

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO
DE TERRENOS USANDO O MÉTODO INVOLUTIVO COM
SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

GUSTAVO ANDREAS HOCHHEIM

**FLORIANÓPOLIS
2017**

GUSTAVO ANDREAS HOCHHEIM

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO DE
TERRENOS USANDO O MÉTODO INVOLUTIVO COM SIMULAÇÃO DE MONTE
CARLO**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do diploma de grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Ph.D. Cristine do Nascimento Mutti

FLORIANÓPOLIS
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hochheim, Gustavo Andreas
ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO DE
TERRENOS USANDO O MÉTODO INVOLUTIVO COM SIMULAÇÃO DE MONTE
CARLO / Gustavo Andreas Hochheim ; orientadora, Cristine
do Nascimento Mutti, 2017.
124 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Engenharia de Avaliações. 3.
Método Involutivo. 4. Simulação de Monte Carlo. 5.
Dependência. I. Mutti, Cristine do Nascimento. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

GUSTAVO ANDREAS HOCHHEIM

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS RESULTADOS NA AVALIAÇÃO DE
TERRENOS USANDO O MÉTODO INVOLUTIVO COM SIMULAÇÃO DE MONTE
CARLO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do diploma de graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 27 de junho de 2017.

Profª. Luciana Rohde, Drª.
Coordenadora do Curso

BANCA EXAMINADORA:



Profª. Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.
Professora Orientadora

Profa. Fernanda Fernandes Marchiori, Drª.
UFSC

Prof. Antonio Victorino Avila, MSc.
UNISUL

FLORIANÓPOLIS
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, por todo apoio dado em minha trajetória: suporte, ensinamentos e confiança depositada.

A professora Cristine do Nascimento Mutti, pela orientação e tempo disponibilizados.

E a todos que de alguma forma contribuíram na minha formação, ou na realização desse trabalho.

RESUMO

O método involutivo de imóveis é de grande importância na avaliação de terrenos, pois é utilizado quando não há terrenos comparáveis para cálculo de seu valor, situação essa que geralmente recai em terrenos com grande potencial econômico, como orlas marítimas densamente povoadas. O método involutivo apresenta exigência, na sua norma, de realização de análises da variabilidade dos resultados alcançados. Dessa forma, o trabalho buscou estudar a variabilidade de valores de um terreno em Governador Celso Ramos usando o método involutivo por meio de simulações de Monte Carlo. As variáveis que impactam no valor do terreno foram estudadas, sendo definidas as situações otimista e pessimista para cada uma delas, a fim de se saber, por meio de análises de sensibilidade, qual a oscilação de valores que cada uma delas proporciona no método involutivo. Além disso, análises de cenário foram realizadas, considerando as situações provável, otimista e pessimista, as quais mostraram haver grande amplitude de valores quando os cenários extremos são considerados. A simulação de Monte Carlo foi então utilizada em três situações de dependência entre variáveis, com o objetivo de estudar a variabilidade de valores de terreno pela ótica probabilística, podendo-se definir a probabilidade de ocorrência desses valores. Os resultados mostraram que a maior parte de valores está concentrada ao redor do cenário mais provável, com uma probabilidade muito pequena de ocorrência de valores extremos, situação essa mais destacada quando adotada a distribuição Beta em vez da distribuição normal na análise por Monte Carlo.

Palavras chave: engenharia de avaliações, método involutivo, simulação de Monte Carlo, dependência, análise de risco.

ABSTRACT

The involutive method of real estate has great importance in the evaluation of lands, since it is used when there is no comparable land to calculate its value, a situation that usually happens with lands with great economic potential, such as densely populated seafront regions. The involutive method requires, in its Norm, to make variability analysis of the of the results achieved. In this way, the work aimed to study of the variability of values of a land in Governador Celso Ramos using the involutive method through Monte Carlo simulations. The variables that affect the value of the land were studied, and the optimistic and pessimistic situations were defined for each of them, in order to know, through sensitivity analysis, the oscillation of values that each of them provides in the involutive method. In addition, scenario analysis were performed, considering probable, optimistic and pessimistic situations, which showed a large range of values when the extreme scenarios are considered. The Monte Carlo simulation was used in three situations of dependence between variables to study the variability of land values from the probabilistic perspective, and it is possible to define the probability of occurrence of these values. The results showed that most values are concentrated around the most probable scenario, with a very small probability of occurrence of extreme values, a situation that is more prominent when the Beta distribution is adopted instead of the normal distribution in the Monte Carlo analysis.

Keywords: evaluation engineering, involutive method, Monte Carlo simulation, dependence, risk analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de diagrama de fluxo de caixa.....	27
Figura 2 - Gastos em viabilidade <i>versus</i> confiabilidade.....	31
Figura 3 - Curva Trapezoidal Ideal.....	34
Figura 4 – Desvios de uma regressão linear	36
Figura 5 – Identificação de <i>outliers</i>	37
Figura 6 – Pontos influenciantes	38
Figura 7 - Intervalo de confiança.....	39
Figura 8 – Distribuição Uniforme	41
Figura 9 – Exemplos de distribuição Beta.....	41
Figura 10 – Distribuição normal e seus desvis padrões.....	42
Figura 11 – Simulação de Monte Carlo.....	44
Figura 12 - Fluxograma do método de trabalho	55
Figura 13 - Curva trapezoidal ideal dos custos do projeto sem outorga onerosa	64
Figura 14 - Curva trapezoidal ideal dos custos do projeto com outorga onerosa.....	64
Figura 15– Determinação do Beta	71
Figura 16 – Simulações do projeto sem outorga onerosa.....	77
Figura 17 – Simulações do projeto com outorga onerosa	78
Figura 18 – Sensibilidade do fluxo de vendas.....	81
Figura 19 – Sensibilidade do valor de vendas	82
Figura 20 – Sensibilidade do BDI do Incorporador	83
Figura 21 – Sensibilidade do custo construtivo.....	84
Figura 22 – Sensibilidade do BDI do construtor	85
Figura 23 – Sensibilidade da TMA	86
Figura 24 – Análise de cenários	87
Figura 25 – Simulação com dependência total entre variáveis	89
Figura 26 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com dependência total	90
Figura 27 – Simulação com relação de dependência de 50% entre as variáveis.....	92
Figura 28 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com independência de 50%	93
Figura 29 – Simulação com independência total das variáveis	95

Figura 30 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com independência total	96
Figura 31 – Linha de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme.....	99
Figura 32 – Todas as simulações com distribuição uniforme	101
Figura 33 – Simulação com distribuição Beta com dependência total das variáveis	104
Figura 34 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com dependência total - com distribuição Beta	105
Figura 35 – Simulação com distribuição Beta com independência de 50% das variáveis	107
Figura 36 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com relação de dependência de 50% com distribuição Beta	108
Figura 37 – Simulação com distribuição Beta com independência total das variáveis	110
Figura 38 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com independência total - com distribuição Beta	111
Figura 39 – Linha de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme.....	114
Figura 40 – Todas as simulações com distribuição Beta.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do BDI (2004)	25
Tabela 2 – Tabela do TCU para obras públicas de construção de edificações.....	26
Tabela 3 – Estimativas de orçamento	30
Tabela 4 – Estimativas de orçamento	39
Tabela 5 - Grau de fundamentação por item do método involutivo ABNT NBR 14653-2-2011	52
Tabela 6 - Grau de fundamentação final do método involutivo	53
Tabela 7 - Áreas construíveis do empreendimento hipotético	59
Tabela 8 - Valores de Custos Unitários Básicos	60
Tabela 9 - Coeficientes construtivos de áreas equivalentes	60
Tabela 10 – Custo construtivo do empreendimento	61
Tabela 11 - Custos adicionais ao CUB.....	61
Tabela 12 – Custos distribuídos pela curva trapezoidal ideal	63
Tabela 13 – Análise das variáveis dependentes.....	65
Tabela 14 – Amostra para modelo de regressão linear do método comparativo de imóveis ...	66
Tabela 15 – Características dos apartamentos do empreendimento hipotético.....	67
Tabela 16 – Variação dos valores dos apartamentos para confiança de 80%	67
Tabela 17 – Oscilação superior e inferior de valores dos apartamentos	67
Tabela 18 – BDI do construtor e incorporador – cenário provável.....	68
Tabela 19 – BDI do construtor e incorporador – cenário pessimista	69
Tabela 20 – BDI do construtor e incorporador – cenário otimista	69
Tabela 21 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 1 a 5	70
Tabela 22 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 6 a 10	70
Tabela 23 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 11 a 15	70
Tabela 24 – Variação média do preço das ações das empresas de capital aberto e do índice Bovespa	71
Tabela 25 – Exemplo de venda de apartamento no fluxo de caixa	74
Tabela 26 – Exemplo de venda de apartamento no fluxo de caixa Cenários positivos e negativos de vendas	74
Tabela 27 – Variação das variáveis nos cenários pessimista e otimista.....	75

Tabela 28 – Simulações do projeto sem outorga onerosa	77
Tabela 29 – Simulações do projeto sem outorga onerosa – estatísticas	78
Tabela 30 – Simulações do projeto com outorga onerosa	79
Tabela 31 – Simulações do projeto com outorga onerosa – estatísticas.....	79
Tabela 32 – Sensibilidade do fluxo de vendas	80
Tabela 33 – Sensibilidade do valor de vendas.....	81
Tabela 34 – Sensibilidade do BDI do Incorporador	82
Tabela 35 – Sensibilidade do custo construtivo	83
Tabela 36 – Sensibilidade do BDI do construtor.....	84
Tabela 37 – Sensibilidade da TMA	85
Tabela 38 – Análise de sensibilidade –resumo.....	86
Tabela 39 – Análise de cenários	87
Tabela 40 – Dependência total das variáveis - estatísticas	90
Tabela 41 – Dependência total das variáveis.....	91
Tabela 42 – Independência de 50% das variáveis - estatísticas	93
Tabela 43 – Relação de dependência de 50% variáveis	94
Tabela 44 – Independência total das variáveis – estatísticas.....	96
Tabela 45 – Independência total das variáveis	97
Tabela 46 – Teste-t das médias para médias geradas por simulações com distribuição uniforme	98
Tabela 47 – Teste Qui-Quadrado das simulações com distribuição uniforme	100
Tabela 48 – Tabela com todas as simulações com distribuição	102
Tabela 49 – Dependência total das variáveis – distribuição Beta – estatísticas	105
Tabela 50 – Dependência total das variáveis.....	106
Tabela 51 – Estatística da relação de dependência de 50% com distribuição Beta.....	108
Tabela 52 – Relação de dependência de 50% variáveis	109
Tabela 53 – Independência total das variáveis – distribuição Beta – estatísticas.....	111
Tabela 54 – Independência total das variáveis – distribuição Beta.....	112
Tabela 55 – Teste-t das médias para médias geradas por simulações com distribuição Beta	113
Tabela 56 – Variação do BDI do construtor - estatísticas	115
Tabela 57 – Tabela com todas as simulações com distribuição Beta	118

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Benefícios e Despesas Indiretas fórmula 1.....	22
Equação 2 – Benefícios e Despesas Indiretas fórmula 2.....	23
Equação 3 - Benefícios e Despesas Indiretas fórmula 3.....	23
Equação 4 – <i>Capital Asset Pricing Model</i> (CAPM).....	28
Equação 5 – Coeficiente de correlação Linear.....	38
Equação 6 – Distribuição Uniforme.....	40
Equação 7 – Distribuição Beta.....	41
Equação 8 – Distribuição Normal.....	42
Equação 9 – Teste Qui-Quadrado.....	43
Equação 10 – Fórmula 1 Involutivo.....	45
Equação 11 – Fórmula 2 Involutivo.....	46
Equação 12 – Fórmula 3 Involutivo.....	46
Equação 13 – Fórmula 4 Involutivo.....	47
Equação 14 – Equação de regressão linear para venda de apartamentos do projeto hipotético	66
Equação 15 – <i>Capital Asset Pricing Model</i> (CAPM).....	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	18
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivos específicos.....	18
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
1.5	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	ANÁLISE DE INVESTIMENTOS.....	20
2.1.1	Lucro	20
2.1.2	Bem	20
2.1.3	Custo	21
2.1.4	Preço.....	21
2.1.5	Valor.....	21
2.1.6	Vida útil.....	22
2.1.7	Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).....	22
2.1.8	Risco do empreendedor.....	26
2.1.9	Fluxo de caixa	26
2.1.10	Taxa mínima de atratividade	27
2.1.11	Custo médio ponderado do capital	27
2.1.12	Orçamento	29
2.1.13	Custo Unitário Básico (CUB)	30
2.1.14	Cronograma Físico-Financeiro.....	31
2.1.15	Viabilidade econômica	31
2.1.16	Análise de viabilidade econômica	32

2.1.17	Análise de sensibilidade	33
2.1.18	Composição dos custos	33
2.1.19	Cronograma financeiro.....	33
2.2	FUNDAMENTOS DE ESTATÍSTICA	34
2.2.1	Medidas de posição	35
2.2.2	Medidas de dispersão	35
2.2.3	Regressão Linear	36
2.2.4	Saneamento da amostra.....	37
2.2.5	Coefficiente de correlação linear.....	38
2.2.6	Intervalo de confiança	39
2.2.7	Tipos de Variáveis.....	39
2.2.8	Distribuição Uniforme.....	40
2.2.9	Distribuição Beta.....	41
2.2.10	Distribuição Normal	42
2.2.11	Teste Qui-Quadrado	43
2.2.12	Teorema Central do Limite	43
2.2.13	Simulação de Monte Carlo.....	43
2.3	MÉTODO INVOLUTIVO	45
2.3.1	Definição do método involutivo.....	45
2.3.2	Método Avaliatório	45
2.3.3	Etapas de avaliação	47
2.3.4	Vistoria do local	48
2.3.5	Projeto hipotético	48
2.3.6	Pesquisa de valores.....	48
2.3.7	Previsão de receitas	48
2.3.8	Levantamento do custo de produção do projeto hipotético.....	49
2.3.9	Previsão de despesas adicionais	49
2.3.10	Margem de lucro do incorporador.....	49

2.3.11	Prazos	49
2.3.12	Taxas	50
2.3.13	Modelo	50
2.3.14	Estimação das receitas e despesas	50
2.3.15	Montagem do fluxo de caixa	51
2.3.16	Estabelecimento da taxa mínima de atratividade	51
2.3.17	Estimação do valor do imóvel	51
2.3.18	Grau de fundamentação.....	51
3	MÉTODO DE TRABALHO.....	54
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	54
3.2	FLUXOGRAMA.....	55
3.3	DESENVOLVIMENTO	56
4	ESTUDO DE CASO	58
4.1	EMPREENDIMENTO HIPOTÉTICO	58
4.2	VARIÁVEIS DE ESTUDO	59
4.2.1	Custos construtivos	59
4.2.2	Curva Trapezoidal Ideal	62
4.2.3	Valor das vendas	64
4.2.4	BDI do incorporador e do construtor	68
4.2.5	Taxa Mínima de Atratividade.....	69
4.2.6	Fluxo de vendas.....	73
4.2.7	Variabilidades observadas.....	75
5	RESULTADOS E ANÁLISES	76
5.1	PROJETO A SER ESTUDADO	76
5.1.1	Projeto sem outorga onerosa	76
5.1.2	Projeto com outorga onerosa.....	78
5.1.3	Escolha do projeto.....	79
5.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	80

5.2.1	Fluxo de vendas.....	80
5.2.2	Valor das vendas	81
5.2.3	BDI do Incorporador	82
5.2.4	Custo construtivo.....	83
5.2.5	BDI do construtor.....	84
5.2.6	Taxa mínima de atratividade	85
5.2.7	Resumo das análises de sensibilidade	86
5.3	ANÁLISE DE CENÁRIOS	87
5.4	SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO COM DISTRIBUIÇÃO UNIFORME	88
5.4.1	Dependência total.....	88
5.4.2	Relação de dependência de 50%	92
5.4.3	Independência total	95
5.4.4	Equivalência das médias das variações pelo teste-t	98
5.4.5	Linhas de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme	99
5.4.6	Normalidade das simulações pelo teste Qui-Quadrado.....	99
5.5	RESUMO DAS SIMULAÇÕES COM DISTRIBUIÇÃO UNIFORME.....	101
5.6	SIMULAÇÃO DAS VARIÁVEIS POR DISTRIBUIÇÃO BETA	103
5.6.1	Dependência total.....	103
5.6.2	Relação de dependência de 50% entre variáveis.....	107
5.6.3	Independência total	110
5.6.4	Equivalência das médias das variações pela distribuição beta.....	113
5.6.5	Linhas de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição Beta.....	114
5.6.6	Normalidade das variações pela distribuição beta pelo teste Qui-Quadrado	114
5.7	RESUMO DAS SIMULAÇÕES COM DISTRIBUIÇÃO BETA	117
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Sabe-se que o valor de um terreno é de grande importância para a construção de qualquer empreendimento, pois representa uma grande parcela dos recursos utilizados na realização do mesmo.

