRIANGULAR | R\$ 5,038,031.89 | R\$ 1,752,962.31 | 34.79% |
| | ETAPA 6 | BETA | R\$ 2,437,573.35 | R\$ 221,790.46 | 9.10% |
| | | TRIANGULAR | R\$ 2,146,328.43 | R\$ 213,688.88 | 9.96% |
| II | ETAPA 11 | BETA | R\$ 3,282,472.42 | R\$ 569,837.26 | 17.36% |
| | | TRIANGULAR | R\$ 2,544,825.37 | R\$ 553,858.70 | 21.76% |
| | ETAPA 18 | BETA | R\$ 2,709,951.84 | R\$ 450,545.68 | 16.63% |
| | | TRIANGULAR | R\$ 2,410,207.73 | R\$ 424,812.80 | 17.63% |

Fonte: Próprio autor (2019).

4.4.3. Limites otimistas, mais prováveis e pessimistas.

A partir dos valores dos coeficientes de variação foi possível à escolha de qual distribuição de probabilidade mais representou o orçamento total no Cenário I ou as etapas do

Cenário II. Pode-se observar que em todos os cenários foi selecionada a distribuição Beta como a que possuía o menor erro, ou seja, o menor coeficiente de variação.

Com isso, podem-se encontrar as estimativas a partir dos dados simulados anteriormente para cada cenário da seguinte maneira: o valor otimista como sendo o limite inferior do histograma, o mais provável como sendo a moda da simulação e o pessimista como sendo o limite superior do histograma. Esses valores podem ser encontrados na Tabela 24.

Tabela 24 - Limites otimista, pessimista e mais provável para ambos os cenários.

| CENÁRIO | FASE | DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE | LIMITES | | |
|---------|----------|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | OTIMISTA | PESSIMISTA | MAIS PROVÁVEL |
| I | TOTAL | BETA | R\$ 18,437,065.89 | R\$ 27,241,143.59 | R\$ 23,035,850.17 |
| | ETAPA 5 | BETA | R\$ 4,098,291.81 | R\$ 10,003,349.56 | R\$ 7,135,710.26 |
| II | ETAPA 6 | BETA | R\$ 2,063,950.89 | R\$ 2,793,712.79 | R\$ 2,437,573.35 |
| | ETAPA 11 | BETA | R\$ 2,244,240.35 | R\$ 4,120,143.67 | R\$ 3,282,472.42 |
| | ETAPA 18 | BETA | R\$ 2,080,964.68 | R\$ 3,558,044.05 | R\$ 2,709,951.84 |

Fonte: Próprio autor (2019).

4.4.4 Reserva de contingência

Caso a construtora deseje se resguardar de futuros riscos e fazer uma reserva para possíveis ultrapassagens de orçamento, pode-se optar por realizar uma reserva de contingência. Suponha-se que a construtora escolheu uma porcentagem de 80% de sucesso na execução dos seus serviços, assim, pode-se encontrar o valor necessário a se reservar e a porcentagem que esta representa do valor mais provável.

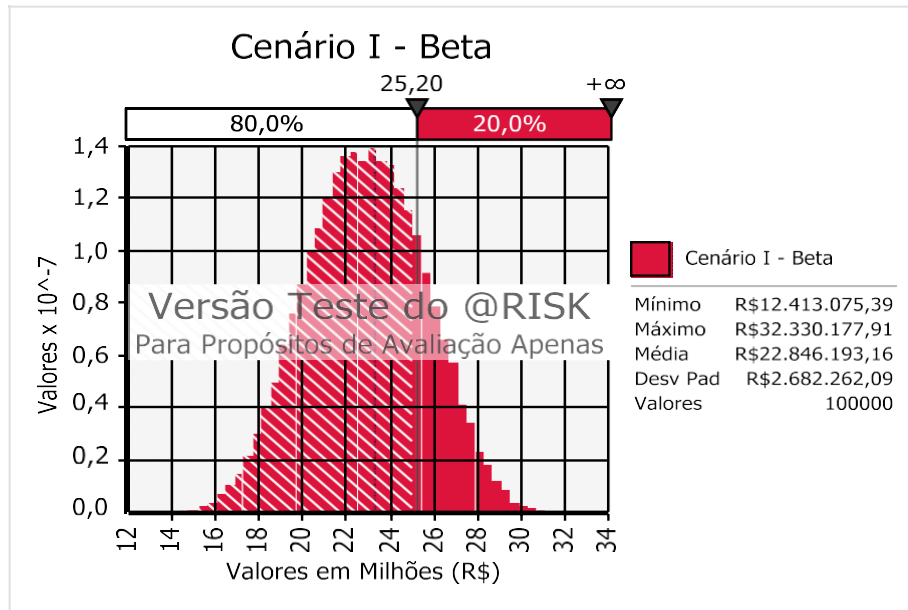
a) Cenário I

Para o Cenário I que diz respeito ao orçamento total de um empreendimento, encontrou-se, para o sucesso de 80%, a distribuição de probabilidade Beta um valor de 25,19 milhões de reais, ou seja, se o construtor desejar realizar uma contingência para esse empreendimento, considerando que o valor mais provável seja de 23,03 milhões, ele deverá reservar 10,21% do valor orçado.

Para o mesmo cenário, porém pela distribuição de probabilidade Triangular, o valor que representa 80% de sucesso é de 22,69 milhões de reais, sendo assim, para o valor mais provável de ocorrer de 19,54 milhões, deve-se ter como contingência 11,33% do valor orçado.

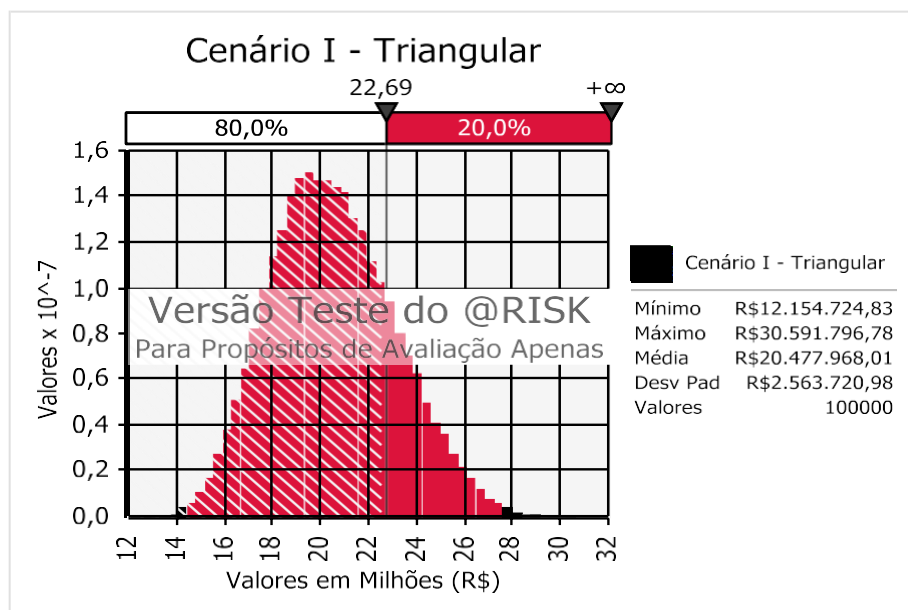
O Gráfico 13 e Gráfico 14 mostra o histograma referente à probabilidade de sucesso adotada em ambas as distribuições.

Gráfico 13 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário I.



Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 14 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário I.



Fonte: Próprio autor (2019).

b) Cenário II

Para o Cenário II, também foi possível calcular o valor ao qual se refere um sucesso, ou seja, a probabilidade de ocorrer de 80%. Para Etapa 5, encontrou-se que a valor referente a probabilidade de sucesso de 80% para as distribuições Beta e Triangular é de 8,73 milhões de reais e 7,56 milhões de reais, respectivamente, sendo assim, para que se tenha uma reserva de contingência, faz-se necessário ter 23,51% e 31,61%, respectivamente, do valor orçado, considerando que o valor mais provável de ocorrer seja de 7,13 milhões de reais e 5,04 milhões de reais para as respectivas distribuições.

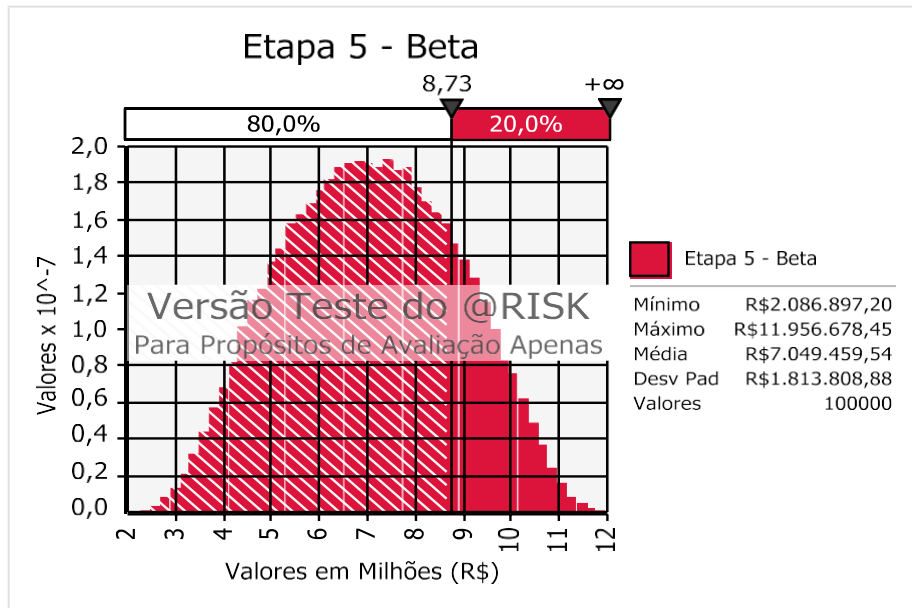
Já para Etapa 6, cujo valor esperado é de 2,44 milhões de reais e 2,15 milhões de reais, respectivamente, para um sucesso de 80% do orçado, que representa para as distribuições Beta e Triangular o valor de 2,62 milhões de reais e 2,31 milhões de reais, respectivamente. Assim, é necessária uma reserva de 7,77% e 8,37% do valor orçado.

Para a Etapa 11, cujo valor esperado é de 3,28 milhões de reais e 2,54 milhões de reais, respectivamente, encontrou-se um valor com a probabilidade de sucesso de 80% de 3,68 milhões de reais para a distribuição de probabilidade Beta e 3,13 milhões de reais para distribuição Triangular. Sendo assim, necessária a reserva de 15,24% e 18,87% para as respectivas distribuições de probabilidade.

E, finalmente, para Etapa 18 encontrou-se um valor de 3,22 milhões de reais para a distribuição Beta e 2,87 milhões de reais para a distribuição Triangular, sendo então necessário 14,94% e 15,41% de reserva conforme as respectivas distribuições, considerando o valor mais provável de 2,71 milhões de reais e 2,41 milhões de reais respectivamente para a distribuições de probabilidade referida.

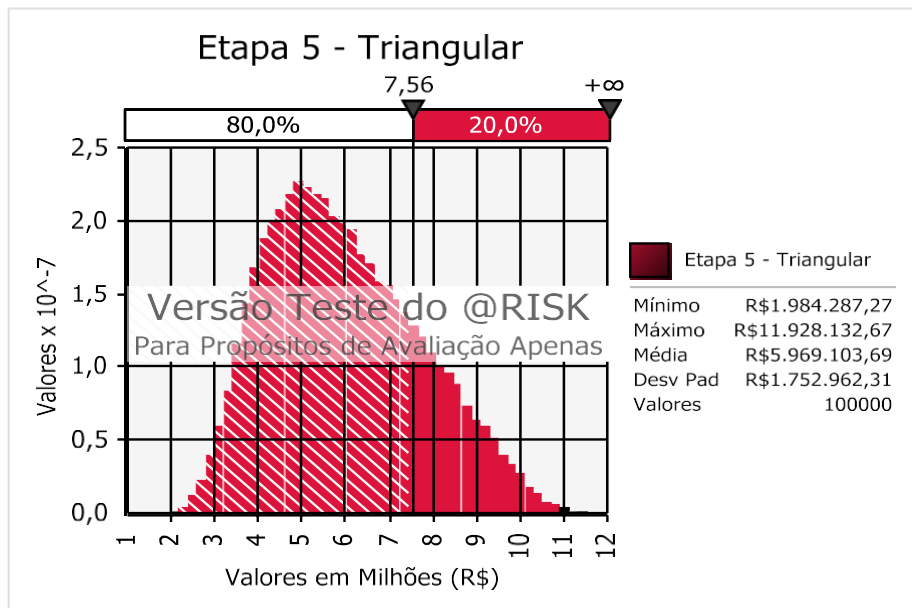
O Gráfico 15 até o Gráfico 22 mostra os histogramas referente à probabilidade de sucesso adotada nas distribuições Beta e Triangular, respectivamente.

Gráfico 15 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 5.



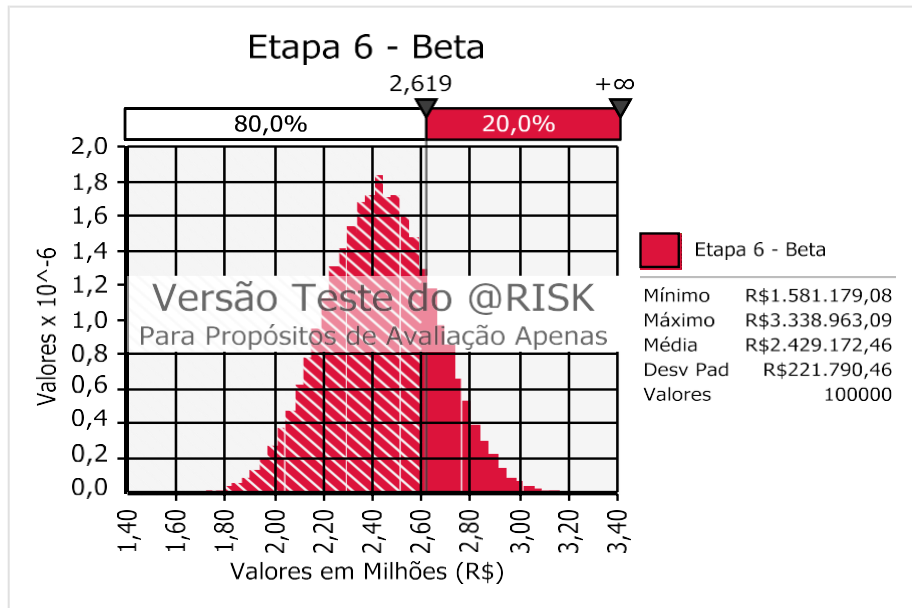
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 16 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 5.



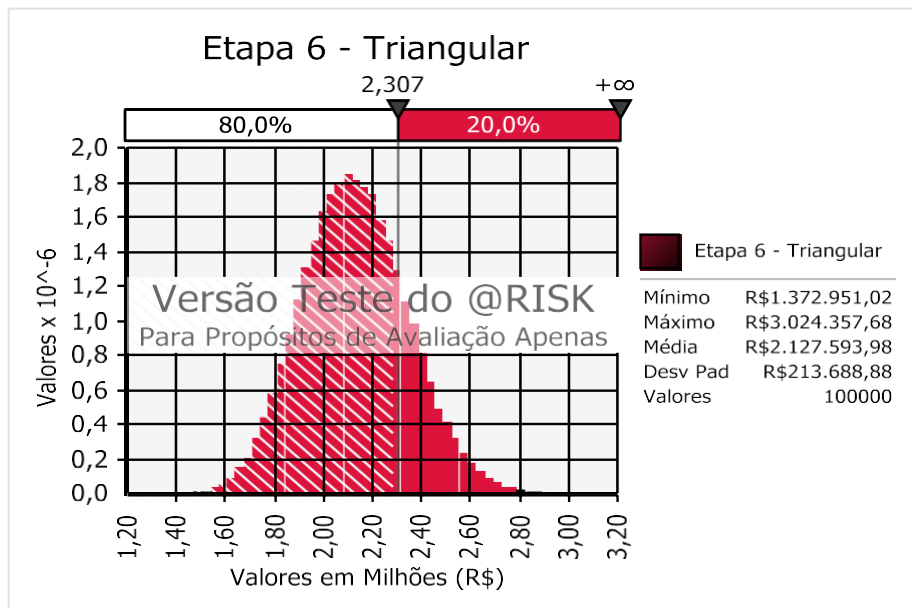
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 17 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 6.



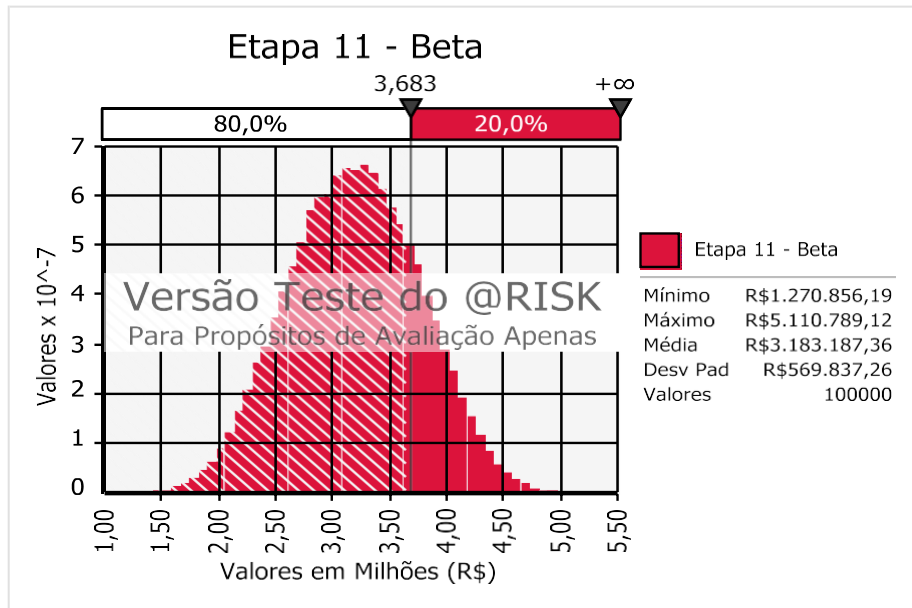
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 18 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 6.



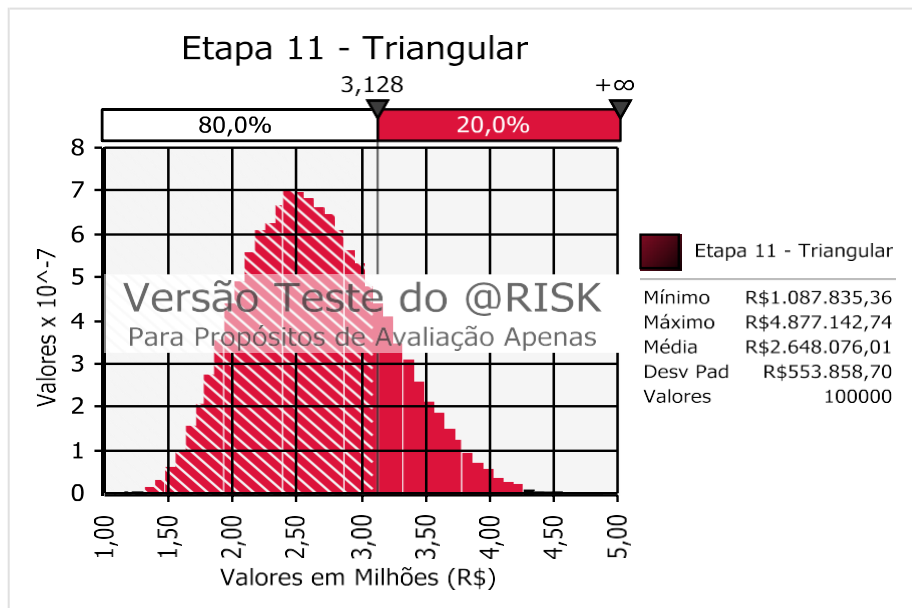
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 19 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 11.



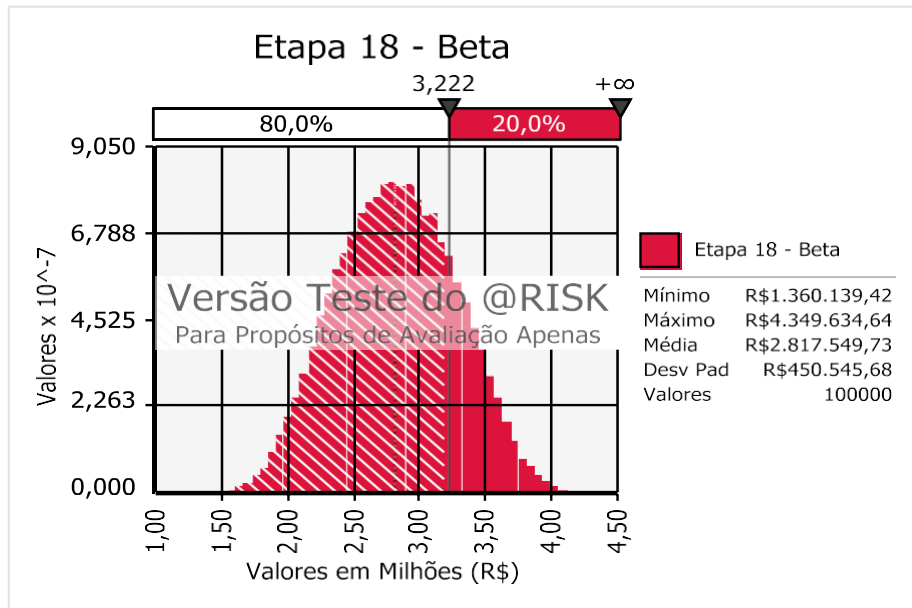
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 20 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 11.