A NBR 14653-1 (ABNT, 2001), no item 8.2, define o método involutivo sendo identificador do valor de um bem, apoiado no aproveitamento eficiente do mesmo, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnica e econômica, por meio de um empreendimento hipotético compatível com as características do bem e com as condições mercadológicas no qual ele está inserido, considerando cenários viáveis de execução e comercialização do produto.

O Ibape de São Paulo (NETO *et al*, 2014) descreve que o método Involutivo, conhecido inclusive como “Método do Máximo Aproveitamento Eficiente”, busca o valor do imóvel por meio das receitas prováveis fruto de sua comercialização, considerando-se o aproveitamento mais eficiente de uma edificação sobre o mesmo.

Dantas (1998) destaca que o método involutivo tem como base modelos de viabilidade técnico-econômica no processo de apuração do valor de um terreno, e deve considerar, além da receita provável da comercialização das unidades hipotéticas, todas as despesas inerentes ao empreendimento, como margem de lucro do empreendedor e despesas de comercialização, remuneração capital-terreno.

Dessa maneira, observa-se que o método involutivo pode representar uma grande ferramenta de tomada de decisão de uma empresa, assim como tem grande aplicação para resolução de litígios jurídicos relativos a valor de terrenos. No entanto, a definição e utilização das variáveis podem resultar em grande variação no resultado final obtido.

Pensando nisso, as variáveis que influenciam o valor de um terreno pelo método involutivo são o objeto de estudo deste trabalho.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho pretende adicionar conhecimento acadêmico na área que diz respeito ao método involutivo de imóveis. O método involutivo vem sendo pesquisado atualmente, como pode-se observar pelo XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias (COBREAP) que, no ano de 2017, tem uma palestra com o tema “Método involutivo – Aspectos polêmicos”. Sabe-se que pequenas variações nos pressupostos adotados podem levar a grandes variações nos resultados finais e, com um estudo a respeito dessas oscilações, objetiva-se trazer uma melhor compreensão e utilização do método.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a variabilidade dos resultados do método involutivo na avaliação de um terreno usando simulação de Monte Carlo considerando diferentes graus de dependência entre as variáveis.

1.3.2 Objetivos específicos

- I. Identificar quais variáveis causam maior sensibilidade no modelo do método involutivo;
- II. Analisar a probabilidade de ocorrência dos valores do terreno com a simulação de Monte Carlo
- III. Comparar a variabilidade dos resultados das simulações de Monte Carlo no método involutivo considerando distribuição uniforme e beta das variáveis

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é constituído de seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho, além de objetivos gerais e específicos, sua justificativa, limitações e a própria estrutura do estudo. O segundo capítulo trata da fundamentação teórica, onde as principais áreas de estudo relativas ao trabalho são abordadas a fim de aprofundar e auxiliar a compreensão do mesmo. No capítulo três, aborda-se o método de trabalho, onde é explicado

como as variáveis do estudo foram obtidas e aplicadas. No capítulo quatro é realizado um estudo de caso para aplicação prática do método involutivo. No quinto capítulo são colocados os resultados do estudo, que envolvem cálculos computacionais de análises de sensibilidade, cenários distintos e simulações de Monte Carlo. No sexto capítulo colocam-se os resultados obtidos, relacionado-os com os objetivos iniciais do trabalho. E por fim, são colocadas as referências bibliográficas utilizadas como apoio para desenvolvimento do estudo.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Não foi desenvolvido um projeto detalhado para o empreendimento hipotético a ser edificado no terreno avaliado. Dessa forma, a variável custo construtivo apresenta uma imprecisão maior em sua estimativa do que se existissem projetos.

Outro ponto a salientar é a definição da taxa mínima de atratividade, que foi calculada tomando-se preços de ações de empresas de capital aberto em um período histórico de muita especulação econômica no país.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os principais conceitos e definições relativos ao estudo da sensibilidade do método involutivo.

2.1 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

O método involutivo consiste na determinação do valor comercial do terreno, considerando-se o aproveitamento máximo eficiente do mesmo (NETO *et al*, 2014). É de objetivo comum aos investidores a maximização dos potenciais ganhos de um empreendimento, por isso são realizados muitos estudos de cunho econômico, financeiro e contábil sobre o mesmo. Nos tópicos a seguir serão expostos alguns dos principais conceitos relativos a essas áreas, os quais auxiliarão a compreensão do trabalho desenvolvido.

2.1.1 Lucro

O lucro é de vital importância para a sobrevivência de uma empresa. Além disso, ele mede o sucesso que um empreendimento teve em atender as necessidades mercadológicas de uma sociedade (BEZERRA, 2007).

Duarte (2011), em seu livro, descreve lucro como o resultado que resta ao se deduzir as despesas ou custos totais da receita. Representa um ganho líquido, uma vantagem obtida em uma operação comercial, industrial, ou em outra atividade produtiva.

2.1.2 Bem

Duarte (2011) define um bem como tudo que detém valor, podendo ser um artigo, uma mercadoria ou ainda um produto.

A NBR 14653-1 (ABNT, 2001) define “bem” como algo possuidor de valor, passível de utilização ou constituinte de objeto de direito, que integra um patrimônio.

A norma ainda divide “bem” em duas categorias, a de bens tangíveis e bens intangíveis, sendo o primeiro material (imóveis, máquinas, veículos, equipamentos, matérias-primas), e o segundo não material (fundos de comércio, marcas e patentes).

2.1.3 Custo

É a quantia de recursos financeiros aplicados para geração de um bem ou de um serviço, ou ainda, o valor do produto sem a inclusão do lucro, segundo Duarte (2011).

Já a NBR 14653-1 (ABNT, 2001) coloca o termo “custo” como o total de gastos diretos e indiretos envolvidos na produção, manutenção ou aquisição de um bem, em um determinado local e data. Existem diversos tipos de custos, dos quais a norma cita os custos diretos de produção, custos indiretos de produção, custos de reedição, custos de reprodução e custos de substituição.

2.1.4 Preço

O termo preço é empregado como a soma inicial pedida ou oferecida em pagamento por um bem ou serviço. O preço que se paga na aquisição de um bem pode ter nenhuma relação com o valor do mesmo, devido aos interesses particulares da parte que deseja comprá-lo, ou ainda da parte que deseja vendê-lo. Não obstante, por muitas vezes indica o valor relativo que o mesmo possui para alguma das partes. (KRUK, 2007).

2.1.5 Valor

Para Duarte (2011), a palavra valor dá um significado quantitativo e numérico de alguma coisa, o qual é usado na determinação da equivalência entre dois elementos em negócios.

Na norma NBR 14653-1 (ABNT, 2001) são descritos quatro tipos distintos de valor:

- I. Valor de mercado - Quantia mais provável pela qual se pagaria voluntariamente ou conscientemente por um bem, considerando o mercado vigente em uma data de referência.
- II. Valor de risco - Valor representativo da parcela do bem, o qual se deseja segurar.
- III. Valor patrimonial - corresponde a todos bens em posse de uma pessoa física ou jurídica.
- IV. Valor residual - quantia que representa o valor do bem ao final da vida útil.

2.1.6 Vida útil

Tempo que um bem pode ser utilizado enquanto funcional NBR 14653-1 (ABNT, 2001).

Duarte (2011) conceitua vida útil como o prazo que um bem ou serviço dura ou pode ser utilizado, dentro da previsão ou garantia do produtor ou de normas técnicas previamente definidas.

A norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013) descreve ainda o conceito como o período de tempo em que um edifício e/ou os seus sistemas, além de componentes e elementos, que se prestam para os quais foram projetados, considerando o atendimento dos níveis de desempenho previstos na NBR 15575 e a periodicidade a correta execução dos processos de manutenção especificados no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

2.1.7 Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

A norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011), define que o BDI é o percentual indicativo dos benefícios e despesas indiretas que incidem sobre o custo direto da produção.

O CREA do Espírito Santo (2008) coloca que o BDI, Bonificação ou Benefícios e Despesas Indiretas, representa a parte dos serviços que não são custos diretos na realização de um empreendimento, sendo composto por lucro, despesas financeiras, impostos e rateio dos custos da administração central.

Jungles e Avila (2006 apud Mutti 2016) afirmam que os Benefícios e Despesas Indiretas podem ser considerados como a soma do custo indireto de uma construção (CI), o valor do risco calculado para o empreendimento (VR), o montante do lucro desejado (ML) e os impostos a serem recolhidos aos poderes públicos (IMP), podendo assim ser expressados da seguinte forma:

$$BDI = f (CI + VR + ML + IMP) \quad (1)$$

Podendo cada uma dessas variáveis ser subdividida em outras, dependendo da metodologia aplicada.

Dias (2012) comenta que a fórmula para cálculo do BDI para prestadores de serviços de engenharia é a seguinte:

$$\left(\frac{(1+AC+CF+S+G)}{1-(TM+TE+TF+MBC)} - 1 \right) * 100 \quad (2)$$

Sendo,

AC – Administração Central

CF – Custo financeiro

S – Seguros

G – Garantias

TM – Tributos municipais

TE – Tributos Estaduais

TF – Tributos Federais

MBC – Margem bruta de contribuição

Já o Conselho Deliberativo do Instituto de Engenharia (São Paulo), recomendou, em sessão realizada em 2004, aos orçamentistas de empresas públicas e privadas que utilizem a seguinte equação para construções reformas, em todo território nacional:

$$BDI = \left\{ \left[\frac{(1+adm)(1+risco)(1+financ)}{1-(trib+com+lucro)} \right] - 1 \right\} * 100 \quad (3)$$

Sendo,

adm – taxa de administração central

risco – taxa de risco do empreendimento

financ – taxa de custos financeiro do capital de giro

trib – taxa de tributos (federais e municipais)

com – taxa de despesas de comercialização

lucro – taxa de lucro da empresa

A equação acima será utilizada para as análises deste trabalho.

O Instituto de Engenharia ainda explica cada uma das parcelas da equação:

- Administração Central: despesas definidas para atender determinadas obras pagas, de forma total ou parcial, pela administração central, como se podem citar gerente de contrato, projetos, laudos.
- Taxa de risco do empreendedor: tem o objetivo de cobrir incertezas na obra, as quais podem ser decorrentes de omissão de serviços ou projetos mal feitos ou mal definidos.
- Tributos: são tributos obrigatórios que incidem sobre o faturamento ou lucro das empresas, sendo eles PIS, COFINS, IRPJ, CSLL e ISS. Apenas o ISS é municipal, sendo os outros federais.
- Taxa de comercialização: resultado de todos os gastos não considerados nos custos diretos e indiretos, com referencia à comercialização.
- Lucro ou margem de remuneração: parcela reservada a remunerar o custo de oportunidade do capital aplicado, capacidade administrativa, gerencial e tecnológica.

A tabela de composição do BDI colocada pelo instituto de engenharia pode ser observada na Tabela 1:

Tabela 1 - Composição do BDI (2004)

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	TAXAS A CONSIDERAR NO BDI		PROCEDIMENTO	OBRAS – BDI COM TAXAS MÍNIMAS	
		Mínimo	Máximo		PRESUM.	L. REAL
1	Administração Central	6,00	20,00	soma	6,00	6,00
1.1	Rateio da Adm.Central	5,00	15,00	calcular	5,00	5,00
1.2	Despesas específicas	1,00	5,00	calcular	1,00	1,00
2	Taxa de risco	1,00	5,00	estimar	1,00	1,00
3	Custo financeiro	2,00	5,00	calcular	2,00	2,00
4	Tributos	8,31	22,31	soma	8,31	6,04
4.1	PIS	0,65	1,65	definido	0,65	0,66(*)
4.2	COFINS	3,00	7,60	definido	3,00	3,00
4.3	IRPJ	1,20	4,80	definido	1,20	(**)
4.4	CSLL	1,08	2,88	definido	1,08	(**)
4.5	CPMF	0,38	0,38	definido	0,38	0,38
4.6	ISS	2,00	5,00	estimar	2,00	2,00(*)
5	Taxa de Comercialização	2,00	5,00	calcular	2,00	2,00
6	Lucro	5,00	15,00	expectativa	5,00	7,27 (***)
BDI – Aplicar a fórmula				calcular	28,94 %	28,94 %

Fonte: Instituto de Engenharia

Observação: considera-se 60% de materiais e 40% de mão de obra aplicado respectivamente sobre 1,65% do PIS, 7,60% do COFINS e 5,00% o ISS. (**) No Lucro Real, IRPJ e CSLL estão considerados no lucro (***). Se forem aplicadas taxas do Lucro Real (para um BDI equivalente ao do Presumido), a taxa do lucro sofre um acréscimo para 7,27%, de forma a tornar equivalentes entre si.

Os BDI do Incorporador e do Construtor possuem também referências para obras públicas, como pode ser visto na Tabela do Tribunal de Contas da União de 2008 para obras de construção de edificações, visto na Tabela 2:

Tabela 2 – Tabela do TCU para obras públicas de construção de edificações

BDI PARA OBRAS DE EDIFICAÇÕES - CONSTRUÇÃO						
DESCRIÇÃO	MÍNIMO		MÁXIMO		MÉDIA	
	A.CENTRAL	LUCRO	A.CENTRAL	LUCRO	A.CENTRAL	LUCRO
ADMINISTRAÇÃO CENTRAL - LUCRO						
Até R\$ 150.000,00	4,00%	7,50%	8,15%	11,35%	5,75%	9,65%
De R\$ 150.000,01 até R\$ 1.500.000,00	3,50%	7,00%	7,65%	10,85%	5,25%	9,15%
De R\$ 1.500.000,01 até R\$ 75.000.000,00	3,00%	6,50%	7,15%	10,35%	4,75%	8,65%
De R\$ 75.000.000,01 até R\$ 150.000.000,00	2,50%	6,00%	6,65%	9,85%	4,25%	8,15%
Acima de R\$ 150.000.000,00	2,00%	5,50%	6,15%	9,35%	3,75%	7,65%
DESPESAS FINANCEIRAS	0,50%		1,50%		1,00%	
SEGUROS, RISCOS E GARANTIAS	0,25%		2,01%		1,07%	
Seguros	0,00%		0,81%		0,36%	
Garantias	0,00%		0,42%		0,21%	
Riscos						
Obras simples, em condições favoráveis, com execução em ritmo adequado	0,25%		0,57%		0,43%	
Obras medianas em área e/ou prazo, em condições normais de execução	0,29%		0,65%		0,50%	
Obras complexas, em condições adversas, com execução em ritmo acelerado, em áreas restritas	0,35%		0,78%		0,60%	
TRIBUTOS	4,65%		6,15%		5,40%	
ISS*	1,00%		até 2,50%		1,75%	
PIS	0,65%		0,65%		0,65%	
COFINS	3,00%		3,00%		3,00%	
BDI						
Até R\$ 150.000,00	20,80%		30,00%		25,10%	
De R\$ 150.000,01 até R\$ 1.500.000,00	19,70%		28,80%		23,90%	
De R\$ 1.500.000,01 até R\$ 75.000.000,00	18,60%		27,60%		22,80%	
De R\$ 75.000.000,01 até R\$ 150.000.000,00	17,40%		26,50%		21,60%	
Acima de R\$ 150.000.000,00	16,30%		25,30%		20,50%	

Obs: (*) % de ISS considerando 2%, 3,5% e 5% sobre 50% do Preço de Venda - Observar a legislação do Município.

Fonte: Tribunal de Contas da União, 2008.

2.1.8 Risco do empreendedor

Duarte (2011) coloca que o verbete “risco” representa a possibilidade, probabilidade ou proximidade de perigo gerado por um acontecimento eventual e incerto, porém previsível. O acontecimento pode causar danos materiais, pessoais ou prejuízos econômicos e financeiros. Tem relação com o empreendedor quando relacionado ao investimento de um empreendimento.

2.1.9 Fluxo de caixa

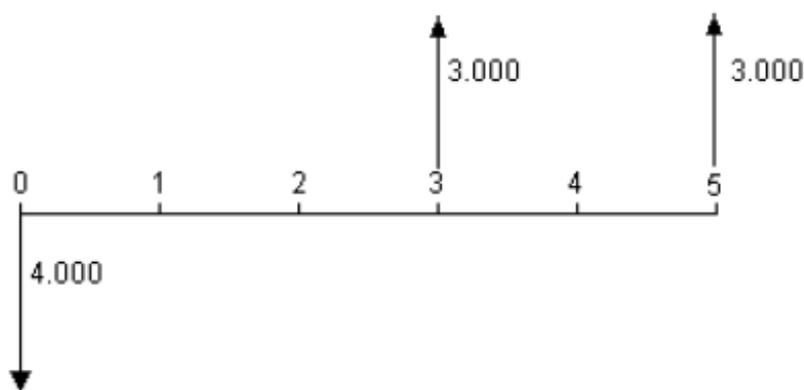
O Fluxo de caixa é de grande importância no sucesso de uma decisão financeira, tornando-se assim uma ferramenta crítica para investimentos. (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2000)

Lima Jr. *et al* (2011) colocam ainda que fluxos de caixa são usados a fim de dar suporte a decisões financeiras, desde a hierarquia estratégica até a operacional.

Kruk (2007), por sua vez, descreve que fluxo de caixa são as receitas e despesas que ocorrem em instantes diferentes de tempo, sendo sua visualização bastante facilitada por uma representação gráfica simples chamada de diagrama de fluxo de caixa.

Nesse diagrama são representadas entradas e saídas de dinheiro no eixo y, sendo as flechas para baixo as saídas, e as flechas para cima as entradas, com a quantia colocada ao lado de cada flecha. No eixo x está representada a linha do tempo, com a contagem de tempo avançando da direita para a esquerda. Abaixo, na Figura 1, pode ser visto um exemplo de diagrama de fluxo de caixa.

Figura 1 - Exemplo de diagrama de fluxo de caixa



Fonte: KRUK (2007)

2.1.10 Taxa mínima de atratividade

É a taxa de desconto do fluxo de caixa, a qual tem relação com a natureza e com as características do empreendimento, assim como com a expectativa de ganhos financeiros do empreendedor, explicado na NBR 14653-1 (ABNT, 2001).

Para Casarotto & Kopitke (1994 apud Hochheim, 2016), a taxa mínima de atratividade (TMA) é a menor taxa de rentabilidade para um investimento que um investidor aceita, sendo que a partir dessa taxa o investidor considera que está tendo lucro.

2.1.11 Custo médio ponderado do capital

Para realizar um empreendimento, empresas precisam de uma fonte de capital, que por muitas vezes possui fonte própria e de terceiros. A utilização de capital em um

empreendimento implica em um custo desse mesmo capital, conhecido também como taxa de desconto, que deve representar o custo global de capital da empresa, sendo uma média ponderada entre o custo de capital de terceiros e próprios, chamado Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) (DAMODARAN, 2002 apud KIVES, 2004).

Um método de cálculo de custo de capital próprio se dá através do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), sendo esse método utilizado por algumas das maiores empresas do mundo. O método leva em conta o risco de investimentos no mercado atual e a respectiva valorização esperada para o capital da empresa. (CRUNDWELL, 2008 apud CERÁVOLO, 2016). Sá (1999 apud KIVES 2004) coloca que o modelo CAPM representa o que se convencionou chamar na teoria de finanças de *Security Market Line* (SML), a qual determina a existência de uma relação linear entre o retorno exigido e o risco.

Pelo método acima referido, o custo de capital próprio é calculado da seguinte forma:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf) \quad (7)$$

Sendo,

Re = Custo do capital próprio

Rf = Taxa livre de risco

β = Beta da empresa ou mercado em análise

(Rm-Rf) = Prêmio de Risco de Mercado

Kives (2004) explana que a taxa livre de risco tem equivalência com uma taxa de retorno de um título ou carteira de títulos os quais não apresentam variância no retorno. Usam-se como Rf os títulos do governo federal de longo prazo, como o Ibovespa.

Damodaran (2002) descreve a obtenção do beta por meio da estimativa por meio de regressão de seus retornos contra um índice que represente a carteira de mercado durante um período de tempo razoável. Em outras palavras, pode obter-se o Beta por meio de regressão linear da variação do preço de ações de empresas de mesmo setor àquela de estudo. (CRUNDWELL, 2008 apud CERÁVOLO, 2016).

Damodaran (2017) explana que prêmio de risco de mercado pode ser calculado utilizando-se dados dos mercados do país em questão com o de um mercado considerado maduro. Para tanto, necessita-se do *spread* (risco) do *Credit Default Swap* (CDS) do país em

questão, valor calculado por uma agência de classificação de risco de crédito, como a Moody's, Standard&Poor's, ou ainda Fitch Ratings.

Além disso, esse spread deve ser ajustado por um índice de volatilidade relativa, pois é muito possível que o prêmio seja maior que o *spread* do CDS, o qual é calculado dividindo-se o desvio padrão das variações do mercado pelo desvio padrão das variações do título governamental. (DAMORADAN, 2016 *apud* CERÁVOLO, 2016).

Damodaran (2017) completa que, somando-se o valor obtido pela multiplicação do *spread* do CDS pela volatilidade com o prêmio de risco de um mercado maduro de referência, baseado em índice de uma bolsa de valores do mercado, obtêm-se o prêmio de risco para o mercado em análise.

Damodaran (2002) expõe ainda as problemáticas que orbitam a estimativa do Beta. A primeira delas é a definição do índice a ser comparado com os preços de venda das ações das empresas do setor a fim de realizar-se a regressão linear. O autor exemplifica o problema em seu livro calculando o beta com dois índices diferentes, NASDAQ e S&P500, os quais produziram valores muito diferentes, 1,098 e 1,39, respectivamente. Outro ponto problemático que afeta fortemente a estimativa do beta é o período ao longo do qual se faz a estimativa. Não há consenso quanto ao período que deve ser utilizado, variando o mesmo de dois até seis anos de dados históricos, variando de acordo com o serviço analisado. Outro problema apontado pelo autor na estimativa do beta é relativo ao fato que as empresas mudam com o tempo e a regressão se dá por meio de análise de dados históricos, dessa forma a regressão reflete as características médias da empresa no tempo analisado, e não seu momento atual. O setor de maior oscilação quanto a esse ponto é o de tecnologia, onde mudanças ocorrem, muitas vezes, de maneira exponencial.

2.1.12 Orçamento

No Glossário de Termos Econômicos e Financeiros (2008) encontra-se o termo “orçamento” definido como um sistema de planejamento e controle financeiro, o qual tem como base vendas, despesas de capital e financiamentos.

Para Mutti (2016), orçamento é a quantificação de insumos, mão de obra e equipamentos necessários a fim de se realizar uma obra ou serviço, além dos custos e duração dos mesmos.

O SINAPI (2015) coloca que o orçamento é constituído de vários elementos que adequam a previsão do preço final de um empreendimento, como identificação, quantificação, análise e valoração de mão de obra, equipamentos, materiais, custos financeiros e administrativos, impostos, risco e margem de lucro.

Librelotto (2013, apud MUTTI 2016) coloca que a precisão de um orçamento varia com o tipo de orçamento que está sendo realizado, sendo essa precisão será maior, quanto maior for o detalhamento do mesmo, como pode ser visto na tabela Tabela 3:

Tabela 3 – Estimativas de orçamento

Tipo	Margem de erro	Elementos técnicos necessários
Avaliações	De 30% a 20%	Área de construção;
		Padrão de Acabamento;
		Custo unitário de obra semelhante; ou
		Custos Unitários Básicos;
Estimativas	De 20% a 15%	Anteprojeto ou projeto indicativo;
		Preços unitários de serviços de referência;
		Especificações genéricas;
		Índices físicos e financeiros de obras semelhantes;
Orçamento expedito	De 15% a 10%	Projeto Executivo
		Especificações sucintas, mas definidas;
		Composições de preços de serviços genéricas;
		Preços de insumos de referência;
Orçamento detalhado	De 10% a 5%	Projeto executivo;
		Projetos complementares;
		Especificações precisas;
		Composições de preços de serviços específicas;
		Preços de insumos de acordo com a escala de serviço;
Orçamento analítico	De 5% a 1%	Todos os elementos necessários ao orçamento detalhado mais o planejamento da obra;

Fonte: Librelotto (2013 apud MUTTI, 2016)

2.1.13 Custo Unitário Básico (CUB)

De acordo com a norma NBR 12721 (ABNT: 2006), o Custo Unitário Básico é definido como o custo por metro quadrado de construção de um projeto considerado, o qual serve para avaliar parte dos custos construtivos de um empreendimento.

O SINDUSCON-MG (2007) coloca que o CUB representa o custo parcial de uma obra e não o global, não levando assim em consideração custos adicionais em uma obra, como se pode citar o custo de elevadores. O SINDUSCON informa ainda que o CUB serve como parâmetro na determinação dos custos dos imóveis.

2.1.14 Cronograma Físico-Financeiro

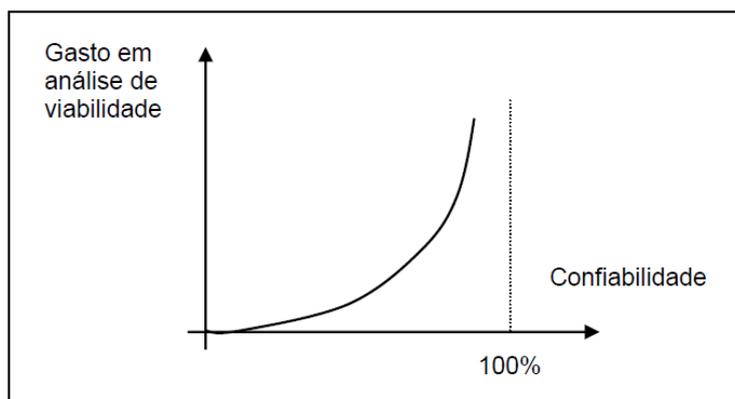
Dias (2004) apresenta o Cronograma Físico-Financeiro como uma representação gráfica do planejamento de execução de uma obra, o qual deve abranger todas as etapas de execução, desde o planejamento do projeto, até o fim da obra em si. Dias afirma ainda que o cronograma físico financeiro possui esse nome por ser composto do cronograma financeiro, responsável pela representação monetária da obra, e cronograma físico, o qual representa o desenvolvimento das etapas físicas da obra.

2.1.15 Viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica possibilita averiguar se os resultados esperados estão de acordo com as expectativas dos investidores, além disso, estudos de viabilidade econômica são de grande importância para que oportunidades de investimentos que possam gerar prejuízo não sejam selecionadas, podendo, inclusive, influenciar na própria sobrevivência da empresa (HOCHHEIM, 2016).

Quanto mais for gasto em estudos de viabilidade, mais confiabilidade tem-se a respeito dos gastos e receitas do empreendimento que se deseja construir, como pode ser visto na Figura 2 abaixo:

Figura 2 - Gastos em viabilidade *versus* confiabilidade



Fonte: Woiler e Mathias (1985 apud HOCHHEIM 2016).

2.1.16 Análise de viabilidade econômica

Botteon (2009) descreve os indicadores de rentabilidade como o fluxo de benefícios e custos de um projeto que deve ser processado a fim de se saber se a execução do mesmo é conveniente, ou não.

- Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A TMA adotada varia de empresa para empresa, pois cada organização define qual a taxa mínima de retorno que a mesma admite em um investimento, sendo essa taxa mínima de retorno denominada taxa de atratividade. (PUCCINI, 2011). Sendo que a taxa de atratividade de uma empresa pode ser entendida como o custo de oportunidade da mesma. Lacombe (2009, apud PUCCINI, 2011) expressa “custo de oportunidade” como o grau de sacrifício de uma organização ao se adotar uma alternativa ao invés de outra.

- Valor presente líquido (VPL)

Puccini (2011) define que o VPL como uma medida da riqueza futura gerada pelo projeto, trazida para o presente.

O valor presente líquido é calculado colocando-se, somado ao investimento inicial, o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa. Um resultado positivo significa que o projeto é rentável, enquanto que um número negativo resultante expressa a não atratividade do negócio. (CASAROTTO, 2002)

- Valor anual uniforme (VAUE)

O valor anual uniforme é o método que trata de transformar o fluxo de caixa dos investimentos em uma série uniforme anual com a taxa mínima de atratividade desejada. (CASAROTTO FILHO, 2002). Resultados positivos e negativos possuem a mesma interpretação do VPL.

- Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno representa a taxa que zera o valor presente do fluxo de caixa. (CASAROTTO FILHO, 2002).

De outra forma, Puccini (2011) coloca que a TIR é a taxa de juros que iguala os valores das entradas e saídas do fluxo de caixa. Dessa forma, caso a Taxa Interna de Retorno resulte um número superior a taxa mínima de atratividade, o investimento torna-se economicamente atraente.

2.1.17 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade serve para testar a sensibilidade do retorno perante hipóteses de cenários diferentes, alguns mais otimistas, outros mais pessimistas. Nessa análise, podem ser avaliadas taxas de retorno distintas, variações cambiais, alteração de custo de matérias primas, e até cenários econômicos diferentes, como diferentes inflações em cada alternativa. (CASAROTTO FILHO, 2002).

2.1.18 Composição dos custos

O CUB, definido em 2.1.13, é um bom indicador para se estimar os custos de uma construção. No entanto, é necessário pontuar o custo de outros itens de um empreendimento para, assim, poder-se estimar o custo global de uma construção.