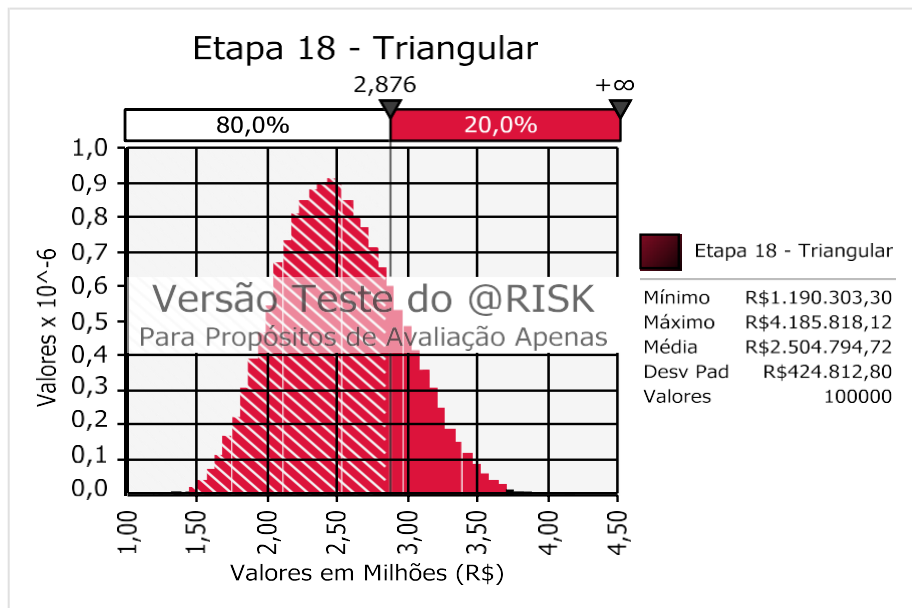
Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 21 - Reserva de contingência para distribuição Beta - Cenário II - Etapa 18.



Fonte: Próprio autor (2019).

Gráfico 22 - Reserva de contingência para distribuição Triangular - Cenário II - Etapa 18.



Fonte: Próprio autor (2019).

A seguir, a Tabela 25 mostra um resumo de todos os resultados obtidos no cálculo da reserva de contingência tanto para o Cenário I quanto para todas as etapas do Cenário II.

Tabela 25 - Reserva de contingência para ambos os cenários.

| CENÁRIO | FASE | DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE | VALOR COM SUCESSO DE 80% | VALOR MAIS PROVÁVEL | RESERVA | PORCENTAGEM |
|---------|----------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|------------------|-------------|
| I | TOTAL | BETA | R\$ 25,198,671.78 | R\$ 23,035,850.17 | R\$ 2,352,478.62 | 10.21% |
| | ETAPA 5 | BETA | R\$ 8,727,135.02 | R\$ 7,135,710.26 | R\$ 1,677,675.31 | 23.51% |
| II | ETAPA 6 | BETA | R\$ 2,618,633.82 | R\$ 2,437,573.35 | R\$ 189,461.36 | 7.77% |
| | ETAPA 11 | BETA | R\$ 3,683,364.04 | R\$ 3,282,472.42 | R\$ 500,176.68 | 15.24% |
| | ETAPA 18 | BETA | R\$ 3,222,289.21 | R\$ 2,709,951.84 | R\$ 404,739.48 | 14.94% |

Fonte: Próprio autor (2019).

Para efeito de análise, no Apêndice D está disponível a tabela com os valores dos percentis da simulação, informação esta válida para caso a empresa possua interesse de saber o valor referente a uma probabilidade de sucesso desejada. Por exemplo, se a construtora quiser saber o valor necessário para executar a etapa de estrutura (Etapa 5) cuja probabilidade de ocorrência é de 90%, recomenda-se a obtenção do percentil 90 no Apêndice D que possui o valor de 9,47 milhões de reais para a distribuição Beta. E caso a construtora já possua, por meio dos seus dados históricos o valor mais provável de ocorrência dessa etapa, ela pode se precaver, fazendo a reserva de contingência para esta etapa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da simulação de Monte Carlo realizada pelo *software @Risk* a partir de dados históricos de empreendimentos de alto padrão realizados pela Construtora Colmeia foi possível o desenvolvimento de um método para que se possa realizar a análise de risco de sucessivos projetos com características semelhantes ao estudado nesse.

Além do método, foi possível notar informações relevantes para que se possa ter um parâmetro para futuros orçamentos, como os limites inferiores e superiores tanto para o orçamento total do empreendimento - Cenário I, quanto para as etapas que representam um alto impacto no orçamento - Cenário II. Além do valor mais provável de ocorrência e seus desvios padrões, sendo possível, então, o desenvolvimento dos limites otimistas, mais provável e otimista para ambos os cenários. E partir disso, elaborar estratégias para minimizar esses riscos como a reserva de contingência, também calculado neste trabalho.

Notou-se que a distribuição de probabilidade que mais se ajusta aos dados trabalhados foi a Beta para todos os cenários, porém, faz-se necessário aprimorar os testes, como a realização de testes de aderência para se afirmar com maior propriedade esta hipótese.

Considerando a distribuição de probabilidade Beta como sendo a de maior representação neste método, pode-se adotar como limite superior e inferior, para o orçamento total de empreendimentos com as características estudadas, um valor entre 18,42 e 27,26 milhões de reais. Para etapa de estrutura, representado pelo número 5, admitiu-se um valor entre 4,10 e 9,98 milhões de reais, para a etapa de instalações prediais, denominado de etapa 6, um valor entre 2,06 e 2,80 milhões de reais. Já para a etapa 11, etapa de acabamentos internos, encontrou-se um valor entre 2,24 e 4,12 milhões de reais e, finalmente, para etapa 18 cujos serviços são de administração de obra pode-se simular valores entre 2,08 e 3,56 milhões de reais.

Conclui-se também que para um nível de sucesso de 80%, é necessário realizar uma reserva de contingência de 2,16 milhões de reais para o orçamento total, 1,59 milhões de reais para a Etapa 5, 181,06 mil reais para Etapa 6, 400,89 mil reais para Etapa 11 e 512,33 mil reais para Etapa 18.

Pode-se também despertar atenção para as Etapas 5 e 11 por terem apresentado desvios padrões elevados para ambas distribuições de probabilidade, sendo necessário o estudo mais detalhado da possível causa dessa hipótese, tanto de maneira quantitativa como qualitativa, podendo assim aprimorar a análise de risco, a metodologia aplicada e minimizar os riscos negativos que venha acarretar ao projeto.

REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, Fernando de Holanda. SAÍDAS PARA A CRISE ECONÔMICA. **A crise econômica de 2014/2017**, São Paulo, v. 31, n. 89, 2017.

TEIXEIRA, Luciene Pires; CARVALHO, Fátima Marília Andrade de. **A Construção Civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira**. 2005. REVISTA PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO, Curitiba – PR: n. 109, p.09-26, jul./dez. 2005.

Acesso em: 23 mar. 2019.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na Construção Civil: Consultoria, Projeto e Execução**. 2006. Editora Pini Ltda - 1ª edição.. Disponível em: <www.piniweb.com>. Acesso em: 19 mar. 2019.

SILVA, Mozart Bezerra da. **Proposta de roteiro para o gerenciamento de riscos em obras empreitadas de construção civil**. 2008. Curitiba – PR: Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Acesso em: 16 mar. 2019.

AZEVEDO, Rogério Cabral de *et al.* Modelo para avaliação de desempenho: aplicação em um orçamento de uma obra de construção civil. **Model for performance evaluation: application on a budget of a construction work**, São Paulo, v. 23, n. 4, 2013.

SILVA, Francimar Natália *et al.* **Abordagem determinística e de simulação de risco como instrumentos de análise de viabilidade financeira em investimentos imobiliários**, Revista de Negócios, Blumenau, v. 12, n. 3, p. 03-17, 2007.

SARAIVA JÚNIOR, Abraão Freires *et al.* **Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido**, USP, São Paulo, SP, Brasil, v. 21, n. 1, p. 149-164, 2011. DOI 10.1590/S0103-65132011005000016. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=396742042013>. Acesso em: 23 maio 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

Guia PMBOK - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (Newtown Square, Pennsylvania) (ed.). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** : (Guia PMBOK). Tradução: EDITORA SARAIVA. 5. ed. atual. São Paulo: Saraiva, 2017. 589 p. ISBN 978-85- 02-22372-1.

VALLADARES NETO, José; SANTOS, Cristiane Barbosa dos; TORRES, Érica Miranda; ESTRELA, Carlos. **BOXPLOT: UM RECURSO GRÁFICO PARA A ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS QUANTITATIVOS. BOXPLOT: A VISUAL RESOURCE FOR ANALYSIS AND INTERPRETATION OF QUANTITATIVE DATA**, Rev Odontol Bras Central, [s. I.], v. 26, ed. 76, p. 1-6, 2017.

SOUZA, Joana Siqueira de. **Modelo para Identificação e Gerenciamento do Grau de Risco de Empresas - MIGGRI**. 2011. 194 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37368/000820144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 ago. 2019.

PINTO, Isabelly Christiny Monteiro de Souza. **Análise dos riscos presentes nos custos da construção civil pelo método Monte Carlo**. 2017. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SPIEGEL, Murray R., John Schiller e Alu Sriinivasan. **Probabilidade e Estatística – Terceira edição**. Tradutor técnico: Lori Viali, 2013.

MANN, Daniela Carnasciali de Andrade. **Estudo dos riscos em obras verticais da construção civil na região de Curitiba**. 2017. 83 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FERNANDES, César Augusto Becker de Araújo. **Gerenciamento de riscos em projetos: Como usar o Microsoft Excel para realizar a simulação de Monte Carlo**, Paraná-RS, p. 1-6, 27 dez. 2005. Disponível em: http://www.pucrs.br/ciencias/viali/especializa/mia_ima_fafis/material/ead/artigos/MonteCarloExcel.pdf. Acesso em: 11 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios — Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 91. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023 : Informação e documentação — Referências — Elaboração**. Rio de Janeiro, p. 68. 2018.

MAGALHÃES, Marcos Nascimento. **Probabilidade e Variáveis Aleatórias**. 2. ed. rev. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. 428 p. v. 16x23cm. ISBN 85-314-0945-4.