A norma NBR 12721 (ABNT, 2006) expressa que o valor estimado de uma construção é a soma das seguintes parcelas:

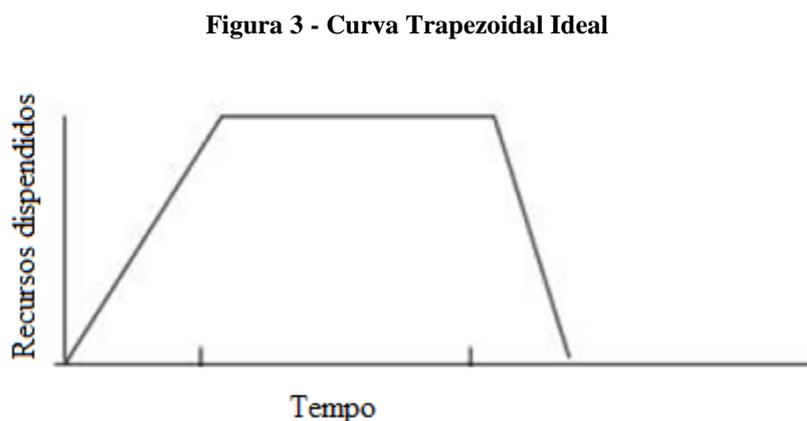
- Produto do Custo unitário básico pela área construtiva, considerando-se o padrão construtivo adequado;
- Parcelas adicionais não inclusas em material e mão de obra, tais como: fundações especiais, elevadores, equipamentos e instalações, *playground*, obras e serviços complementares e outros serviços;
- Impostos, taxas e emolumentos cartorários;
- Projetos;
- Remuneração do construtor;
- Remuneração do incorporador.

2.1.19 Cronograma financeiro

Em uma construção, é de grande importância poder se estimar os recursos dispendidos ao longo do tempo, a fim de adequar as necessidades construtivas ao fluxo de caixa

disponível. Uma ferramenta utilizada para estimar os custos de uma construção ao longo do tempo é a chamada curva de agregação de recursos.

Shtub et al. (1994 apud Bressiani, Heineck e Roman 2010) apresentam um gráfico trapezoidal típico (figura abaixo) como ideal para o fluxo de caixa de um projeto, visto na Figura 3:



Fonte: Shtub et al. (1994 apud BRESSIANI, HEINECK e ROMAN 2010)

Os autores explicam ainda que a ideia é a de se apresentar um modelo estável, que evite picos financeiros. A disposição dos custos, segundo os mesmos, dá-se da seguinte forma: metade do tempo da obra possui consumo de recursos constante, visualizado pelo patamar na figura. Para atingir-se esse patamar, precisa-se de $1/3$ do tempo da obra, enquanto que para encerrar a mesma, leva-se $1/6$ do prazo da obra.

Dessa forma, utilizando-se a curva de agregação de recursos, podem-se estimar os custos de uma obra ao longo do tempo.

O avaliador de imóveis geralmente não possui, em uma avaliação pelo método involutivo, informações detalhadas de projeto de um empreendimento para o terreno em avaliação, pelo fato de não existir nada edificado no local. Dessa forma, ele pode utilizar-se dessa ferramenta para poder estimar os custos de um empreendimento hipotético, a fim de calcular qual o valor do terreno em análise.

2.2 FUNDAMENTOS DE ESTATÍSTICA

A estatística será utilizada no trabalho na análise de variabilidade dos resultados.

2.2.1 Medidas de posição

Correa (2003) destaca a média aritmética, moda e mediana como as medidas de tendência centrais mais importantes nas chamadas medidas de posição.

A média aritmética é, de modo geral, a mais importante de todas as medidas descritiva e divide-se em simples e ponderada. A média simples é realizada com a soma de todos os elementos de interesse pela divisão do número de elementos que compõe a soma. A média ponderada se distingue da simples pela aplicação de pesos distintos para cada elemento.

A moda é o valor que em um conjunto de dados ocorre com maior frequência no grupo em análise.

A Mediana por sua vez é uma medida de posição de tendência central, além de ser uma separatriz, dividindo o conjunto em duas partes iguais (mesmo número de elementos).

2.2.2 Medidas de dispersão

As medidas de dispersão são medidas estatísticas usadas para, como o próprio nome diz, medir a dispersão dos valores em torno da média. Em outras palavras, elas medem o grau de variabilidade desses valores na amostra. Além disso, medem a representatividade da média, sabendo assim seu nível de homogeneidade ou heterogeneidade. As medidas de dispersão se dividem em absolutas e relativas, sendo a amplitude, a variância e desvio padrão alocados no grupo de dispersão absoluta, e o coeficiente de variação, no grupo de dispersão relativa. (COSTA, 2010).

Correa (2003) descreve cada uma das medidas, como pode ser acompanhado a seguir:

- Amplitude total: obtida pela diferença entre o maior e o menor valor da amostra. O uso da amplitude como medida de dispersão é bastante limitada por não levar em consideração nenhum valor presente entre os valores extremos.
- Variância: ao contrário da amplitude total, a variância leva em consideração valores extremos e intermediários, possibilitando uma melhor análise dos resultados obtidos. A medida da variância relaciona os desvios de cada elemento da amostra ao redor da média da mesma. Para obtê-la, realiza-se a média aritmética dos quadrados dos desvios ao redor da média.

- Desvio Padrão: medida mais usada na análise de diferenças entre conjuntos de dados. O desvio padrão, assim como a variância, determina a dispersão dos valores ao redor da média. Seu cálculo é realizado por meio da raiz quadrada da variância.
- Coeficiente de Variação: é uma medida relativa da dispersão útil que compara em termos relativos o grau de concentração em uma amostra. Dá-se pela divisão do desvio padrão pela média. Uma distribuição tem baixa dispersão se o coeficiente de variação é menor ou igual a 15%, média dispersão se entre 15% e 30%, e alta dispersão se a mesma apresenta coeficiente de variação maior ou igual a 30%.

2.2.3 Regressão Linear

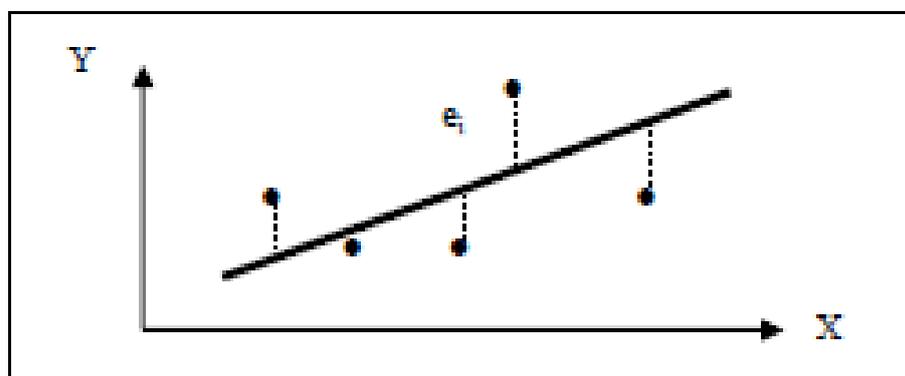
Em um modelo linear matemático e estatístico, estuda-se o efeito que variáveis independentes têm sobre uma variável tida como dependente. (HOCHHEIM, 2016)

O estudo dos efeitos pode ser feito por meio de regressões lineares, que se dividem em dois grupos: regressões lineares simples e múltiplas. Em ambos os casos, a regressão linear é feita por meio do método dos mínimos quadrados, o qual consiste em minimizar a soma dos quadrados dos desvios.

Em outras palavras, objetiva-se encontrar em um gráfico a reta que melhor se ajusta aos pontos da amostra, gerando os menores desvios no total, buscando-se explicar como a variável dependente se comporta em relação às variáveis independentes.

Um exemplo dos desvios em uma regressão linear pode ser acompanhado na Figura 4:

Figura 4 – Desvios de uma regressão linear



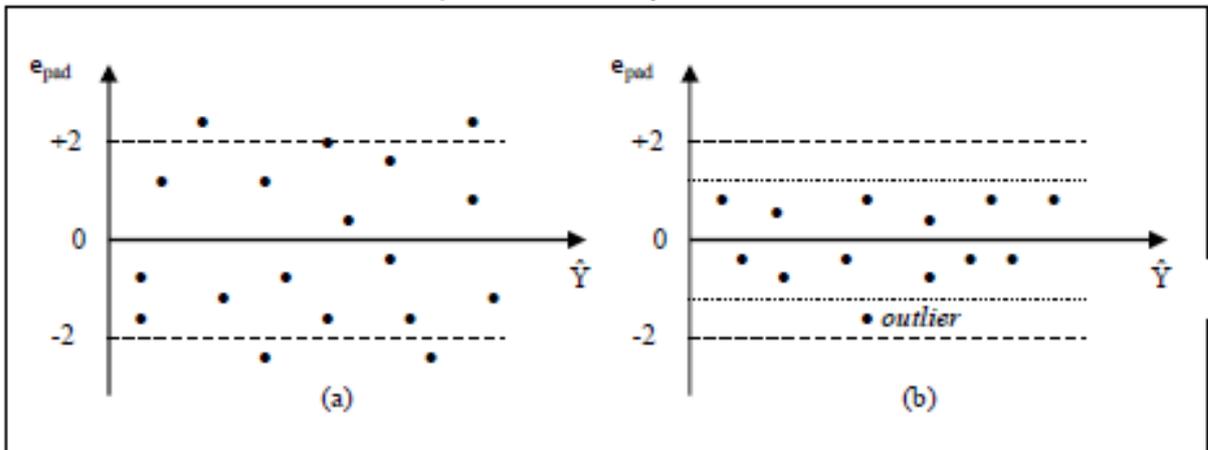
Fonte: Hochheim (2016)

2.2.4 Saneamento da amostra

Com o saneamento de uma amostra, pretende-se manter na mesma apenas os dados que possibilitem a construção de um modelo com o qual o comportamento de um fenômeno possa ser explicado. Para tanto, deve-se identificar os chamados *outliers* e pontos influenciantes (HOCHHEIM, 2016).

Outliers são os elementos da amostra que possuem resíduos muito grandes em relação aos demais constituintes. Resíduo, também conhecido como desvio, é a diferença entre o valor observado na amostra e sua respectiva estimativa alcançada pela equação de regressão linear. Normalmente usa-se como critério de exclusão para elementos passíveis de serem *outliers* aqueles que possuam um resíduo padronizado superior a dois. Abaixo, na Figura 5, um exemplo de *outliers* plotados em um gráfico:

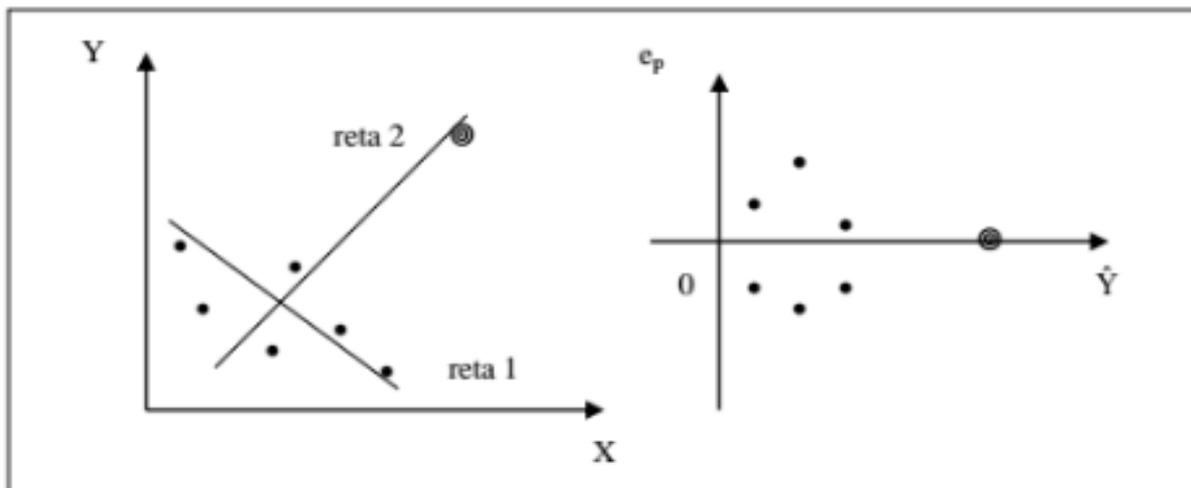
Figura 5 – Identificação de *outliers*



Fonte: Dantas (1998 apud HOCHHEIM, 2016)

Já os pontos influenciantes não são problemáticos por apresentarem grandes resíduos, mas por se afastarem demais dos outros dados, acabam causando grande influencia no modelo e, portanto, devem ser eliminados da amostra. Na Figura 6 pode ser acompanhado um gráfico que ilustra o impacto de um ponto influenciante em uma amostra:

Figura 6 – Pontos influenciantes



Fonte: Dantas (1998 apud HOCHHEIM, 2016)

2.2.5 Coeficiente de correlação linear

O coeficiente de correlação linear é uma medida de correlação que tem o objetivo de indicar o nível de intensidade na correlação entre variáveis. O coeficiente pode ser positivo ou negativo, sendo que o primeiro indica que o sentido da correlação corresponde a uma reta de inclinação descendente, enquanto que o sinal negativo corresponde a uma reta de inclinação ascendente (CORREA, 2003)

O valor do coeficiente de correlação é designado comumente pela letra “r”, e possui variação entre +1 e -1 ou seja, entra limitado entre os valores desse intervalo.

- $r = +1$ significa uma correlação positiva perfeita entre as variáveis;
- $r = -1$, por sua vez, significa uma correlação perfeita negativa entre as variáveis;
- $r = 0$ significa que não há correlação entre as variáveis, ou que a correlação, caso ela existe, não se comporta de forma linear.

Hochheim (2016) coloca ainda que o coeficiente de correlação linear pode ser determinado por meio de:

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (8)$$

Quanto ao grau de relação linear entre as variáveis, pode ser classificada da seguinte forma, visto na Tabela 4:

Tabela 4 – Estimativas de orçamento

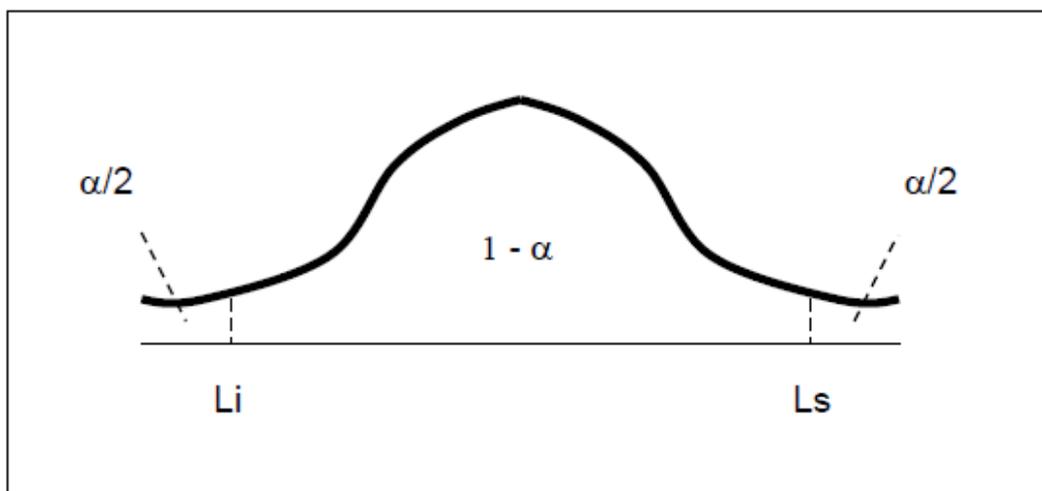
Valor de r	Relação linear
0 (zero)	nula
maior que 0 até 0,30	fraca
maior que 0,30 até 0,60	média
maior que 0,60 até 0,90	forte
maior que 0,90 até 0,99	fortíssima
1 (um)	perfeita

Fonte: Fonseca (1995 apud Hochheim, 2016)

2.2.6 Intervalo de confiança

Hochheim (2016) explica que o intervalo de confiança fornece um determinado intervalo de valores no qual é possível afirmar, com certa probabilidade, que o verdadeiro parâmetro da população está nele contido, e é essa probabilidade que é denominada de nível de confiança. O complemento do nível de confiança é chamado significância e fornece a probabilidade de erro, ou seja, que o verdadeiro valor não se encontre de fato no intervalo. A significância é comumente simbolizada por α , como visto na Figura 7.

Figura 7 - Intervalo de confiança



Fonte: Hochheim (2016)

2.2.7 Tipos de Variáveis

As variáveis de análise podem ser enquadradas em variáveis quantitativas e variáveis qualitativas. As variáveis quantitativas são expressas por números contínuos, ou ainda por inteiros, variável denominada de contínua discreta. Já as variáveis qualitativas são divididas em dicotômicas, proxy, códigos alocados e códigos ajustados, as quais podem ser acompanhadas a seguir. (HOCHHEIM, 2016).

- Variáveis dicotômicas: assumem somente dois valores, geralmente indicando “sim”, ou “não” para com uma característica. O “sim” é geralmente representado pelo valor “1”, enquanto o “não” é representado pelo “0”.
- Variáveis proxy: usadas para medir, de forma indireta, qualidades, como quando na utilização do CUB para expressar um padrão construtivo.
- Código alocado: destaca a importância das qualidades em uma ordem lógica, com a colocação de números como 1,2 e 3 para destacar um nível de qualidade de uma variável, como para o padrão construtivo de uma construção.
- Códigos ajustados: obtêm-se códigos ajustados por meio de modelos de regressão para construir uma escala.

2.2.8 Distribuição Uniforme

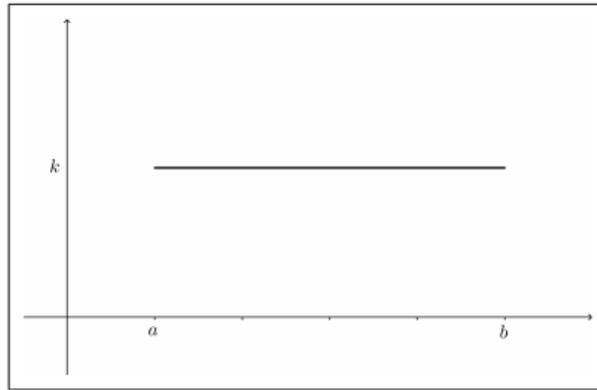
De acordo com Farias (N.D.), em uma distribuição uniforme a probabilidade, para dois intervalos de mesmo comprimento, tem-se a mesma área abaixo da curva, portanto, ambos têm a mesma probabilidade de ocorrência.

A distribuição é considerada uniforme se, em um intervalo definido $[a, b]$, sua função densidade é dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{se } x \in [a, b], \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (9)$$

Os parâmetros a e b são chamados de parâmetros de distribuição uniforme. A função pode ser representada num gráfico, como exposto na Figura 8 seguir:

Figura 8 – Distribuição Uniforme



Fonte: Farias (N.D.)

2.2.9 Distribuição Beta

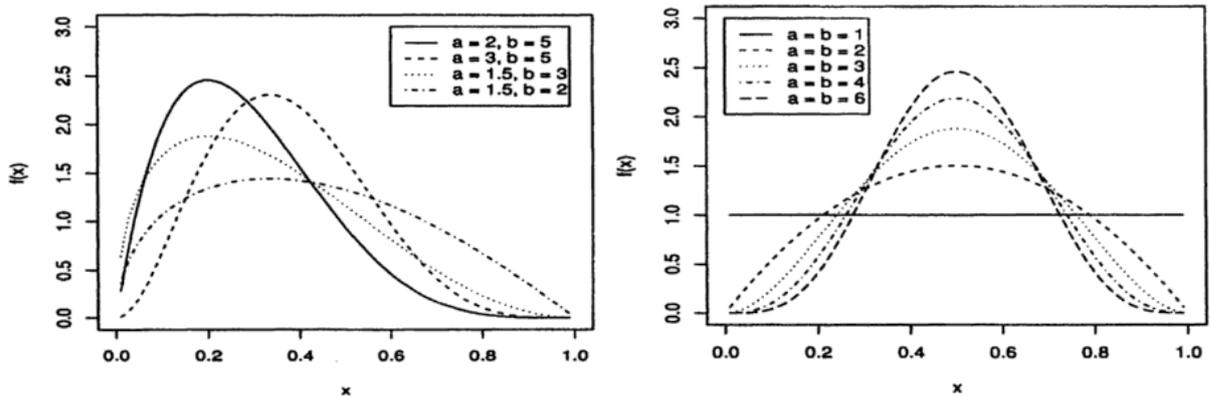
Naghattini e Pinto (2007) descrevem a distribuição Beta como um método probabilístico para variáveis aleatórias contínuas, sendo que seus valores possíveis são limitados superior e inferiormente.

Gupta e Nadarajah (2004) colocam que a função beta é descrita pela seguinte fórmula:

$$f(x; a, b) = \frac{1}{B(a, b)} x^{a-1} (1-x)^{(b-1)}, \quad 0 < x < 1 \quad (10)$$

Sendo que B é a função de beta, a qual possui diversas fórmulas, dependendo do tipo de distribuição que se deseja. A distribuição Beta assume, portanto, diversas formas, sendo elas usadas de acordo com o comportamento de interesse. A seguir, na Figura 9, podem ser vistos dois exemplos de curvas que a distribuição beta pode assumir:

Figura 9 – Exemplos de distribuição Beta



Fonte: Gupta e Nadarajah (2004)

À esquerda, visualizam-se distribuições beta assimétricas e, à direita, distribuições simétricas, que podem muito se assemelhar com a distribuição normal.

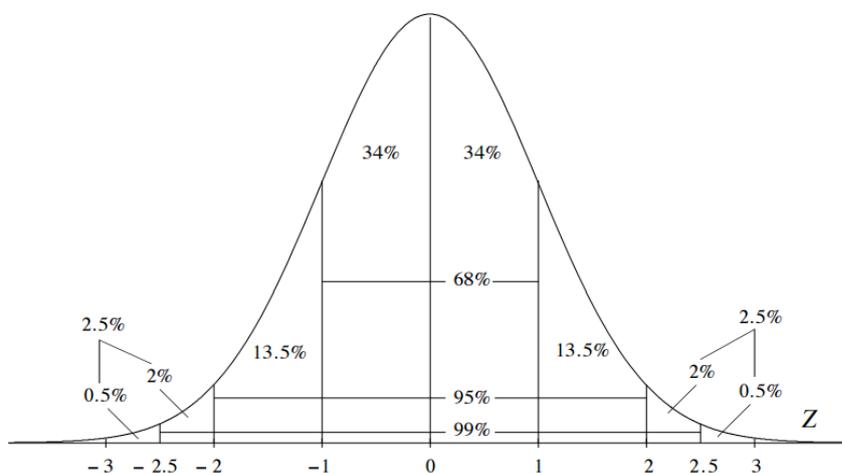
2.2.10 Distribuição Normal

Gordon (2006) explica que a curva normal é muito útil na estatística porque em muitos casos, quando há um grande número de dados amostrais, a distribuição deles segue a da normal. Os valores das variáveis analisadas são dispostos no eixo X, e a altura da curva demonstra a densidade de dados na mesma. A distribuição tem sua formação na equação a seguir:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (11)$$

Gordon (2006) coloca ainda que quanto maior o desvio padrão, representado por σ , mais achatada a curva se apresenta. Abaixo, na Figura 10, um exemplo da curva de distribuição normal:

Figura 10 – Distribuição normal e seus desvis padrões



Fonte: Gordon (2006)

No eixo X estão colocados os números de desvios padrões, tanto para a direita, quanto para a esquerda. Pode-se perceber que de acordo com o número de desvios padrões, tem-se uma porcentagem diferente de valores que estão inclusos no intervalo: para um desvio padrão, tem-se 68% dos dados da amostra; para dois desvios padrões, tem-se 95% dos dados da amostra, para três desvios padrões, tem-se 99% dos dados nessa faixa.

2.2.11 Teste Qui-Quadrado

O teste do Qui-Quadrado é utilizado quando se tem interesse no número de indivíduos, objetos ou respostas que se enquadram em várias categorias, podendo elas ser duas ou mais. O teste do Qui-Quadrado é um teste de aderência, o qual deve mostrar matematicamente se a diferença existente os dados observados e esperados é significativa (VIALI, 2008). Considera-se para tanto a hipótese de nulidade, calculada por:

$$\chi^2 = \sum_{n=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}, \text{ onde} \quad (12)$$

O_i = número de casos observados classificados na categoria i ;

E_i = Número de casos esperados na categoria i sob H_0 , onde k = número de categorias.

A hipótese nula (H_0) diz que não há diferença entre o número esperado e o observado, de modo que H_0 será rejeitado se o valor observado de Qui-Quadrado (χ^2), calculado pela expressão acima assumir um valor maior que o tabelado, a um nível significância alpha (α) determinada, ou seja, se o P-valor assumir um valor menor do que o da significância (α) adotado. Aceitando-se a hipótese nula (H_0), considera-se que a distribuição analisada é normal.

2.2.12 Teorema Central do Limite

De acordo com Gordon (2006), o teorema central do limite expressa que, se uma variável for resultante da soma de n variáveis, que seguem as seguintes condições:

- Independentes
- Identicamente distribuídas
- Aleatórias

Então a variável resultante terá uma distribuição que se aproxima da distribuição normal à medida que n se aproxima de infinito.

2.2.13 Simulação de Monte Carlo

Hochheim (2010) explica que a Simulação de Monte Carlo é um método numérico o qual pode ser usado para geração de um valor qualquer, como por exemplo, Valores Presentes Líquidos de um fluxo de caixa. O processo consiste em gerar diversos cenários para os fluxos de caixa, considerando a distribuição de probabilidade dos mesmos.

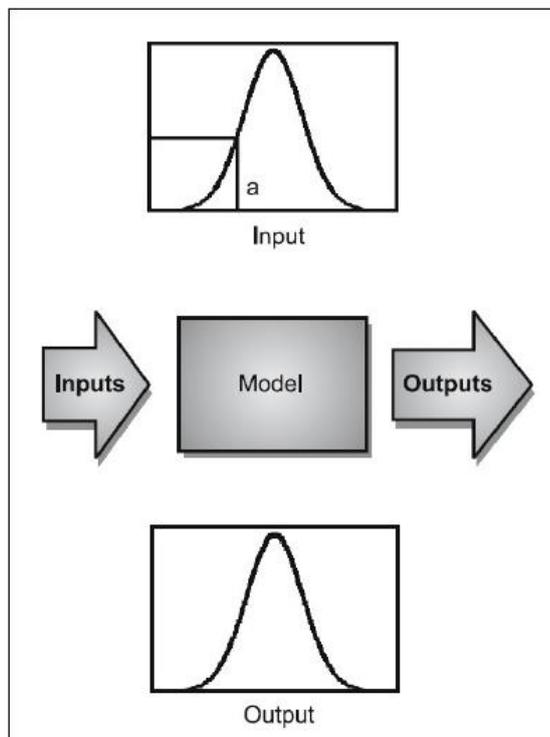
Cerávolo (2016 CRUNDWELL, 2008) coloca que a Simulação de Monte Carlo consiste na geração de números com base na teoria da probabilidade, e geralmente é utilizado para resolver problemas que são difíceis de usar outras técnicas. Um dos motivos para tanto é o alto número de cenários aleatórios que podem ser criados com essa ferramenta.

Hochheim (2010) coloca ainda que sob duas condições o resultado da simulação tem distribuição normal:

1. Uma variável aleatória, resultada da soma de variáveis aleatórias normais, possuirá distribuição normal.
2. O teorema do limite central diz que a soma de um grande número de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (considerando média e variância finitas) tende a distribuição normal.

Sempre que essas condições forem atendidas para os valores de VPL de um fluxo de caixa, pode-se assumir que a distribuição de diversos VPLs gerados aleatoriamente, plotados em um gráfico, terão distribuição normal. O fluxograma do método de simulação de Monte Carlo pode ser visualizado na Figura 11 a seguir:

Figura 11 –Simulação de Monte Carlo



Fonte: Crundwell (2008, apud CERÁVOLO 2016)

2.3 MÉTODO INVOLUTIVO

2.3.1 Definição do método involutivo

O método involutivo é abordado na norma NBR 14653-1 (ABNT, 2001), a qual afirma que a avaliação de um imóvel deve ocorrer em função da natureza do mesmo, da finalidade da avaliação e da disponibilidade, qualidade e informações existentes e pesquisadas no mercado. A mesma norma ainda define que a preferência quanto ao método deve ser dada para o método comparativo direto de dados de mercado ao se fazer uma avaliação.

Segundo Poletto (1999), ao fazer avaliações em ambientes urbanos com alta densidade de edificações coletivas, o avaliador muitas vezes encontra obstáculos quanto à utilização do método comparativo de dados de mercado devido à dificuldade de obtenção de dados para compor uma amostra. Nesses casos utiliza-se o método involutivo de mercado.

Alonso (2013) complementa que a avaliação pelo método involutivo ocorre quando não há elementos comparativos suficientes. O autor coloca ainda que o método involutivo tem a premissa de retroceder, como o próprio nome diz, involuir. No caso, de um produto acabado para uma situação anterior, como casas e condomínios para terrenos incorporáveis.

Hochheim (2010) escreve que o método involutivo tem como base o estudo de viabilidade econômica de aproveitamento de um terreno, na busca de se determinar o valor do mesmo considerando o aproveitamento eficiente de sua área e suas condições máximas permissíveis. O aproveitamento eficiente é definido pelo autor como o uso mais adequado do local em que o terreno está inserido, enquanto aproveitamento máximo as regras definidas no Plano Diretor pelas prefeituras.

A NBR 14653-1 (ABNT, 2001) define aproveitamento eficiente como aquele recomendável e tecnicamente possível para o local, considerando-se a tendência do mercado na vizinhança que o permeia e os diversos usos permitidos pela legislação em vigor, além de uma data de referência.

2.3.2 Método Avaliatório

De acordo com ZENI (1980 apud POLLETO 1999), a equação do método involutivo se expressa por:

$$T = R - D - L \quad (9)$$

Onde:

T: valor do terreno;

R: receita provinda das unidades vendidas;

D: despesas totais, sendo subdivididas em Dp (despesas de projetos), Do (despesas de obra), Dc (despesas de comercialização), Di (despesa com impostos) e Da (despesas de administração).

L: lucro.

Dessa forma, a equação acima pode ser apresentada como:

$$T = R - (Dp + Do + Dc + Di + Da) - L \quad (10)$$

Nór Filho (IBAPE, 2014) expõe que no método Involutivo calcula-se as receitas provenientes da comercialização da edificação baseando-se em dados do mercado imobiliário. Subtraindo-se as despesas dessa receita, custo de construção e o lucro presumível do empreendimento, obtém-se um resultado que expressa o valor do terreno. O autor alerta ainda que o método pode resultar valores bastante discrepantes com pequenas variações nas taxas adotadas.