APÊNDICE

APÊNDICE A – ORÇAMENTO ANALÍTICO DE UM CENTRO DE CUSTO DA CONSTRUTORA COLMEIA

ITEM - SERVIÇO

204.02-CANTEIRO

204.02.01-CANTEIRO - CONSTRUÇÃO CIVIL

204.02.02-SISTEMA DE SEGURANÇA ELETRÔNICA/ VIGILÂNCIA ARMADA

204.02.03-PLACAS

204.02.07-CANTEIRO - CONTAINERS

204.02.08-POÇO PROFUNDO

204.02.09-SUBESTAÇÃO PROVISÓRIA

204.03-TRABALHOS EM TERRA

204.03.01-LIMPEZA DO TERRENO

204.03.02-ESCAVAÇÃO MECÂNICA

204.03.03-LOCAÇÃO DA OBRA

204.03.04-ATERRO E REATERRO

204.03.05-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ TRABALHOS EM TERRA

204.03.06-EQUIPAMENTOS/FERRAMENTAS DE APOIO P/ TRABALHOS EM TERRA

204.04-FUNDAÇÃO

204.04.02-ESTACAS DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

204.04.03-BLOCO DE CONCRETO

204.04.08-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ FUNDAÇÃO

204.05-ESTRUTURA CONVENCIONAL

204.05.01-FORMA/CONCR./ HIG.E SEG. DO TRABALHO DE LAJES,VIGAS E PILARES

204.05.02-ARMAÇÃO DE LAJES, VIGAS E PILARES

204.05.05-ENSAIOS

204.05.06-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P / ESTRUTURA

204.05.07-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO P/ ESTRUTURA - FORMA/ESCORAMENTO

204.05.10-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO P/ESTRUTURA - VIBRADOR

204.05.11-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO P/ESTRUTURA - CORRUPIO/POLICORTE/SERRA CIRCULAR/ SERRA TICO-TICO

204.05.12-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO P/ ESTRUTURA - BANDEJA DE SEGURANÇA

204.06-INSTALAÇÕES

204.06.01-INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, TELEFÔNICAS, PAX E TV - PAVIMENTOS TIPO

204.06.02-INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, TELEFÔNICAS, PAX E TV - PAVIMENTOS COMUM

204.06.03-INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, TELEFÔNICAS, PAX E TV - CAIXA DE ESCADA

204.06.04-ALIMENTADORES

204.06.05-INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - PVTOS. TIPO

204.06.06-INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - PVTOS. COMUNS

204.06.07-PRUMADAS HIDRÁULICAS E MEDIÇÃO INDIVIDUAL DE ÁGUA

ITEM - SERVIÇO

204.06.09-INSTALAÇÕES DE DRENAGENS PLUVIAIS

204.06.10-INSTALAÇÕES DE GÁS

204.06.13-PRUMADAS DE INCÊNDIO / HIDRANTES / PÁRA-RAIOS

204.06.15-INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO

204.06.16-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ INSTALAÇÕES

204.06.19-CENTROS DE MEDIÇÃO (CM'S), CENTROS DE PROTEÇÃO GERAL (CPG'S), QUADROS

204.06.20-GERADOR

204.06.21-INSTALAÇÕES SANITÁRIAS - PVTOS. TIPO

204.06.22-INSTALAÇÕES SANITÁRIAS - PVTOS. COMUM

204.06.23-PRUMADAS SANITÁRIAS

204.06.24-BOMBA DE RECALQUE/ BARRILETES

204.07-ELEVADORES

204.07.01-POÇOS DOS ELEVA DORES

204.07.02-CASA DE MÁQUINAS

204.07.03-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ ELEVA DORES

204.08-ELEVAÇÃO

204.08.01-ALVENARIA C/ BLOCO DE CIMENTO/TIJOLO CERÂMICO/TIJOLO MACIÇO DOS PAVTOS TIPO

204.08.02-ALVENARIA C/ BLOCO DE CIMENTO/TIJOLO CERÂMICO/TIJOLO MACIÇO DOS PAVTOS COMUNS

204.08.03-APERTO DA ALVENARIA DE BLOCOS

204.08.04-SHAFT (DRY WALL E/OU FECHAMENTO EM DIVISÓRIA NAVAL)

204.08.09-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ ELEVA ÇÃO

204.09-COBERTA

204.09.01-ESTRUTURA DE MADEIRA/TELHADO/CUMEEIRA/DOMUS/ CLARABÓIA

204.09.02-ALVENARIA DE EMPENA

204.09.04-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ COBERTA

204.10-ESQUADRIAS

204.10.01-ESQUADRIAS DE MADEIRA DOS PAVTOS TIPO

204.10.02-ESQUADRIAS DE MADEIRA DOS PAVTOS COMUNS

204.10.03-ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO/VIDROS DOS PAVTOS TIPO

204.10.04-ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO/VIDROS DOS PAVTOS COMUNS

204.10.05-ESQUADRIAS CORTA-FOGO

204.10.07-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ ESQUADRIAS

204.10.08-EQUIPAMENTOS/FERRAMENTAS DE APOIO P/ ESQUADRIAS

204.11-ACABAMENTOS INTERNOS

204.11.01-PAVIMENTAÇÃO INTERNA DOS PAVTOS TIPO (S/ CX DE ESCADA)

204.11.03-PAVIMENTAÇÃO INTERNA DA CAIXA DE ESCADA

204.11.04-REVESTIMENTO C/GESSO - PAVIMENTOS TIPO (S/CX. ESCADA)

204.11.06-REVESTIMENTO GESSO - CAIXA DE ESCADA

204.11.07-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ ACABAMENTOS INTERNOS

ITEM - SERVIÇO

204.11.09-REVESTIMENTO INTERNO C/ARGAMASSA - PAVTOS TIPO (S/ CX DE ESCADA)

204.11.10-REVESTIMENTO INTERNO C/ARGAMASSA DOS PAVTOS COMUNS (S/ CX DE ESCADA)

204.12-ACABAMENTOS EXTERNOS

204.12.01-ACABAMENTO EXTERNO DAS FACHADAS

204.12.03-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ ACABAMENTOS EXTERNOS

204.12.04-EQUIPAMENTOS/FERRAMENTAS DE APOIO P/ ACABAMENTOS EXTERNOS

204.13-PINTURA

204.13.01-PINTURA INTERNA - PAVTOS TIPO (S/ CX DE ESCADA)

204.13.02-PINTURA INTERNA - PAVTOS COMUNS (S/ CX ESCADA)

204.13.03-PINTURA INTERNA - CX DE ESCADA

204.13.04-PINTURA EXTERNA DA FACHADA

204.13.05-PINTURA DAS VARANDAS

204.14-APARELHOS

204.14.01-SIFÕES+ METAIS + LOUÇAS - PAVTOS TIPO

204.14.02-SIFÕES+METAIS + LOUÇAS - PAVTOS COMUNS

204.14.03-LUMINÁRIAS - PAVTOS TIPO

204.14.04-LUMINÁRIAS - PAVTOS COMUNS

204.14.05-AUTOMÁTICO DE PORTÃO

204.14.06-CENTRAL DE PAX

204.14.08-EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO E ALARME CONTRA INCÊNDIO

204.14.09-EQUIPAMENTOS P/PISCINA/SAUNA/FONTE

204.14.12-EQUIPAMENTOS ESPECIAIS

204.14.13-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ APARELHOS

204.14.14-ACABAMENTOS ELÉTRICOS DOS PAVTOS TIPO

204.14.15-ACABAMENTOS ELÉTRICOS - PAVTOS COMUNS

204.15-ELEMENTOS DECORATIVOS

204.15.01-FORRO DE GESSO - PAVTOS TIPO

204.15.01.01-FORRO DE GESSO - PAVTOS TIPO

204.15.02-FORRO DE GESSO - PAVTOS COMUNS

204.15.03-BANCADAS, CUBAS, TANQUES E SUPORTES - PAVTOS TIPO

204.15.04-BANCADAS, CUBAS, TANQUES E SUPORTES - PAVTOS COMUNS

204.15.05-CORRIMÃO P/ ESCADA

204.15.06-GUARDA-CORPO DE ALUMÍNIO/FERRO+VIDRO - PAVTOS TIPO

204.15.07-GUARDA-CORPO DE ALUMÍNIO/FERRO+VIDRO - PAVTOS COMUNS

204.15.08-ESCADA DE MARINHEIRO C/GUARDA-CORPO P/ACESSO CX D'AGUA

204.15.10-IDENTIFICAÇÃO DOS APARTAMENTOS E ÁREAS COMUNS

204.15.11-CHAPINS+JUNTAS EM CHAPIM/RODAPÉ (assent.após pintura)

204.15.12-RETRABALHO/ SERVIÇOS NÃO PREVISTOS P/ ELEMENTOS DECORATIVOS

204.15.17-PEÇAS DECORATIVAS
204.15.18-LAREIRA/ CHURRASQUEIRA

204.17-LIMPEZA

ITEM - SERVIÇO

204.17.01-LIM PEZA INTERNA - PAVTOS TIPO
204.17.02-LIMPEZA INTERNA - PAVTOS COMUNS
204.17.03-LIMPEZA EXTERNA DA FACHADA
204.18-ADMINISTRAÇÃO DA OBRA
204.18.01-ADMINISTRAÇÃO DA OBRA
204.18.03-FUNDO FIXO
204.18.04-TAXAS (ENERGIA, HIDRO-ESGOTO, TELEFONE, INTERNET)
204.18.05-ENTREGA DE CONDOMÍNIO
204.18.07-VA LE TRANSPORTE

204.18.08-REFEIÇÕES

204.18.09-SEGUROS

204.18.11-14º SALÁRIO

204.18.12-DESPESAS ADMINISTRATIVAS DIVERSAS

204.18.13-EQUIPAMENTOS P/ESCRITÓRIO

204.18.14-CÓPIAS/PLOTAGENS/IMPRESSÕES

204.18.15-PLANEJAMENTO DE OBRA

204.19-MÃO-DE-OBRA DE APOIO

204.19.01-MÃO-DE-OBRA DE APOIO

204.19.02-DESENTULHO

204.19.04-SERVIÇOS DIVERSOS NÃO PREVISTOS

204.19.05-HORAS PARADAS

204.19.06-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO À OBRA - DIVERSOS

204.19.07-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO À OBRA - GUINCHOS

204.19.08-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO À OBRA - BETONEIRAS

204.19.10-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO À OBRA - FURADEIRAS/MARTELETES

204.19.11-EQUIP./ FERRAM. DE APOIO À OBRA - LIXADEIRAS/ ESMERILHADEIRAS/SERRA
MÁRMORE

204.19.12-AUXILIAR P/ LIMPEZA PERMANENTE/ VISITA DE CLIENTES

204.20-HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO

204.20.01-HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO - DIVERSOS

204.20.02-HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO - EPI's

204.20.03-HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO - FARDAMENTOS

204.20.04-EQUIPAMENTOS/UTENSÍLIOS P/ÁREAS DE VIVÊNCIA

204.25-TERRAPLENAGEM

204.25.01-TERRAPLENAGEM

204.26-PAVIMENTAÇÃO

204.26.02-PASSEIOS EXTERNOS

204.27-DRENAGEM

204.27.01-DRENAGEM

204.28-REDE DE ESGOTO

204.28.01-REDE COLETORA

ITEM - SERVIÇO

204.28.02-ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (E.T.E.)