D'Amato e Alonso (IBAPE, 2014) apresentam ainda outra maneira de cálculo, por meio do método INVOLVERT (método involutivo vertical), o qual trata do método involutivo para construções verticais sobre terrenos:

$$RE = RV - (V_{at} + P_{CFT} + VO + P_{CFO} + CCE + P_{CFC}) + P_{GFE} + LE \quad (11)$$

Sendo que:

RE = Resultado do Empreendimento, o qual deve conter características compatíveis com o mercado;

RV = Receita de Vendas;

Vat = Valor de Aquisição do Terreno;

PCFT = Valor Presente dos Custos Financeiros da Outorga Onerosa;

VO = Valor da Outorga Onerosa;

PCFO = Valor Presente dos Custos Financeiros da Construção;

CCE = Custo da Construção do Empreendimento;

PCFC = Valor Presente dos Custos Financeiros da Construção;

PGFE = Valor Presente dos Ganhos Financeiros das Vendas do Empreendimento;

LE = Lucro do Empreendimento.

Para aplicação do método Involutivo, o termo V_{at} deve ser isolado na equação de modo a tê-lo como incógnita na mesma, ficando a equação expressada da seguinte forma:

$$V_{at} = RV - RE - (P_{CFT} + VO + P_{CFO} + CCE + P_{CFC}) + P_{GFE} + LE \quad (12)$$

2.3.3 Etapas de avaliação

As etapas preconizadas pela NBR 14653-1 (ABNT, 2001) para avaliação de um imóvel pelo método involutivo são várias, desde vistoria do local, passando por projeto hipotético e receita de valores até o grau de fundamentação da análise realizada. Todas as etapas da norma, citadas na NBR 14653-2 (ABNT, 2011), estão colocadas abaixo, e serão detalhadas nos tópicos a seguir.

- I. Vistoria do local
- II. Projeto hipotético
- III. Pesquisa de Valores
- IV. Previsão de receitas
- V. Levantamento do custo de produção do projeto hipotético
- VI. Previsão de despesas adicionais
- VII. Margem de lucro do incorporador
- VIII. Prazos
- IX. Taxas
- X. Modelo
- XI. Estimação das receitas e despesas
- XII. Montagem do fluxo de caixa
- XIII. Estabelecimento da taxa mínima de atratividade
- XIV. Estimação do valor do imóvel

2.3.4 Vistoria do local

A vistoria do local deve ser realizada pelo engenheiro de avaliações com o objetivo de estudar e caracterizar corretamente o mesmo, com objetivo de adequar o imóvel da maneira mais fidedigna possível no mercado em que ele está inserido.

A vistoria deve considerar as características da região relativas a aspectos gerais, físicos, quanto ao uso e ocupação do solo, infraestrutura urbana, atividades existentes e equipamentos comunitários.

A caracterização do terreno também deve ser ponderada, de acordo com os seguintes aspectos: local em que está inserido, utilização atual e vocação, aspectos físicos e restrições de aproveitamento.

Por fim, devem-se observar as peculiaridades das edificações e benfeitorias próximas, nos aspectos construtivos, arquitetônicos e paisagísticos.

2.3.5 Projeto hipotético

Quanto a esse quesito, o engenheiro de avaliações necessita realizá-lo de acordo com o aproveitamento máximo e eficiente da imóvel avaliando. A norma define aproveitamento eficiente como aquele recomendável e tecnicamente possível para o local, tomando como análise a data de referência e a tendência do mercado, além dos usos permitidos pela lei.

2.3.6 Pesquisa de valores

O objetivo da pesquisa de valores é o de estimar o valor de mercado do empreendimento hipotético ao longo do tempo, pensando-se, por exemplo, o valor de venda das unidades comercializáveis fruto da realização do empreendimento. Essa pesquisa deve ser feita de acordo com as regras do método comparativo de dados de mercado, colocados conforme 8.2.1 da NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.7 Previsão de receitas

As receitas de vendas das unidades do projeto hipotético são calculadas tomando-se por base a pesquisa de valores anteriormente realizada, incluindo valorizações imobiliárias que ocorrem no mercado em que o imóvel se localiza. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.8 Levantamento do custo de produção do projeto hipotético

Os custos de produção do projeto hipotético, idealmente, consideram todos os custos existentes em uma obra real, para isso englobam tanto os custos diretos quanto os custos indiretos, além da elaboração e aprovação de projetos necessários para a construção do mesmo. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.9 Previsão de despesas adicionais

Este tópico abordado na norma inclui algumas despesas que podem ser adicionadas quando assim forem julgadas importantes para a formação de custos do projeto hipotético, as quais são: despesas de compra do imóvel; de administração do empreendimento, inclusive vigilância; com imposto, taxas e seguros; com publicidade; e com comercialização das unidades. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.10 Margem de lucro do incorporador

A margem de lucro deve ser proporcional ao risco do empreendedor para o caso de sua ponderação quando não utilizados fluxos de caixa na análise. O risco do empreendimento está diretamente ligado às características do empreendimento, como quantidade de unidades resultantes do projeto, quantia investida para construção do mesmo e o prazo previsto para retorno do capital investido (*payback*). Assim o empreendimento não tende a supervalorização, nem a subvalorização, alcançando-se assim com maior precisão o valor real do imóvel avaliando. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.11 Prazos

A NBR 14653-2 (ABNT, 2011) coloca que os prazos são aplicados quando o avaliador utiliza modelos dinâmicos, com a norma fazendo duas recomendações relativas à execução e venda do empreendimento:

- I. O prazo de execução do projeto hipotético precisa ser estar de acordo com as suas características físicas, disponibilidade de recursos, tecnologia e condições mercadológicas da região;
- II. As vendas das unidades geradas pela construção do empreendimento hipotético precisam ter compatibilidade com a estrutura, conduta e desempenho do mercado.

2.3.12 Taxas

A NBR 14653-2 (ABNT, 2011) explica que com a adoção de modelos dinâmicos, a recomendação é de explicitar as seguintes taxas:

- I. Taxas de valorização imobiliária;
- II. Taxas de evolução de custos e despesas;
- III. Taxas de juros de capital investido;
- IV. Taxa de mínima atratividade (TMA).

2.3.13 Modelo

É permitido utilizar três modelos na avaliação pelo método involutivo, cada um deles possuindo um enquadramento distinto de grau de fundamentação, com a seguinte ordem de preferência (NBR 14653-2 (ABNT, 2011)):

- I. Por fluxos de caixa específicos;
- II. Com a aplicação de modelos simplificados dinâmicos;
- III. Com a aplicação de modelos estáticos.

2.3.14 Estimação das receitas e despesas

A estimação das receitas e despesas do empreendimento hipotético tem relação intrínseca com todos os tópicos anteriormente abordados, sendo levantadas todas as despesas necessárias à sua manutenção e operação, e todas as receitas provenientes da exploração desse mesmo empreendimento. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.15 Montagem do fluxo de caixa

A montagem do fluxo de caixa é feita com base em todas as despesas e receitas para o imóvel em sua respectivas épocas. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.16 Estabelecimento da taxa mínima de atratividade

A TMA é estimada em função dos riscos de negócios e de oportunidades de investimentos alternativos existentes no mercado financeiro. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.17 Estimação do valor do imóvel

O valor estimado do imóvel avaliando é representado pelo valor do fluxo de caixa em termos presentes descontado pela taxa mínima de atratividade. NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

2.3.18 Grau de fundamentação

De acordo com Hochheim (2010), o grau de fundamentação alcançado no trabalho depende de sua profundidade, da metodologia usada, da confiabilidade, qualidade e quantidade dos dados disponíveis.

Em uma avaliação, cada item analisado é enquadrado em um grau, com o grau final atingido dependendo do resultado de cada um de seus itens. São definidos nove itens de verificação pela norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011), no caso de avaliação pelo método involutivo, sendo eles: nível de detalhamento do projeto hipotético; preço de venda das unidades do projeto hipotético; estimativa dos custos de produção; prazos; taxas; modelo; análise setorial e diagnóstico do mercado; cenários; análises de sensibilidade do modelo. A tabela completa de classificação pode ser observada na Tabela 5:

Tabela 5 - Grau de fundamentação por item do método involutivo ABNT NBR 14653-2-2011

Item	Descrição	Grau		
		III	II	I
1	Nível de detalhamento do projeto hipotético	Anteprojeto ou projeto básico	Estudo preliminar	Aproveitamento, ocupação e usos presumidos
2	Preço de venda das unidades do projeto hipotético	No mínimo Grau II de fundamentação no método comparativo	Grau I de fundamentação no método comparativo	Estimativa
3	Estimativa dos custos de produção	Grau III de fundamentação no método de quantificação do custo	Grau II de fundamentação no método de quantificação de custo	Grau I de fundamentação no método da quantificação do custo
4	Prazos	Fundamentados com dados obtidos no mercado	Justificados	Arbitrados
5	Taxas	Fundamentados com dados obtidos no mercado	Justificados	Arbitradas
6	Modelo	Dinâmico com fluxo de caixa	Dinâmico com equações predefinidas	Estático
7	Análise setorial e diagnóstico do mercado	Da estrutura, conjuntura, tendências e conduta	Da conjuntura	Sintéticos da conjuntura
8	Cenários	Mínimo de 3	2	1
9	Análises de sensibilidade do modelo	Simulações com discussão do comportamento do modelo	Simulações com identificação das variáveis mais significativas	Sem simulação

Fonte: ABNT (2011)

O enquadramento de cada item em um grau de fundamentação resultará em uma pontuação correspondente a três pontos para Grau III, dois pontos para Grau II e um ponto para Grau I. A classificação final da avaliação depende do número de pontos alcançados na soma do enquadramento dos itens acima, além de condições de atendimento mínimo de itens obrigatórios em cada Grau. A pontuação mínima total para cada Grau e seus itens obrigatórios pode ser observada na tabela Tabela 6:

Tabela 6 - Grau de fundamentação final do método involutivo

Graus	III	II	I
Pontos mínimos	22	13	9
Itens obrigatórios no grau correspondente	2,6,7 e 8, com os demais no Grau II	2,6,7 e 8, com os demais no Grau I	Todos, no mínimo, no grau I

Fonte: ABNT NBR 14653-2-2011

A norma comenta ainda que o laudo deve ser apresentado na modalidade completa para que a avaliação possa alcançar Grau III. Caso a avaliação não alcance nenhum Grau de fundamentação, o uso da avaliação deve ser justificado. Os pontos 2, 6 e 8 são de grande importância para o método involutivo, como pode ser visto pela tabela de Graus de Fundamentação, e o estudo delas faz parte deste presente trabalho.

3 MÉTODO DE TRABALHO

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

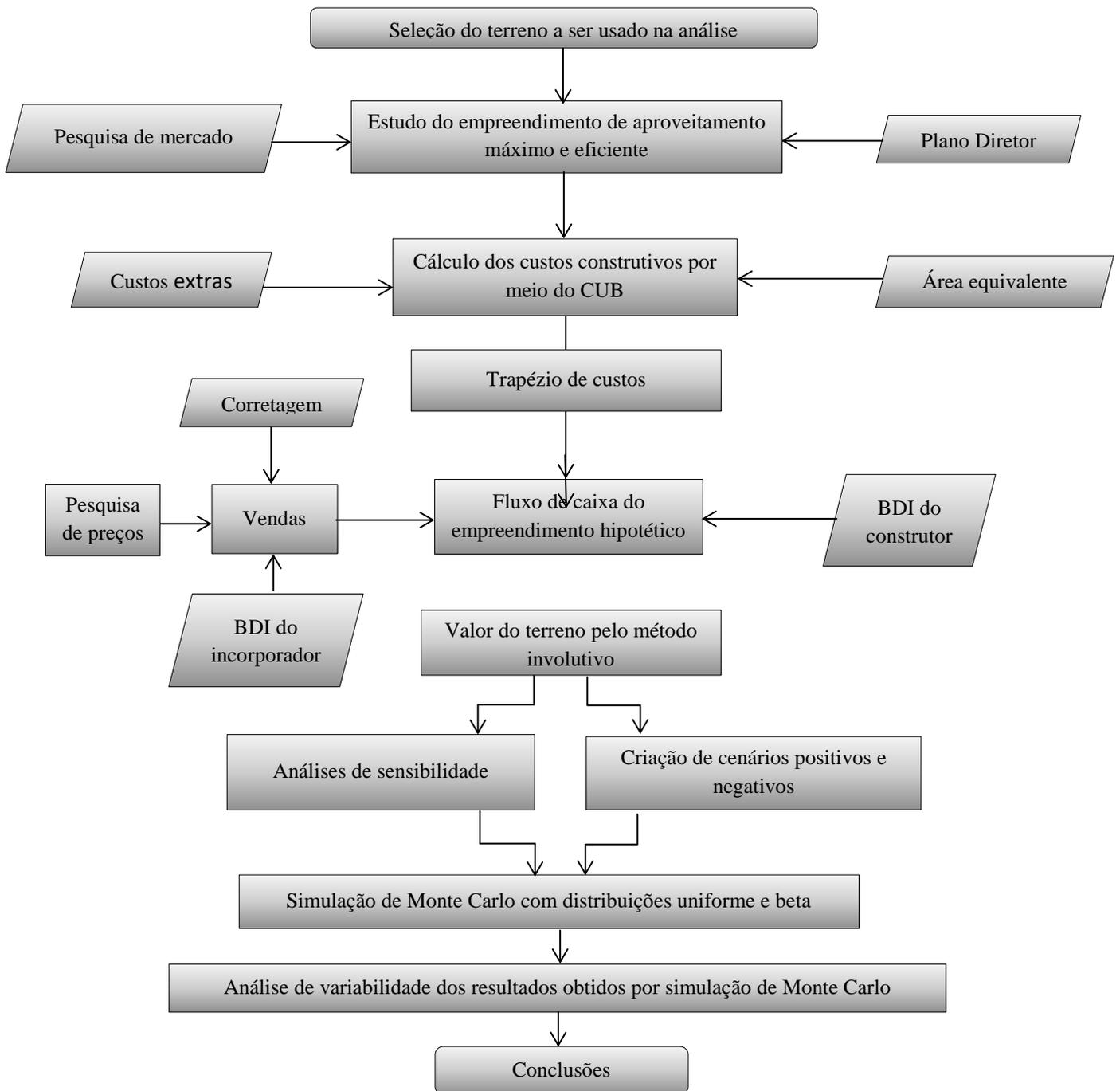
De acordo com as classificações de Moresi (2003), o trabalho pode ser enquadrado como possuindo natureza de pesquisa aplicada, pois o mesmo visa gerar conhecimentos para aplicação prática para problemas específicos. Além disso, do ponto de vista da forma da abordagem, é uma pesquisa quantitativa, pois tem como meta traduzir em números as informações disponíveis, utilizando-se para tanto de métodos estatísticos.

Para Vianna (2016), os objetivos podem ser divididos em exploratórios, descritivos e explicativos, sendo que este trabalho pode se classificado como exploratória, pois ela tem a finalidade de obter mais informações sobre o método involutivo de avaliações de imóveis. Para tanto, utilizou-se o procedimento chamado de experimental, pois, após definido um objeto de estudo, foram observadas as variáveis que influenciam nos fenômenos, objetivando detectar a relação de causa-efeito entre as variáveis e os fenômenos, ou seja, como e por que determinado fato é produzido.

3.2 FLUXOGRAMA

A seguir, na Figura 12, está apresentado o fluxograma do método de trabalho:

Figura 12 - Fluxograma do método de trabalho



3.3 DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi escolhido um terreno para realizar a análise de um estudo de caso. No terreno escolhido, estudou-se o empreendimento de aproveitamento máximo e eficiente que poderia ser feito no local. Para tanto, foram verificadas as regras existentes no Plano Diretor da cidade, assim pode-se saber qual área do terreno pode ser construída, quantos pavimentos são permitidos, afastamentos, e áreas construídas máximas. Uma pesquisa de mercado no local se faz importante para saber qual a tendência mercadológica do local, para descobrir qual empreendimento é o mais rentável para aquele terreno.

Com a definição do empreendimento hipotético, começa-se a calcular os custos da construção do mesmo, feito de acordo com a NBR ABNT 12721 (2006). Uma ferramenta muito utilizada para quando não se possui um projeto de referência é o Custo Unitário Básico (CUB), que deve ser usado de forma adequada ao padrão construtivo do empreendimento. Importante salientar que nem todas as áreas de uma construção possuem igual equivalência quando se utiliza o CUB, portanto, devem-se calcular as áreas equivalentes do mesmo. Além disso, devem-se considerar custos extras não previstos no CUB, pois o mesmo não computa custos como elevador, projetos e fundações especiais.

Com a definição de custos realizada, precisa-se distribuí-los no tempo por meio de um cronograma e, para isso, pode-se utilizar o trapézio de custos, o qual prevê os gastos no decorrer do tempo da construção. O BDI do construtor deve ser considerado na análise.

Outro elemento que deve ser levado em conta para a posterior confecção do fluxo de caixa são as vendas. Para descobrir o preço de venda das unidades comercializáveis fruto do empreendimento, deve-se realizar uma pesquisa de preços, que pode ser realizada por meio do método comparativo de dados de mercado. É importante destacar que, para o fluxo de vendas, incidem ainda corretagem e BDI do Incorporador sobre o valor do apartamento. É preciso também definir um ritmo de vendas para a conversão das unidades físicas em unidades monetárias.

Com as entradas e saídas de dinheiro do empreendimento hipotético, pode ser montado o fluxo de caixa do empreendimento, do qual se calcula o valor do terreno pelo método involutivo.

Com o valor do terreno calculado, são realizadas análises de sensibilidade nas variáveis escolhidas como importantes na formação do valor do terreno. Além disso, são feitas também análises de cenários com o valor do terreno.

A fim de analisar a variabilidade dos valores alcançados pelo método, é então realizada a simulação de Monte Carlo, considerando-se dependências entre variáveis. Com a simulação, pode-se prever qual a distribuição de valores em termos probabilísticos dos valores de terreno gerados pela variação aleatória dos cenários otimistas e pessimistas de cada variável. São então analisados os resultados gerados pela simulação de Monte Carlo, estudando-se a variabilidade de valores gerada tanto pela distribuição uniforme, quanto pela beta.

Por fim, são colocadas as conclusões do trabalho decorrentes dos resultados obtidos.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão apresentadas as características e as variáveis do estudo de caso, no qual foi aplicado o método de trabalho descrito no capítulo anterior.

4.1 EMPREENDIMENTO HIPOTÉTICO

O terreno em análise possui 375m² e, após a seleção do terreno a ser utilizado na análise, determinou-se o empreendimento hipotético de maior aproveitamento do local. Para tanto, buscou-se informações das possibilidades construtivas no Plano Diretor da cidade de Governador Celso Ramos.

Primeiramente definiu-se a vocação do terreno como residencial. Para esta configuração, o Plano Diretor da cidade, de 1996 com última alteração em 2013, determina:

- Ocupação máxima de 50% da área do terreno;
- Pavimento térreo de pilotis, com 40% do mesmo sendo de área fechada;
- Dois pavimentos tipo acima dos pilotis;
- Cobertura com área construída fechada de no máximo 33% da área da laje;
- Em cada pavimento tipo é permitida a construção de mais 4% da área do pavimento em varandas, não sendo essa área computada nos 50% de ocupação máxima do terreno.

Além disso, está em tramitação na câmara de Vereadores a possibilidade de aumentar as capacidades construtivas por meio de outorga onerosa, a qual possibilitaria a construção de:

- Mais um piso de garagem, acima do pilotis;
- Mais um piso de pavimento tipo;
- Área construída fechada na cobertura em até 70% (ao invés de 33%).

A outorga onerosa possibilita grandes aumentos construtivos e, portanto, uma grande alteração do lucro de um empreendimento, e, por consequência, do valor do terreno. Por isso, consideraram-se as duas possibilidades na realização desse trabalho, como seguem na Tabela 7:

Tabela 7 - Áreas construíveis do empreendimento hipotético

<u>Sem Outorga Onerosa</u>			<u>Com Outorga onerosa</u>		
Pavimento	Área (m ²)	Área (m ²)	Pavimento	Área (m ²)	Área (m ²)
Térreo:	187,5		Térreo:	187,5	
Aberto:		131,3			131,3
Fechado:		56,3			56,3
Pavimento tipo:	187,5		Garagem:		187,5
Varanda:	7,5		Pavimento tipo:	187,5	
		195,0	Varanda:	7,5	
Pavimento tipo:	187,5				195,0
Varanda:	7,5		Pavimento tipo:	187,5	
		195,0	Varanda:	7,5	
Cobertura:	187,5				195,0
Área construída fechada:		62,5	Pavimento tipo:	187,5	
Terraço:		125,0	Varanda:	7,5	
Varanda:		7,5			195,0
			Cobertura;	187,5	
			Área construída fechada:		131,9
			Terraço:		55,6
			Varanda:		7,5
Área Total:		772,5	Área Total:		1155,0

4.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

Neste capítulo foram delimitadas variáveis que causam grande influência no método involutivo de imóveis, visando-se estudá-las mais a fundo, tanto na obtenção de seus valores, como estudar as variações causadas pelas mesmas no método, considerando ainda diversos cenários positivos e negativos. As variáveis são, portanto, as seguintes:

- Custos de construção;
- Preço de vendas;
- BDI do Incorporador;
- BDI do Construtor;
- Taxa Mínima de Atratividade;
- Fluxo de Vendas.

4.2.1 Custos construtivos

Para realização do cálculo dos custos construtivos, baseou-se primeiramente no Custo Unitário Básico de Construção (CUB) não desonerado de abril de 2017, o qual pode ser acompanhado na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 - Valores de Custos Unitários Básicos

Projetos - Padrão Residencial (valores em R\$/m ²)								
Padrão baixo			Padrão normal			Padrão alto		
R-1	1.492,19	0,16%	R-1	1.709,64	0,17%	R-1	2.158,25	0,13%
PP-4	1.369,14	0,15%	PP-4	1.676,64	0,15%	R-8	1.735,71	0,13%
R-8	1.302,62	0,13%	R-8	1.478,90	0,15%	R-16	1.855,68	0,13%
PIS	1.049,16	0,22%	R-16	1.427,38	0,14%			

Fonte: Sinduscon Grande Florianópolis-SC

Assumiu-se para o empreendimento hipotético o padrão construtivo alto, dada à tendência de padrão construtiva seguida pelos empreendimentos em localização semelhante. Para o cálculo dos projetos fez-se uma interpolação entre R-1 e R-8.

Para que o CUB seja aplicado, a fim de descobrir qual o custo da obra, deve-se, primeiramente, transformar as áreas construtivas em áreas equivalentes NBR 12721 (ABNT:2006), procedimento esse que seguiu os coeficientes indicados na mesma norma citada e podem ser acompanhados na Tabela 9 abaixo:

Tabela 9 - Coeficientes construtivos de áreas equivalentes

Coeficientes	de	a
Garagem:	0,50	0,75
Área Privativa:	1,00	1,00
Varandas:	0,75	1,00
Terraços:	0,30	0,60

Fonte: NBR 12721 (ABNT:2006)

Para garagem utilizou-se o fator 0,5, pois são garagens sem fechamento externo. Para varandas 0,75, por não possuir o mesmo custo construtivo de um apartamento e para terraços 0,6, visando obter um valor parecido com o da construção de varandas. Os cálculos levam aos seguintes resultados da Tabela 10:

Tabela 10 – Custo construtivo do empreendimento

<u>Sem Outorga Onerosa</u>			<u>Com Outorga onerosa</u>		
Pavimento	Área (m²)	Custo (R\$)	Pavimento	Área (m²)	Custo (R\$)
Térreo:	187,5		Térreo:	187,5	
		65,6			65,6
		56,3			56,3
		129.136,05			121.521,01
		110.688,04			104.160,86
Pavimento tipo:	187,5		Garagem:		93,8
Varanda:	5,6		Pavimento tipo:	187,5	
		195,0	Varanda:	5,6	
		383.718,55			193,1
Pavimento tipo:	187,5				357.618,97
Varanda:	5,6		Pavimento tipo:	187,5	
		195,0	Varanda:	5,6	
		383.718,55			193,1
					357.618,97
Cobertura:	187,5		Pavimento tipo:	187,5	
Área construída fechada:		62,5	Varanda:	5,6	
		122.986,71			193,1
					357.618,97
Terraço:		75,0	Cobertura:	187,5	
Varanda:		5,6	Área fechada:	131,9	
		147.584,06	Construído normal:		62,5
		11.068,80	Construído extra com outorga:		69,4
					115.734,29
					128.465,07
			Terraço:		33,4
			Varanda:		5,6
					10.416,09
Total:	527,5	1.288.900,76	Total:	838,4	1.788.557,78

Além do CUB, a norma acrescenta que itens que não estão incluídos em serviço e mão de obra correspondente ao projeto-padrão devem ser adicionados ao custo construtivo. No caso do presente estudo, tem-se a consideração do custo de projetos, fundações profundas, elevadores e o próprio custo da outorga onerosa, no segundo caso.

Considerou-se um custo de 5% do total do valor calculado pelo CUB para projetos e 5% do total do CUB para as fundações profundas.

Para o elevador, foi realizado um orçamento com a empresa Thyssenkrupp Elevadores, sendo que um elevador para um prédio com essas características custa em torno de R\$ 86.000,00, considerando o equipamento e instalação do mesmo, sendo esse o valor adotado para o presente trabalho.

Já para a outorga onerosa, utilizou-se o valor estipulado pelo Plano Diretor de Governador Celso Ramos: 0,2 vezes a área adicionada multiplicada pelo valor do CUB médio. Os valores alcançados podem ser visualizados na Tabela 11:

Tabela 11 - Custos adicionais ao CUB

Item	Sem outorga onerosa (R\$)	Com outorga onerosa (R\$)
Projetos:	64.076,08	89.427,89
Elevador:	86.000,00	86.000,00
Custo da outorga onerosa:	-	112.416,11
Fundação:	64.076,08	89.427,89
CUB:	1.281.521,56	1.788.557,78
Total:	1.495.673,71	2.165.829,68

O total computado na tabela acima foi o valor utilizado para a elaboração da curva trapezoidal ideal, também conhecida como trapézio de custos, o qual será apresentado no próximo tópico.

Para a análise de sensibilidade do trabalho, levou-se em consideração a margem de erro de um projeto de acordo com o tipo de orçamento realizado para o mesmo. De acordo com a tabela do tópico 2.1.12, classifica-se o orçamento deste trabalho em “Avaliações” e a margem de erro adotada para a análise de sensibilidade é de 20%.

4.2.2 Curva Trapezoidal Ideal

Como comentado no capítulo 2.2.19, a confecção do trapézio de custos se dá da seguinte forma: metade do tempo da obra tem consumo de recursos constante, demora-se 1/3 do tempo para alcançar esse ponto, e 1/6 do prazo para encerrar a mesma.

Para alcançar esses valores, partiu-se do princípio que a área do trapézio corresponde ao total do custo da obra. Para descobrir o valor do custo no patamar no trapézio, foram calculadas as áreas das figuras: um triângulo de base 1/3, um retângulo de base 1/2 e um triângulo de base 1/6. Todas as figuras possuem a altura designada pela incógnita “X”.

A área do primeiro triângulo resulta em 1/6 X, do retângulo 1/2 X e do segundo triângulo 1/12 X. Com a soma das áreas alcança-se 9/12 X. Para descobrir o valor de X, precisa-se multiplicar 9/12 X pelo número de meses: para 24 meses tem-se 18 X e para 18 meses tem-se 13,5 X. Dividindo o valor total do CUB já calculado por esse valor, consegue-se descobrir o custo da obra no patamar do trapézio.

Para o projeto sem outorga onerosa, tem-se, portanto, para o patamar central o seguinte valor:

$$13,5 X = 1.495.673,71$$
$$X = 110.790,65$$

Já para o projeto sem outorga onerosa, obtém-se o patamar central com o seguinte valor:

$$18 X = 2.165.829,68$$
$$X = 120.323,87$$

Por fim, para calcular a progressão de custos crescentes e decrescentes, divide-se o valor do patamar central pelo número de meses necessários nesse período somado de uma unidade (n° de meses + 1). O procedimento é feito dessa forma, pois o primeiro mês, assim como o último, deve possuir um valor de custo diferente de zero. Caso a divisão seja feita pelo valor de meses exatos, o primeiro e o último período apresentarão valor zero no custo.

Dessa forma, tem-se como resultado a seguinte progressão, visto na Tabela 12:

Tabela 12 – Custos distribuídos pela curva trapezoidal ideal

Projeto sem outorga onerosa			Projeto com outorga onerosa		
Período	Custos (R\$)	Fração	Período	Custos (R\$)	Fração
Mês 1	15.827,24	1/3	Mês 1	13.369,32	1/3
Mês 2	31.654,47		Mês 2	26.738,64	
Mês 3	47.481,71		Mês 3	40.107,96	
Mês 4	63.308,94		Mês 4	53.477,28	
Mês 5	79.136,18		Mês 5	66.846,59	
Mês 6	94.963,41		Mês 6	80.215,91	
Mês 7	110.790,65	1/2	Mês 7	93.585,23	1/2
Mês 8	110.790,65		Mês 8	106.954,55	
Mês 9	110.790,65		Mês 9	120.323,87	
Mês 10	110.790,65		Mês 10	120.323,87	
Mês 11	110.790,65		Mês 11	120.323,87	
Mês 12	110.790,65		Mês 12	120.323,87	
Mês 13	110.790,65		Mês 13	120.323,87	
Mês 14	110.790,65		Mês 14	120.323,87	
Mês 15	110.790,65	1/6	Mês 15	120.323,87	1/6
Mês 16	83.092,98		Mês 16	120.323,87	
Mês 17	55.395,32		Mês 17	120.323,87	
Mês 18	27.697,66		Mês 18	120.323,87	
			Mês 19	120.323,87	
			Mês 20	120.323,87	
			Mês 21	96.259,10	1/6
			Mês 22	72.194,32	
			Mês 23	48.129,55	
			Mês 24	24.064,77	

A tabela acima colocada pode ser visualizada na Figura 13 e Figura 14 a seguir:

Figura 13 - Curva trapezoidal ideal dos custos do projeto sem outorga onerosa

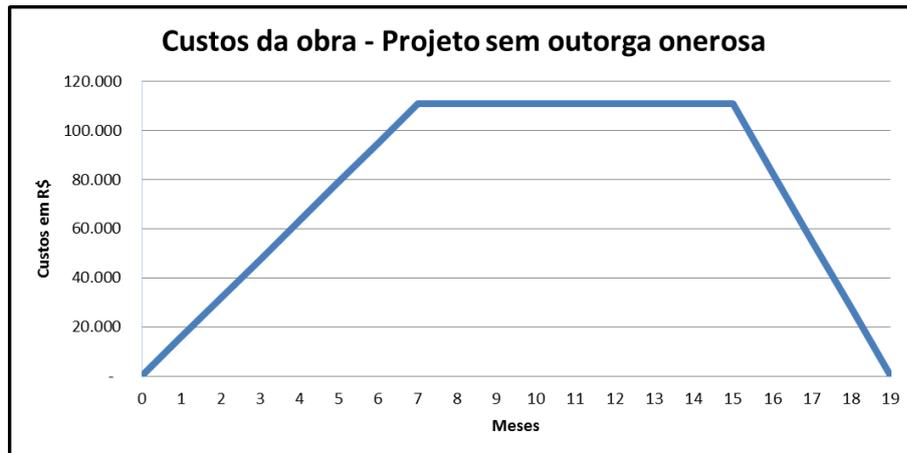
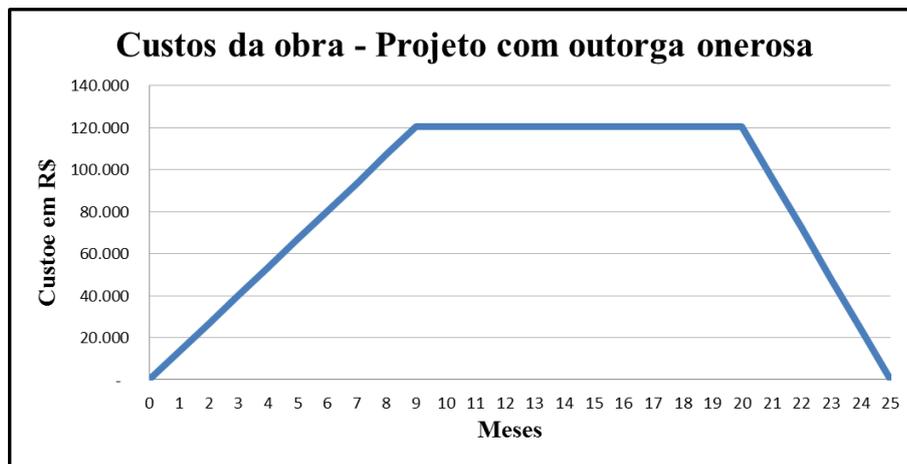


Figura 14 - Curva trapezoidal ideal dos custos do projeto com outorga onerosa



Cabe salientar que os valores apresentados não possuem em sua composição o BDI do construtor, o que será considerado na formação do fluxo de caixa.