204.29-REDE DE ÁGUA

204.29.02-CISTERNA

204.29.04-REDE DE ÁGUA

204.30-REDE DE ENERGIA

204.30.01-REDE DE ENERGIA

204.31-REDE DE TELEFONIA

204.31.01-REDE DE TELEFONIA

204.32-OBRAS COMPLEMENTARES

204.32.02-PISCINA

204.32.05-QUADRAS DE ESPORTES

204.32.06-BLOCO ADMINISTRATIVO

204.32.07-GARAGENS

204.32.10-PORTARIA

204.32.11-CLUBE DE LAZER

204.32.12-DEPÓSITOS E LIXEIRAS

204.32.13-DECK

204.32.14-PÓRTICOS, MURETAS, CARAMANCHÃO, PAINÉIS E BANCOS

204.32.15-FONTE/ ESPELHO D'ÁGUA

204.34-REDE DE GÁS

204.34.01-REDE DE GÁS

204.34.02-CASA DE GÁS

204.38-PAISAGISMO

204.38.01-PAISAGISMO

204.40-MUROS204.40.03-MUROS EXTERNOS

APÊNDICE B – VALORES TOTAIS DAS ETAPAS POR CENTRO DE CUSTO

Cenário 1

| ETAPA | 04 | 05 | 06 | 08 | 10 |
|-------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| 128 | R\$ 1,815,456.37 | R\$ 8,187,892.25 | R\$ 2,414,406.54 | R\$ 1,498,530.59 | R\$ 1,592,461.37 |
| 188 | - | R\$ 1,681,375.06 | R\$ 745,061.60 | R\$ 477,064.99 | R\$ 578,286.68 |
| 206 | R\$ 615,924.08 | R\$ 2,377,983.66 | R\$ 969,101.97 | - | R\$ 562,795.63 |
| 207 | R\$ 1,290,050.14 | R\$ 3,756,605.15 | R\$ 1,862,402.80 | - | R\$ 871,178.81 |
| 209 | R\$ 1,517,101.51 | R\$ 7,184,481.99 | R\$ 2,752,774.65 | - | R\$ 1,978,192.32 |
| 211 | R\$ 699,479.96 | R\$ 2,415,150.15 | R\$ 1,011,331.57 | - | R\$ 618,466.25 |
| 212 | R\$ 781,950.80 | R\$ 2,704,242.50 | R\$ 1,155,251.56 | R\$ 586,930.81 | - |
| 214 | R\$ 883,950.32 | R\$ 4,200,052.88 | R\$ 1,371,761.69 | R\$ 984,943.99 | - |
| 218 | R\$ 2,970,891.60 | R\$ 9,236,848.75 | R\$ 3,251,209.25 | R\$ 1,931,896.73 | - |
| 219 | - | R\$ 4,373,596.45 | R\$ 1,622,857.11 | R\$ 1,836,297.95 | R\$ 1,350,918.95 |
| 220 | R\$ 1,010,638.28 | R\$ 3,307,827.43 | R\$ 1,384,773.89 | - | R\$ 991,784.56 |
| 222 | R\$ 751,136.40 | R\$ 2,885,827.34 | R\$ 1,264,768.38 | - | R\$ 777,542.49 |
| 226 | R\$ 1,185,875.95 | R\$ 2,283,771.47 | R\$ 1,347,121.72 | - | R\$ 756,558.42 |
| 227 | R\$ 1,752,704.79 | R\$ 4,741,277.31 | R\$ 1,995,950.44 | R\$ 1,336,589.31 | - |
| 229 | R\$ 2,768,448.43 | R\$ 11,136,766.92 | R\$ 3,131,208.18 | - | R\$ 1,918,735.59 |
| 230 | R\$ 1,438,514.25 | R\$ 5,134,432.33 | R\$ 3,159,585.45 | R\$ 1,456,126.14 | R\$ 1,438,347.66 |
| 231 | R\$ 1,137,171.40 | R\$ 3,199,035.58 | R\$ 1,605,843.45 | - | R\$ 783,240.38 |

| ETAPA | 11 | 12 | 15 | 16 | R\$ 2,932,565.91 |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 128 | R\$ 2,579,646.40 | | R\$ 1,877,551.69 | | R\$ 1,067,949.25 |
| 188 | R\$ 925,180.77 | R\$ 483,691.68 | R\$ 626,296.64 | R\$ 457,219.91 | R\$ 1,413,625.80 |
| 206 | R\$ 981,566.11 | R\$ 625,996.95 | R\$ 686,391.85 | R\$ 640,216.03 | R\$ 1,513,928.27 |
| 207 | R\$ 1,345,565.26 | R\$ 1,080,248.68 | R\$ 976,563.19 | R\$ 1,192,813.14 | R\$ 2,669,591.38 |
| 209 | R\$ 3,699,830.43 | R\$ 1,796,192.62 | R\$ 1,816,889.21 | | R\$ 1,395,460.67 |
| 211 | R\$ 1,054,472.59 | R\$ 576,953.72 | R\$ 687,789.99 | R\$ 580,154.31 | R\$ 1,449,954.04 |
| 212 | R\$ 1,189,562.59 | R\$ 744,609.41 | R\$ 603,972.06 | R\$ 1,165,183.70 | R\$ 2,334,452.29 |
| 214 | R\$ 1,713,652.04 | R\$ 873,794.73 | R\$ 1,103,456.39 | R\$ 1,218,242.97 | R\$ 3,983,511.19 |
| 218 | R\$ 4,023,409.67 | R\$ 2,098,122.02 | R\$ 2,502,180.14 | R\$ 2,209,913.67 | R\$ 2,019,745.14 |
| 219 | R\$ 1,807,176.04 | | R\$ 1,316,446.43 | R\$ 1,331,300.01 | R\$ 1,761,968.39 |
| 220 | R\$ 1,678,698.64 | | R\$ 1,235,291.35 | R\$ 940,779.94 | R\$ 1,878,086.72 |
| 222 | R\$ 1,429,444.61 | R\$ 958,572.14 | R\$ 920,277.88 | | R\$ 2,117,907.39 |
| 226 | R\$ 1,288,451.68 | R\$ 778,523.48 | R\$ 821,934.31 | R\$ 659,756.65 | R\$ 3,102,675.61 |
| 227 | R\$ 2,238,457.30 | R\$ 1,438,429.80 | R\$ 1,289,180.99 | | R\$ 4,204,809.39 |
| 229 | R\$ 4,916,580.56 | R\$ 2,736,921.75 | R\$ 2,734,969.20 | | R\$ 2,643,992.77 |
| 230 | R\$ 2,258,941.04 | | R\$ 1,508,694.50 | R\$ 1,744,952.59 | R\$ 1,963,357.62 |
| 231 | R\$ 1,423,027.04 | R\$ 1,219,467.43 | R\$ 863,308.82 | | |

**APÊNDICE C – Valores totais de cada subetapa x centro de custo. Fonte: Próprio autor.
(2019)**

Cenário II – Etapa 5

| SUBETAPAS | 05.01 | 05.02 | 05.04 | 05.05 | 05.06 |
|------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|
| 128 | R\$ 4,349,830.38 | R\$ 3,242,602.46 | R\$ 9,957.99 | R\$ 63,900.00 | R\$ 86,588.54 |
| 188 | R\$ 815,481.83 | R\$ 743,353.59 | R\$ 4,088.44 | R\$ 8,061.00 | R\$ 10,338.47 |
| 206 | R\$ 1,601,821.94 | R\$ 701,030.80 | - | R\$ 10,368.00 | - |
| 207 | R\$ 2,547,869.11 | R\$ 1,073,649.64 | - | R\$ 13,824.00 | - |
| 209 | R\$ 3,938,929.27 | R\$ 3,009,086.92 | - | R\$ 20,379.84 | R\$ 52,479.27 |
| 211 | R\$ 1,685,343.92 | R\$ 637,223.95 | - | R\$ 8,433.01 | R\$ 11,040.00 |
| 212 | R\$ 2,021,795.87 | R\$ 588,221.55 | - | R\$ 11,040.00 | - |
| 214 | R\$ 2,941,739.53 | R\$ 1,140,110.22 | - | R\$ 14,714.00 | - |
| 218 | R\$ 6,790,256.72 | R\$ 2,233,401.90 | - | R\$ 27,746.40 | - |
| 219 | R\$ 2,330,124.32 | R\$ 1,789,204.43 | - | R\$ 23,215.50 | - |
| 220 | R\$ 1,792,679.27 | R\$ 1,238,156.93 | - | R\$ 13,752.00 | R\$ 44,503.43 |
| 222 | R\$ 1,550,810.89 | R\$ 1,081,258.26 | - | R\$ 13,752.00 | R\$ 36,164.62 |
| 226 | R\$ 949,919.39 | R\$ 1,044,435.93 | - | R\$ 11,190.35 | R\$ 18,561.35 |
| 227 | R\$ 2,885,667.75 | R\$ 1,363,385.23 | - | R\$ 23,442.57 | - |
| 229 | R\$ 8,460,382.31 | R\$ 2,515,193.85 | - | R\$ 26,488.39 | - |
| 230 | R\$ 2,298,551.04 | R\$ 2,318,749.24 | - | R\$ 27,408.78 | R\$ 47,966.16 |
| 231 | R\$ 1,825,403.63 | R\$ 1,118,627.86 | - | R\$ 16,800.00 | R\$ 43,197.66 |

| SUBETAPAS | 05.07 | 05.10 | 05.11 | 05.12 | 05.13 |
|------------------|----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| 128 | R\$ 328,322.31 | R\$ 3,663.93 | R\$ 12,201.91 | R\$ 90,824.71 | - |
| 188 | R\$ 48,166.29 | R\$ 3,557.92 | R\$ 6,807.91 | R\$ 41,519.58 | - |
| 206 | - | - | - | R\$ 64,762.91 | - |
| 207 | - | - | - | R\$ 121,262.39 | - |
| 209 | - | - | - | R\$ 163,606.68 | - |
| 211 | - | - | - | R\$ 73,109.26 | - |
| 212 | - | - | - | R\$ 83,185.07 | - |
| 214 | - | - | - | R\$ 103,489.12 | - |
| 218 | - | - | - | R\$ 185,443.72 | - |
| 219 | R\$ 136,000.00 | R\$ 6,709.51 | R\$ 15,168.50 | R\$ 73,174.18 | - |
| 220 | R\$ 129,847.70 | R\$ 3,663.93 | R\$ 12,473.04 | R\$ 72,751.12 | - |
| 222 | R\$ 103,738.20 | R\$ 3,663.93 | R\$ 18,477.95 | R\$ 77,961.47 | - |
| 226 | R\$ 199,836.06 | R\$ 5,922.65 | R\$ 8,379.65 | R\$ 45,526.05 | - |
| 227 | R\$ 366,502.18 | - | - | R\$ 102,279.57 | - |
| 229 | - | - | - | R\$ 35,215.26 | R\$ 99,487.10 |
| 230 | R\$ 333,150.92 | R\$ 5,012.48 | R\$ 8,477.19 | R\$ 95,116.49 | - |
| 231 | R\$ 101,122.22 | R\$ 4,489.03 | R\$ 15,251.18 | R\$ 24,790.38 | R\$ 49,353.60 |

Cenário II – Etapa 6

| SUBETAPAS | 06.01 | 06.02 | 06.03 | 06.04 | 06.05 |
|------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 128 | R\$ 409,359.30 | R\$ 166,972.71 | R\$ 13,170.93 | R\$ 311,441.28 | R\$ 220,124.56 |
| 188 | R\$ 114,940.84 | R\$ 33,423.51 | R\$ 3,792.20 | R\$ 122,909.63 | R\$ 67,316.05 |
| 206 | R\$ 154,539.39 | R\$ 40,087.84 | R\$ 3,319.84 | R\$ 67,602.18 | R\$ 80,667.34 |
| 207 | R\$ 266,684.70 | R\$ 75,823.78 | R\$ 5,057.83 | R\$ 164,563.01 | R\$ 108,660.24 |
| 209 | R\$ 563,405.15 | R\$ 130,346.13 | R\$ 16,056.80 | R\$ 331,810.07 | R\$ 247,557.70 |
| 211 | R\$ 170,337.94 | R\$ 40,259.59 | R\$ 3,272.41 | R\$ 65,729.46 | R\$ 92,841.20 |
| 212 | R\$ 225,395.03 | R\$ 60,216.34 | R\$ 5,467.07 | R\$ 107,272.34 | R\$ 94,887.22 |
| 214 | R\$ 253,078.08 | R\$ 57,626.91 | R\$ 4,570.95 | R\$ 61,874.66 | R\$ 117,204.99 |
| 218 | R\$ 506,662.73 | R\$ 107,252.36 | R\$ 14,626.12 | R\$ 229,352.15 | R\$ 279,933.35 |
| 219 | R\$ 119,939.41 | R\$ 134,942.23 | R\$ 15,154.80 | R\$ 116,881.37 | R\$ 147,733.99 |
| 220 | R\$ 188,792.21 | R\$ 51,344.68 | R\$ 14,477.89 | R\$ 91,616.99 | R\$ 112,412.93 |
| 222 | R\$ 150,353.18 | R\$ 54,879.24 | R\$ 9,175.99 | R\$ 83,659.02 | R\$ 118,456.59 |
| 226 | R\$ 229,017.21 | R\$ 67,954.70 | R\$ 8,192.37 | R\$ 103,704.84 | R\$ 140,837.89 |
| 227 | R\$ 372,420.57 | R\$ 152,260.17 | R\$ 17,905.90 | R\$ 122,568.32 | R\$ 163,241.80 |
| 229 | R\$ 663,818.75 | R\$ 191,082.04 | R\$ 14,111.24 | R\$ 284,490.69 | R\$ 459,840.21 |
| 230 | R\$ 439,952.00 | R\$ 159,223.23 | R\$ 7,899.78 | R\$ 167,652.74 | R\$ 375,133.68 |
| 231 | R\$ 221,601.80 | R\$ 87,131.33 | R\$ 6,490.38 | R\$ 171,435.96 | R\$ 242,104.68 |

| SUBETAPAS | 06.06 | 06.07 | 06.09 | 06.10 | 06.11 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 128 | R\$ 23,391.33 | R\$ 70,639.07 | R\$ 143,139.16 | R\$ 99,200.00 | - |
| 188 | R\$ 1,711.47 | R\$ 37,483.68 | R\$ 39,619.84 | R\$ 32,416.72 | R\$ 7,897.86 |
| 206 | R\$ 7,970.72 | R\$ 27,865.94 | R\$ 135,249.38 | R\$ 55,926.34 | R\$ 8,513.38 |
| 207 | R\$ 21,764.32 | R\$ 43,630.84 | R\$ 184,562.64 | R\$ 99,487.96 | R\$ 17,667.67 |
| 209 | R\$ 43,838.23 | R\$ 86,881.08 | R\$ 201,164.18 | R\$ 99,253.00 | R\$ 18,132.62 |
| 211 | R\$ 12,473.07 | R\$ 24,829.99 | R\$ 133,580.64 | R\$ 43,723.28 | R\$ 10,165.59 |
| 212 | R\$ 30,793.89 | R\$ 44,185.55 | R\$ 86,321.10 | R\$ 57,829.47 | - |
| 214 | R\$ 18,331.29 | R\$ 31,207.95 | R\$ 83,959.12 | R\$ 41,507.00 | R\$ 11,554.03 |
| 218 | R\$ 41,326.94 | R\$ 77,056.93 | R\$ 193,684.42 | R\$ 113,622.80 | R\$ 37,024.63 |
| 219 | R\$ 19,313.21 | R\$ 53,772.60 | R\$ 87,826.74 | R\$ 120,020.98 | - |
| 220 | R\$ 14,680.95 | R\$ 39,397.16 | R\$ 75,321.90 | R\$ 65,770.00 | R\$ 18,083.67 |
| 222 | R\$ 9,531.06 | R\$ 37,684.24 | R\$ 55,609.34 | R\$ 62,940.00 | R\$ 17,294.71 |
| 226 | R\$ 20,739.37 | R\$ 50,216.05 | R\$ 57,305.49 | R\$ 48,920.84 | R\$ 18,659.86 |
| 227 | R\$ 18,322.76 | R\$ 33,774.25 | R\$ 90,830.37 | R\$ 39,390.42 | - |
| 229 | R\$ 45,902.91 | R\$ 46,570.27 | R\$ 130,393.80 | R\$ 75,524.57 | R\$ 12,157.93 |
| 230 | R\$ 305,769.89 | R\$ 163,664.88 | R\$ 165,557.17 | R\$ 94,223.24 | R\$ 13,608.49 |
| 231 | R\$ 33,375.91 | R\$ 16,138.85 | R\$ 77,677.28 | R\$ 98,460.84 | R\$ 8,550.82 |

| SUBETAPAS | 06.12 | 06.13 | 06.15 | 06.16 | 06.19 |
|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 128 | - | R\$ 85,100.78 | R\$ 131,600.00 | R\$ 16,122.86 | R\$ 174,711.19 |
| 188 | R\$ 42,719.64 | R\$ 35,721.32 | R\$ 38,480.00 | R\$ 4,800.48 | R\$ 20,000.00 |
| 206 | R\$ 39,832.95 | R\$ 60,059.58 | R\$ 57,720.00 | R\$ 7,751.87 | R\$ 43,513.59 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|-----------|-----|------------|
| 207 | R\$ | 127,444.18 | R\$ | 152,405.02 | R\$ | 81,120.00 | R\$ | 16,081.80 | R\$ | 138,954.68 |
| 209 | R\$ | 122,562.55 | R\$ | 141,469.55 | R\$ | 162,240.00 | R\$ | 20,383.41 | R\$ | 155,632.30 |
| 211 | R\$ | 62,177.49 | R\$ | 70,568.38 | R\$ | 33,330.00 | R\$ | 9,448.50 | R\$ | 47,348.90 |
| 212 | | - | R\$ | 61,188.15 | R\$ | 105,450.00 | R\$ | 12,838.74 | R\$ | 55,283.65 |
| 214 | R\$ | 88,728.35 | R\$ | 81,976.71 | R\$ | 106,050.00 | R\$ | 11,429.74 | R\$ | 92,075.84 |
| 218 | R\$ | 168,190.62 | R\$ | 257,537.18 | R\$ | 248,250.00 | R\$ | 23,629.15 | R\$ | 200,170.27 |
| 219 | | - | R\$ | 102,854.00 | R\$ | 215,280.00 | R\$ | 17,486.67 | R\$ | 187,292.50 |
| 220 | R\$ | 87,326.86 | R\$ | 105,080.58 | R\$ | 90,400.00 | R\$ | 9,507.89 | R\$ | 87,574.62 |
| 222 | R\$ | 89,122.10 | R\$ | 103,401.91 | R\$ | 69,280.00 | R\$ | 8,984.64 | R\$ | 89,389.98 |
| 226 | R\$ | 78,100.26 | R\$ | 90,016.17 | R\$ | 78,950.00 | R\$ | 18,294.76 | R\$ | 70,999.25 |
| 227 | | - | R\$ | 89,674.66 | R\$ | 103,950.00 | R\$ | 22,643.69 | R\$ | 181,318.48 |
| 229 | R\$ | 190,664.22 | R\$ | 129,654.12 | R\$ | 234,948.19 | R\$ | 31,267.69 | R\$ | 23,772.08 |
| 230 | R\$ | 144,214.02 | R\$ | 130,600.16 | R\$ | 247,352.47 | R\$ | 36,062.66 | R\$ | 144,045.59 |
| 231 | R\$ | 93,437.71 | R\$ | 85,364.47 | R\$ | 105,560.00 | R\$ | 15,096.38 | R\$ | 17,309.51 |

| SUBETAPAS | | 06.20 | | 06.21 | | 06.22 | | 06.23 | | 06.24 |
|------------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| 128 | R\$ | 183,601.32 | R\$ | 213,905.11 | R\$ | 59,400.36 | R\$ | 42,173.22 | R\$ | 50,353.30 |
| 188 | R\$ | 30,630.00 | R\$ | 69,596.05 | R\$ | 3,266.79 | R\$ | 6,153.74 | R\$ | 27,261.71 |
| 206 | R\$ | 33,282.35 | R\$ | 76,006.43 | R\$ | 11,954.57 | R\$ | 13,329.34 | R\$ | 43,908.85 |
| 207 | R\$ | 39,194.08 | R\$ | 114,163.40 | R\$ | 110,695.56 | R\$ | 18,800.91 | R\$ | 75,640.08 |
| 209 | R\$ | 53,437.62 | R\$ | 169,580.70 | R\$ | 37,981.79 | R\$ | 23,301.45 | R\$ | 127,740.24 |
| 211 | R\$ | 39,730.85 | R\$ | 75,018.55 | R\$ | 15,590.72 | R\$ | 12,787.60 | R\$ | 48,117.33 |
| 212 | R\$ | 101,715.91 | R\$ | 30,294.95 | R\$ | 16,110.89 | R\$ | 60,001.18 | | - |
| 214 | R\$ | 45,886.81 | R\$ | 111,682.78 | R\$ | 36,733.63 | R\$ | 18,882.00 | R\$ | 97,400.78 |
| 218 | R\$ | 168,145.46 | R\$ | 279,438.02 | R\$ | 86,668.31 | R\$ | 43,975.32 | R\$ | 174,662.42 |
| 219 | R\$ | 45,284.23 | R\$ | 128,700.49 | R\$ | 36,817.28 | R\$ | 21,970.18 | R\$ | 51,586.36 |
| 220 | R\$ | 48,331.80 | R\$ | 103,601.32 | R\$ | 31,677.89 | R\$ | 16,203.02 | R\$ | 133,171.45 |
| 222 | R\$ | 48,578.06 | R\$ | 104,337.48 | R\$ | 19,544.53 | R\$ | 15,498.54 | R\$ | 117,047.69 |
| 226 | R\$ | 53,091.55 | R\$ | 68,417.06 | R\$ | 24,740.20 | R\$ | 12,019.11 | R\$ | 106,944.65 |
| 227 | R\$ | 160,462.97 | R\$ | 181,023.33 | R\$ | 26,568.06 | R\$ | 26,985.32 | R\$ | 192,609.30 |
| 229 | R\$ | 78,966.18 | R\$ | 219,604.63 | R\$ | 92,697.01 | R\$ | 53,204.35 | R\$ | 152,537.22 |
| 230 | R\$ | 71,829.32 | R\$ | 239,576.11 | R\$ | 79,453.37 | R\$ | 50,879.45 | R\$ | 122,887.10 |
| 231 | R\$ | 48,387.59 | R\$ | 113,938.22 | R\$ | 43,548.03 | R\$ | 21,038.59 | R\$ | 99,195.01 |

Cenário II – Etapa 11

| SUBETAPAS | 11.01 | 11.02 | 11.03 | 11.04 | 11.05 |
|-----------|------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| 128 | R\$ 1,119,200.17 | R\$ 193,797.92 | R\$ 19,667.58 | R\$ 202,869.67 | R\$ 22,479.08 |
| 188 | R\$ 373,004.18 | R\$ 150,041.66 | R\$ 9,229.64 | R\$ 35,857.09 | R\$ 9,745.31 |
| 206 | R\$ 377,036.64 | R\$ 91,152.58 | R\$ 7,362.21 | R\$ 46,745.72 | R\$ 9,259.76 |
| 207 | R\$ 535,310.44 | R\$ 125,287.52 | R\$ 22,512.55 | R\$ 101,809.84 | R\$ 19,533.85 |
| 209 | R\$ 1,461,854.60 | R\$ 358,260.09 | R\$ 27,741.87 | R\$ 147,880.87 | R\$ 37,117.62 |
| 211 | R\$ 415,428.61 | R\$ 95,241.29 | R\$ 9,710.56 | R\$ 65,028.60 | R\$ 13,249.35 |
| 212 | R\$ 284,499.05 | R\$ 149,495.69 | R\$ 8,830.36 | R\$ 249,922.37 | R\$ 12,069.34 |
| 214 | R\$ 746,079.58 | R\$ 195,587.64 | R\$ 22,423.26 | R\$ 87,410.70 | R\$ 13,283.70 |
| 218 | R\$ 1,748,035.38 | R\$ 415,822.36 | R\$ 34,026.24 | R\$ 202,256.19 | R\$ 19,593.06 |
| 219 | R\$ 511,264.18 | R\$ 163,975.15 | R\$ 24,233.91 | R\$ 299,039.84 | R\$ 13,572.20 |
| 220 | R\$ 656,546.97 | R\$ 353,051.64 | R\$ 20,362.04 | R\$ 67,098.36 | R\$ 14,426.53 |
| 222 | R\$ 490,409.38 | R\$ 341,540.91 | R\$ 20,065.56 | R\$ 72,736.55 | R\$ 9,937.21 |
| 226 | R\$ 288,070.64 | R\$ 306,870.73 | R\$ 45,716.63 | R\$ 96,859.94 | R\$ 41,317.18 |
| 227 | R\$ 1,000,718.76 | R\$ 458,364.46 | R\$ 27,007.82 | R\$ 120,930.30 | R\$ 20,956.87 |
| 229 | R\$ 2,236,768.65 | R\$ 803,136.12 | R\$ 35,745.14 | - | - |
| 230 | R\$ 807,889.45 | R\$ 301,825.44 | R\$ 60,663.22 | R\$ 498,236.10 | R\$ 52,021.44 |
| 231 | R\$ 575,179.09 | R\$ 245,112.75 | R\$ 18,566.87 | - | - |

| SUBETAPAS | 11.06 | 11.07 | 11.09 | 11.10 | 11.11 |
|-----------|---------------|----------------|------------------|----------------|---------------|
| 128 | R\$ 54,244.96 | R\$ 90,118.06 | R\$ 765,099.93 | R\$ 112,169.00 | - |
| 188 | R\$ 14,512.35 | R\$ 23,792.90 | R\$ 268,101.62 | R\$ 40,895.98 | - |
| 206 | R\$ 21,711.32 | R\$ 35,049.88 | R\$ 356,034.66 | R\$ 37,213.31 | - |
| 207 | R\$ 40,724.29 | R\$ 42,598.04 | R\$ 379,034.96 | R\$ 78,753.74 | - |
| 209 | R\$ 68,726.84 | R\$ 116,402.51 | R\$ 1,344,787.82 | R\$ 137,058.18 | - |
| 211 | R\$ 30,021.53 | R\$ 35,178.86 | R\$ 319,851.37 | R\$ 70,762.39 | - |
| 212 | R\$ 16,421.33 | R\$ 4,931.76 | R\$ 394,640.76 | R\$ 68,751.90 | - |
| 214 | R\$ 52,871.80 | R\$ 61,346.13 | R\$ 455,114.55 | R\$ 79,534.64 | - |
| 218 | R\$ 77,194.47 | R\$ 158,404.19 | R\$ 1,197,147.91 | R\$ 170,929.83 | - |
| 219 | R\$ 32,953.09 | R\$ 22,742.10 | R\$ 594,294.24 | R\$ 145,101.30 | - |
| 220 | R\$ 66,489.70 | R\$ 417,859.96 | R\$ 61,677.51 | R\$ 21,185.88 | - |
| 222 | R\$ 55,690.19 | R\$ 364,644.16 | R\$ 59,411.16 | R\$ 15,009.46 | - |
| 226 | R\$ 30,714.25 | R\$ 6,042.76 | R\$ 389,700.31 | R\$ 83,159.21 | - |
| 227 | R\$ 95,430.66 | R\$ 431,581.43 | R\$ 73,983.05 | R\$ 9,483.90 | - |
| 229 | - | R\$ 205,893.84 | R\$ 1,382,842.46 | R\$ 199,146.63 | R\$ 53,047.68 |
| 230 | R\$ 36,092.73 | R\$ 12,489.74 | R\$ 409,799.94 | R\$ 79,922.93 | - |
| 231 | - | R\$ 63,210.60 | R\$ 392,257.84 | R\$ 91,669.50 | R\$ 37,030.36 |

Cenário II – Etapa 18

| SUBETAPA | 18.01 | 18.03 | 18.04 | 18.05 | 18.07 | 18.08 |
|------------|--------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 128 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,365,539.99 | 36,000.00 | 169,600.00 | 31,000.00 | 333,234.00 | 743,344.80 |
| 188 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 460,359.96 | 34,000.00 | 71,400.00 | 29,500.00 | 124,819.50 | 135,537.60 |
| 206 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 770,746.59 | 35,000.00 | 93,500.00 | 30,050.00 | 106,722.00 | 128,205.00 |
| 207 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 764,391.19 | 66,000.00 | 89,300.00 | 35,500.00 | 132,249.60 | 140,118.00 |
| 209 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,623,816.28 | 84,000.00 | 132,300.00 | 40,500.00 | 190,270.80 | 339,004.16 |
| 211 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 788,261.56 | 30,000.00 | 83,000.00 | 37,900.00 | 90,024.00 | 115,288.80 |
| 212 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 885,819.99 | 26,000.00 | 83,200.00 | 51,600.00 | 64,179.00 | 157,335.20 |
| 214 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,319,316.00 | 72,000.00 | 75,600.00 | 41,500.00 | 124,581.60 | 162,610.80 |
| 218 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 2,224,865.78 | 84,000.00 | 226,000.00 | 155,000.00 | 286,220.00 | 338,302.80 |
| 219 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,334,233.67 | 30,000.00 | 111,000.00 | 69,600.00 | 75,286.20 | 190,871.56 |
| 220 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 914,347.75 | 56,000.00 | 107,800.00 | 55,400.00 | 131,183.80 | 162,111.40 |
| 222 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,044,968.85 | 64,000.00 | 123,200.00 | 57,200.00 | 146,517.80 | 181,139.20 |
| 226 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,096,137.74 | 48,000.00 | 103,680.00 | 103,043.12 | 137,653.55 | 440,490.20 |
| 227 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,718,607.86 | 72,000.00 | 135,000.00 | 122,143.72 | 176,420.25 | 547,464.00 |
| 229 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,840,930.15 | 84,000.00 | 195,300.00 | 146,919.34 | 384,724.48 | 759,227.00 |
| 230 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1,563,024.97 | 68,000.00 | 197,437.36 | 151,669.02 | 244,377.00 | 197,325.12 |
| 231 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 822,939.45 | 60,000.00 | 134,100.00 | 113,490.00 | 216,420.60 | 436,992.00 |

| SUBETAPA | 18.09 | 18.11 | 18.12 | 18.13 | 18.14 | 18.15 |
|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 128 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 17,517.60 | 54,500.00 | 20,000.00 | 25,742.65 | 27,494.87 | 108,592.00 |
| 188 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 5,146.10 | 78,133.71 | 4,000.00 | 3,000.00 | 13,290.10 | 84,305.15 |
| 206 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 21,747.14 | 109,646.92 | 4,000.00 | 14,008.15 | 20,000.00 | 80,000.00 |
| 207 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 21,247.14 | 144,465.39 | 8,000.00 | 14,008.15 | 18,648.78 | 80,000.00 |
| 209 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 23,468.86 | 72,940.00 | 12,000.00 | 18,141.47 | 33,149.80 | 100,000.00 |
| 211 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 6,730.50 | 122,651.02 | 5,000.00 | 13,744.88 | 22,859.90 | 80,000.00 |
| 212 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 9,100.00 | 35,316.66 | 10,000.00 | 17,690.61 | 9,712.57 | 100,000.00 |
| 214 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 8,076.60 | 382,402.72 | 5,000.00 | 21,360.96 | 15,559.61 | 106,444.00 |
| 218 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 21,537.60 | 476,086.65 | 5,000.00 | 22,134.14 | 33,624.22 | 110,740.00 |
| 219 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 10,500.00 | 34,111.12 | 10,000.00 | 31,787.62 | 13,762.96 | 108,592.00 |

| | | | | | | |
|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| 220 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 14,358.40 | 271,251.74 | 5,000.00 | 24,044.68 | 12,952.62 | 7,518.00 |
| 222 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 16,409.60 | 197,686.88 | 5,000.00 | 24,044.68 | 10,401.71 | 7,518.00 |
| 226 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 8,820.00 | 58,863.48 | 75,000.00 | 29,723.01 | 6,896.29 | 9,600.00 |
| 227 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 25,164.00 | 56,702.39 | 100,000.00 | 22,136.89 | 10,000.60 | 117,035.88 |
| 229 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 20,401.92 | 654,725.85 | 28,670.97 | 33,144.25 | 28,318.55 | 28,446.87 |
| 230 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 12,495.00 | 84,115.86 | 40,000.00 | 30,121.52 | 16,326.92 | 39,100.00 |
| 231 | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 19,430.40 | 48,839.34 | 15,000.00 | 43,332.97 | 10,332.85 | 42,480.00 |

APÊNDICE D – VALORES DE PERCENTIS DA SIMULAÇÃO

Cenário I

| Sumário Estatístico para Cenário I | | | | | |
|------------------------------------|-----|---------------|---------------------------|-----|---------------|
| Distribuição - Beta | | | Distribuição - Triangular | | |
| 5% | R\$ | 18.437.065,89 | 5% | R\$ | 16.511.722,47 |
| 10% | R\$ | 19.330.873,03 | 10% | R\$ | 17.263.330,07 |
| 15% | R\$ | 19.963.133,58 | 15% | R\$ | 17.784.976,51 |
| 20% | R\$ | 20.486.757,23 | 20% | R\$ | 18.227.326,13 |
| 25% | R\$ | 20.946.837,86 | 25% | R\$ | 18.620.781,23 |
| 30% | R\$ | 21.362.465,72 | 30% | R\$ | 18.971.811,85 |
| 35% | R\$ | 21.747.868,51 | 35% | R\$ | 19.312.363,67 |
| 40% | R\$ | 22.118.492,15 | 40% | R\$ | 19.644.691,53 |
| 45% | R\$ | 22.484.332,44 | 45% | R\$ | 19.985.969,64 |
| 50% | R\$ | 22.858.737,03 | 50% | R\$ | 20.322.469,20 |
| 55% | R\$ | 23.215.384,57 | 55% | R\$ | 20.666.655,74 |
| 60% | R\$ | 23.579.285,97 | 60% | R\$ | 21.021.927,44 |
| 65% | R\$ | 23.946.608,68 | 65% | R\$ | 21.389.063,84 |
| 70% | R\$ | 24.342.590,74 | 70% | R\$ | 21.781.270,25 |
| 75% | R\$ | 24.753.513,63 | 75% | R\$ | 22.209.955,02 |
| 80% | R\$ | 25.198.671,78 | 80% | R\$ | 22.693.207,97 |
| 85% | R\$ | 25.712.563,43 | 85% | R\$ | 23.254.332,25 |
| 90% | R\$ | 26.360.223,53 | 90% | R\$ | 23.941.973,87 |
| 95% | R\$ | 27.241.143,59 | 95% | R\$ | 24.963.952,72 |

Cenário II – Etapa 5

| Sumário Estatístico para Cenário II - Etapa 5 | | | | | |
|---|-----|--------------|---------------------------|-----|--------------|
| Distribuição - Beta | | | Distribuição - Triangular | | |
| 5% | R\$ | 4.098.291,81 | 5% | R\$ | 3.449.059,88 |
| 10% | R\$ | 4.622.965,10 | 10% | R\$ | 3.826.426,03 |
| 15% | R\$ | 5.024.002,95 | 15% | R\$ | 4.111.643,76 |
| 20% | R\$ | 5.361.917,89 | 20% | R\$ | 4.367.040,17 |
| 25% | R\$ | 5.684.608,35 | 25% | R\$ | 4.609.083,71 |
| 30% | R\$ | 5.973.166,58 | 30% | R\$ | 4.840.109,01 |
| 35% | R\$ | 6.256.349,52 | 35% | R\$ | 5.059.628,16 |
| 40% | R\$ | 6.522.934,93 | 40% | R\$ | 5.285.971,31 |
| 45% | R\$ | 6.791.656,03 | 45% | R\$ | 5.517.464,98 |
| 50% | R\$ | 7.058.989,07 | 50% | R\$ | 5.755.620,79 |
| 55% | R\$ | 7.318.687,90 | 55% | R\$ | 6.007.201,34 |
| 60% | R\$ | 7.580.320,17 | 60% | R\$ | 6.268.833,22 |
| 65% | R\$ | 7.843.030,37 | 65% | R\$ | 6.553.725,66 |
| 70% | R\$ | 8.121.952,24 | 70% | R\$ | 6.863.402,12 |
| 75% | R\$ | 8.411.846,61 | 75% | R\$ | 7.188.292,35 |
| 80% | R\$ | 8.727.135,02 | 80% | R\$ | 7.561.779,66 |
| 85% | R\$ | 9.073.620,42 | 85% | R\$ | 7.976.635,02 |

| | | | | | |
|------------|-----|---------------|------------|-----|--------------|
| 90% | R\$ | 9.470.120,72 | 90% | R\$ | 8.473.198,79 |
| 95% | R\$ | 10.003.349,56 | 95% | R\$ | 9.145.122,22 |

Cenário II – Etapa 6

| Sumário Estatístico para Cenário II - Etapa 6 | | | | | |
|--|-----|--------------|----------------------------------|-----|--------------|
| Distribuição - Beta | | | Distribuição - Triangular | | |
| 5% | R\$ | 2.063.950,89 | 5% | R\$ | 1.786.951,51 |
| 10% | R\$ | 2.143.246,31 | 10% | R\$ | 1.856.134,74 |
| 15% | R\$ | 2.196.560,24 | 15% | R\$ | 1.904.930,73 |
| 20% | R\$ | 2.239.277,22 | 20% | R\$ | 1.943.908,04 |
| 25% | R\$ | 2.276.636,00 | 25% | R\$ | 1.978.377,13 |
| 30% | R\$ | 2.310.867,83 | 30% | R\$ | 2.009.608,16 |
| 35% | R\$ | 2.343.020,10 | 35% | R\$ | 2.038.360,97 |
| 40% | R\$ | 2.372.398,95 | 40% | R\$ | 2.066.694,24 |
| 45% | R\$ | 2.401.415,84 | 45% | R\$ | 2.094.418,33 |
| 50% | R\$ | 2.429.451,31 | 50% | R\$ | 2.121.303,24 |
| 55% | R\$ | 2.457.951,54 | 55% | R\$ | 2.148.867,52 |
| 60% | R\$ | 2.486.375,59 | 60% | R\$ | 2.177.161,90 |
| 65% | R\$ | 2.515.742,54 | 65% | R\$ | 2.205.974,05 |
| 70% | R\$ | 2.546.862,28 | 70% | R\$ | 2.236.491,44 |
| 75% | R\$ | 2.580.828,81 | 75% | R\$ | 2.269.526,97 |
| 80% | R\$ | 2.618.633,82 | 80% | R\$ | 2.307.233,75 |
| 85% | R\$ | 2.661.687,18 | 85% | R\$ | 2.351.240,50 |
| 90% | R\$ | 2.715.569,25 | 90% | R\$ | 2.405.154,50 |
| 95% | R\$ | 2.793.712,79 | 95% | R\$ | 2.490.792,81 |

Cenário II – Etapa 11

| Sumário Estatístico para Cenário II - Etapa 11 | | | | | |
|---|-----|--------------|----------------------------------|-----|--------------|
| Distribuição - Beta | | | Distribuição - Triangular | | |
| 5% | R\$ | 2.244.240,35 | 5% | R\$ | 1.804.408,28 |
| 10% | R\$ | 2.434.959,59 | 10% | R\$ | 1.953.850,10 |
| 15% | R\$ | 2.571.011,83 | 15% | R\$ | 2.063.124,66 |
| 20% | R\$ | 2.684.602,52 | 20% | R\$ | 2.155.529,53 |
| 25% | R\$ | 2.781.192,38 | 25% | R\$ | 2.238.576,62 |
| 30% | R\$ | 2.867.172,87 | 30% | R\$ | 2.318.843,63 |
| 35% | R\$ | 2.951.259,95 | 35% | R\$ | 2.393.367,04 |
| 40% | R\$ | 3.031.949,63 | 40% | R\$ | 2.466.119,80 |
| 45% | R\$ | 3.107.530,57 | 45% | R\$ | 2.537.999,58 |
| 50% | R\$ | 3.184.330,00 | 50% | R\$ | 2.610.654,87 |
| 55% | R\$ | 3.260.756,36 | 55% | R\$ | 2.685.310,23 |
| 60% | R\$ | 3.336.532,21 | 60% | R\$ | 2.762.121,77 |
| 65% | R\$ | 3.414.982,21 | 65% | R\$ | 2.841.819,33 |
| 70% | R\$ | 3.498.491,85 | 70% | R\$ | 2.928.762,72 |
| 75% | R\$ | 3.587.444,70 | 75% | R\$ | 3.022.775,08 |
| 80% | R\$ | 3.683.364,04 | 80% | R\$ | 3.128.350,21 |
| 85% | R\$ | 3.792.751,39 | 85% | R\$ | 3.248.017,46 |

| | | | | | |
|------------|-----|--------------|------------|-----|--------------|
| 90% | R\$ | 3.927.720,16 | 90% | R\$ | 3.397.659,66 |
| 95% | R\$ | 4.120.143,67 | 95% | R\$ | 3.619.724,44 |

Cenário II – Etapa 18

| Sumário Estatístico para Cenário II - Etapa 18 | | | | | |
|---|-----|--------------|----------------------------------|-----|--------------|
| Distribuição - Beta | | | Distribuição - Triangular | | |
| 5% | R\$ | 2.080.964,68 | 5% | R\$ | 1.840.801,50 |
| 10% | R\$ | 2.225.483,82 | 10% | R\$ | 1.966.243,49 |
| 15% | R\$ | 2.327.224,36 | 15% | R\$ | 2.057.358,22 |
| 20% | R\$ | 2.411.615,23 | 20% | R\$ | 2.130.254,88 |
| 25% | R\$ | 2.489.487,99 | 25% | R\$ | 2.196.310,48 |
| 30% | R\$ | 2.560.213,21 | 30% | R\$ | 2.256.806,30 |
| 35% | R\$ | 2.626.757,68 | 35% | R\$ | 2.315.286,15 |
| 40% | R\$ | 2.691.028,45 | 40% | R\$ | 2.371.187,79 |
| 45% | R\$ | 2.753.684,12 | 45% | R\$ | 2.426.461,49 |
| 50% | R\$ | 2.815.962,61 | 50% | R\$ | 2.481.138,68 |
| 55% | R\$ | 2.878.399,12 | 55% | R\$ | 2.537.698,45 |
| 60% | R\$ | 2.940.373,36 | 60% | R\$ | 2.597.224,75 |
| 65% | R\$ | 3.005.552,00 | 65% | R\$ | 2.660.091,97 |
| 70% | R\$ | 3.073.927,40 | 70% | R\$ | 2.725.903,29 |
| 75% | R\$ | 3.144.173,32 | 75% | R\$ | 2.797.538,16 |
| 80% | R\$ | 3.222.289,21 | 80% | R\$ | 2.876.217,42 |
| 85% | R\$ | 3.310.274,31 | 85% | R\$ | 2.968.881,25 |
| 90% | R\$ | 3.415.581,55 | 90% | R\$ | 3.079.582,69 |
| 95% | R\$ | 3.558.044,05 | 95% | R\$ | 3.234.205,18 |