4.2.3 Valor das vendas

O valor de venda das unidades do empreendimento foi calculado por meio do método comparativo direto de dados de mercado. Para tanto, montou-se uma amostra com apartamentos que possuam as mesmas características dos apartamentos do empreendimento em análise: frente mar e alto padrão.

Foram pesquisados 26 apartamentos para a amostra, os quais abrangeram as seguintes variáveis: preço de venda, sendo cobertura ou não, imóvel em planta ou construído, área privativa, área total, número de quartos, número de suítes e número de vagas de garagem.

O preço de venda foi analisado como sendo a variável dependente, pois se deseja saber o preço de venda das unidades do empreendimento fictício, enquanto as outras variáveis são independentes.

As variáveis efetivamente utilizadas no modelo, bem como suas análises, podem ser acompanhadas com mais detalhes na Tabela 13 abaixo:

Tabela 13 – Análise das variáveis dependentes

Análise das variáveis dependentes		
Variável	Descrição	Impacto no valor do apartamento
Cobertura	Dicotômica	O apartamento possui um preço de venda maior quando o mesmo é uma cobertura.
Planta	Dicotômica	Os apartamentos na planta são vendidos por um valor mais baixo.
Área privativa	Quantitativa contínua	O aumento da área privativa proporciona um aumento do valor do apartamento.
Suítes	Quantitativa discreta	O número de suítes agrega valor ao apartamento.
Vagas de garagem	Quantitativa discreta	O número de garagens aumenta o valor do apartamento.

Na busca por um modelo adequado por meio de regressão linear, realizou-se o saneamento da amostra, processo no qual se retiraram os apartamentos que possuem grandes resíduos em comparação com os demais integrantes da amostra. Hochheim (2016) coloca que o resíduo, ou ainda desvio, é a diferença entre o valor observado na amostra e sua estimativa de valor gerada pela regressão linear. Dessa forma, escolheu-se retirar da amostra os apartamentos que possuíam mais de 2,00 desvios padrões em seus resíduos. A amostra utilizada pode ser acompanhada na Tabela 14:

Tabela 14 – Amostra para modelo de regressão linear do método comparativo de imóveis

Código	Preço (R\$)	Cobertura	Planta	Área Privativa	Suítes	Vagas Garagem	Utilizado na regressão linear
Palmas_01	1.350.000,00	0	1	118,00	3	2	sim
Palmas_02	1.070.000,00	0	1	200,00	3	2	não
Palmas_03	2.500.000,00	1	0	300,00	3	4	sim
Palmas_04	1.250.000,00	0	0	99,00	3	1	sim
Palmas_05	990.000,00	0	0	101,00	2	2	sim
Palmas_06	950.000,00	0	0	102,00	2	2	sim
Palmas_07	950.000,00	0	0	102,00	2	2	sim
Palmas_08	1.500.000,00	0	0	99,10	3	2	sim
Palmas_09	1.000.000,00	0	1	110,00	2	2	sim
Palmas_10	1.250.000,00	0	1	100,00	3	1	sim
Palmas_11	920.000,00	0	1	101,00	2	2	sim
Palmas_12	900.000,00	0	1	87,00	2	2	sim
Palmas_13	749.000,00	0	1	73,43	1	2	sim
Palmas_14	698.000,00	0	1	73,00	1	2	sim
Palmas_15	1.700.000,00	1	1	125,00	3	2	sim
Palmas_16	3.000.000,00	1	1	220,00	4	2	sim
Palmas_17	2.500.000,00	0	0	200,00	2	2	não
Palmas_18	1.450.000,00	0	1	230,00	3	2	sim
Palmas_19	1.180.000,00	0	1	103,41	3	2	sim
Palmas_20	890.000,00	0	1	83,95	2	1	sim
Palmas_21	1.380.000,00	0	1	103,41	3	2	sim
Palmas_22	1.250.000,00	0	1	95,75	3	2	sim
Palmas_23	2.250.000,00	1	1	189,47	3	3	sim
Palmas_24	1.450.000,00	1	1	95,75	3	3	sim
Palmas_25	1.100.000,00	0	1	150,30	2	2	sim
Palmas_26	1.207.987,00	0	0	111,00	2	2	sim

Por meio do software Infer32 pôde-se então calcular a equação de regressão linear, representada abaixo:

$$(\text{Preço})^{1/3} = 111,17 + 8,6329 \times (\text{Cobertura}) - 2,4393 \times (\text{Planta}) - \frac{1543,0}{(\text{Área Privativa})} + 0,5108 \times \text{Suítes}^3 + 0,11316 \times (\text{Vagas Garagem})^3 \quad (11)$$

A equação usada para calcular o valor do preço das unidades comercializáveis do empreendimento hipotético respeita todas exigências da norma quanto a saneamento da amostra, coeficiente de correlação linear, nível de significância dos regressores, análise da variância, micronumerosidade, multicolinearidade, normalidade dos resíduos, homocedasticidade e autocorrelação.

Para calcular o valor dos apartamentos do projeto hipotético, basta substituir as variáveis da equação acima pelas características do mesmo. Como o empreendimento é de alto padrão e todos os apartamentos são frente mar, essas características estão implícitas no modelo, que contemplou essas variáveis. Além disso, todos os quartos do apartamento são

suítes, de modo que o modelo encontrado pode ser utilizado. Os apartamentos do projeto podem ser visualizados na Tabela 15 abaixo:

Tabela 15 – Características dos apartamentos do empreendimento hipotético

Apartamento	Suítes	Garagem	Área privativa (m ²)
Tipo	3	2	97,50
Cobertura sem outorga	2	3	195,00
Cobertura com outorga	3	3	195,00

Por meio do modelo calculado, tem-se então o valor dos apartamentos. O Software Infer32 calculou ainda a oscilação de valores para um intervalo de 80% de confiança, valores os quais podem ser visualizados na Tabela 16 abaixo:

Tabela 16 – Variação dos valores dos apartamentos para confiança de 80%

Apartamento	Valor (R\$)	Mín (80% conf)	Máx (80% conf)
Tipo	1.242.992,00	1.191.157,00	1.298.310,00
Cobertura sem outorga	1.584.920,00	1.465.149,00	1.711.045,00
Cobertura com outorga	2.014.566,00	1.921.877,00	2.110.189,00

Para o fluxo de caixa adotaram-se, portanto, os valores de estimativa central, calculados por meio do modelo de regressão linear. O intervalo de confiança será utilizado na análise de confiança, representando uma situação pessimista e otimista a respeito de uma possível oscilação no valor dos apartamentos à venda.

Para utilizar uma margem de oscilação de preços, considerou-se a diferença percentual entre os valores de estimativa central e seus mínimos e máximos do intervalo de 80% de confiança, gerando as seguintes diferenças da Tabela 17:

Tabela 17 – Oscilação superior e inferior de valores dos apartamentos

Apartamento	Valor (R\$)	Mín (80% conf)	Máx (80% conf)	Diferença %	Diferença %
Tipo	1.242.992,00	1.191.157,00	1.298.310,00	-4,17%	4,45%
Cobertura sem outorga	1.584.920,00	1.465.149,00	1.711.045,00	-7,56%	7,96%
Cobertura com outorga	2.014.566,00	1.921.877,00	2.110.189,00	-4,60%	4,75%

Como cada apartamento possui uma diferença percentual distinta, utilizou-se a média dos valores entre a cobertura e o apartamento tipo. Nota-se que os valores de diferença percentual são muito semelhantes para o projeto com outorga onerosa, podendo-se utilizar a média como simplificação. Os resultados são de -4,386% e 4,598%, adotados como variação de preço de venda.

4.2.4 BDI do incorporador e do construtor

Os BDI do Incorporador e do Construtor foram baseados nos BDIs da tabela do Tribunal de Contas da União para obras de construção de edificações apresentados no capítulo 2, sendo a faixa de lucro do empreendimento tomada de “R\$ 150.000,01 até R\$ 1.500.000,00” e os valores usados para o cenário provável são os da coluna “Média”. Para o cenário otimista utilizaram-se os valores da coluna “Mínimo” e para o pessimista da coluna “Máximo”.

Para os elementos não contemplados na tabela do TCU (tributos e taxa de comercialização), usou-se como referência os valores mínimos presentes na Tabela do Instituto de Engenharia. Para o lucro do incorporador, considerou-se que ele seria 50% maior que o do construtor, pelo fato do incorporador possuir um risco maior na realização do empreendimento.

Os valores finais obtidos estão colocados na Tabela 18, na Tabela 19 e na Tabela 20 seguir:

Tabela 18 – BDI do construtor e incorporador – cenário provável

BDI		Provável	
Item	Descrição	Construtor	Incorporador
1	Administração Central	5,25%	1,75%
2	Taxa de risco	1,07%	Considerada separadamente
3	Custo financeiro	1,00%	0,50%
4	Tributos	7,93%	5,93%
	PIS	0,65%	0,65%
	COFINS	3,00%	3,00%
	IRPJ	1,20%	1,20%
	CSLL	1,08%	1,08%
	ISS	2,00%	
5	Taxa de Comercialização	2,00%	Considerada separadamente
6	Lucro	9,15%	13,73%
	BDI	32,77%	27,27%

Tabela 19 – BDI do construtor e incorporador – cenário pessimista

BDI		Pessimista	
Item	Descrição	Construtor	Incorporador
1	Administração Central	7,65%	2,55%
2	Taxa de risco	2,01%	Considerada separadamente
3	Custo financeiro	1,50%	0,75%
4	Tributos	7,93%	5,93%
	PIS	0,65%	0,65%
	COFINS	3,00%	3,00%
	IRPJ	1,20%	1,20%
	CSLL	1,08%	1,08%
	ISS	2,00%	
5	Taxa de Comercialização	2,00%	Considerada separadamente
6	Lucro	10,85%	16,28%
	BDI	40,70%	32,81%

Tabela 20 – BDI do construtor e incorporador – cenário otimista

BDI		Otimista	
Item	Descrição	Construtor	Incorporador
1	Administração Central	3,50%	1,17%
2	Taxa de risco	0,25%	Considerada separadamente
3	Custo financeiro	0,50%	0,25%
4	Tributos	7,93%	5,93%
	PIS	0,65%	0,65%
	COFINS	3,00%	3,00%
	IRPJ	1,20%	1,20%
	CSLL	1,08%	1,08%
	ISS	2,00%	
5	Taxa de Comercialização	2,00%	Considerada separadamente
6	Lucro	7,00%	10,50%
	BDI	25,53%	21,36%

Com os dados de cenários provável, pessimista e otimista, pode-se calcular a variação percentual para cada um dos BDI:

- BDI do Construtor: -22,10% a 24,18%
- BDI do incorporador: -21,69% a 20,29%

4.2.5 Taxa Mínima de Atratividade

A taxa Mínima de Atratividade, ou ainda Taxa de desconto, utilizada na análise será pelo Custo Médio Ponderado do Capital, considerando-se apenas utilização de capital próprio. A equação a ser utilizada para tanto, descrita em 2.2.10, pode ser visualizada abaixo:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf)$$

Para a Taxa Livre de Riscos (Rf), utilizou-se o rendimento do Tesouro Direto indexado pelo IPCA, disponível na página do Tesouro Nacional. O horizonte de tempo

escolhido de rendimento do tesouro foi aquele mais compatível com a duração empreendimento, considerando-se desde o seu planejamento até a venda da última unidade do mesmo. Para tanto, definiu-se que o título a ser utilizado é aquele com vencimento em 15 de agosto de 2024, perfazendo um total de sete anos a partir de 2017. O rendimento desse título é de 5,55 % ao ano, lido em junho de 2017.

Para o Beta foram pesquisados os preços de ações de 15 empresas de capital aberto e suas variações ano a ano, disponíveis no site da BM&FBovespa. O horizonte de tempo de dados é de seis anos, de 2011 a 2016. Além disso, o horizonte de tempo escolhido foi relativamente longo devido à crise política que o país enfrenta nos últimos anos, a qual impacta diretamente a economia, trazendo grandes oscilações em análises de curto prazo. Objetivou-se assim minorar a possibilidade de uma leitura distorcida das ações das empresas nos últimos anos.

O índice utilizado para realização da regressão linear foi o Ibovespa, também lido com sua variação anual de preço de ações, disponível no mesmo site, BM&FBovespa. A variação das empresas, ano a ano, assim como a variação do Índice Bovespa para o mesmo período, podem ser visualizados na Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24 abaixo:

Tabela 21 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 1 a 5

Ano	Gafisa	CR2	Herbor Empreendimentos S.A.	Rossi Residencial	Even Construtora e Incorporadora S.A.
2011	-64,942%	-15,201%	2,577%	-44,747%	-25,660%
2012	14,315%	-19,438%	89,447%	-39,617%	57,002%
2013	-18,280%	-20,912%	-13,263%	-55,165%	-14,070%
2014	-36,240%	-28,475%	-39,297%	-66,765%	-30,117%
2015	10,456%	-33,649%	-61,461%	-81,121%	-17,364%
2016	-23,463%	0,000%	0,654%	-11,250%	-6,329%

Tabela 22 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 6 a 10

Ano	Tecnisa S.A.	Trisul S.A.	JHSF Participações S.A.	Cyrela Brazil Realty S.A. empreend e part	João Fortes Engenharia S.A.
2011	-7,390%	-58,413%	65,472%	-30,649%	-20,592%
2012	-17,117%	1,145%	62,402%	22,775%	-16,271%
2013	10,559%	36,604%	-45,818%	-16,523%	-12,955%
2014	-55,478%	-18,508%	-50,112%	-25,681%	-23,488%
2015	-24,290%	-5,085%	-43,049%	-25,743%	-36,170%
2016	-10,417%	3,571%	11,024%	36,933%	-18,571%

Tabela 23 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 11 a 15

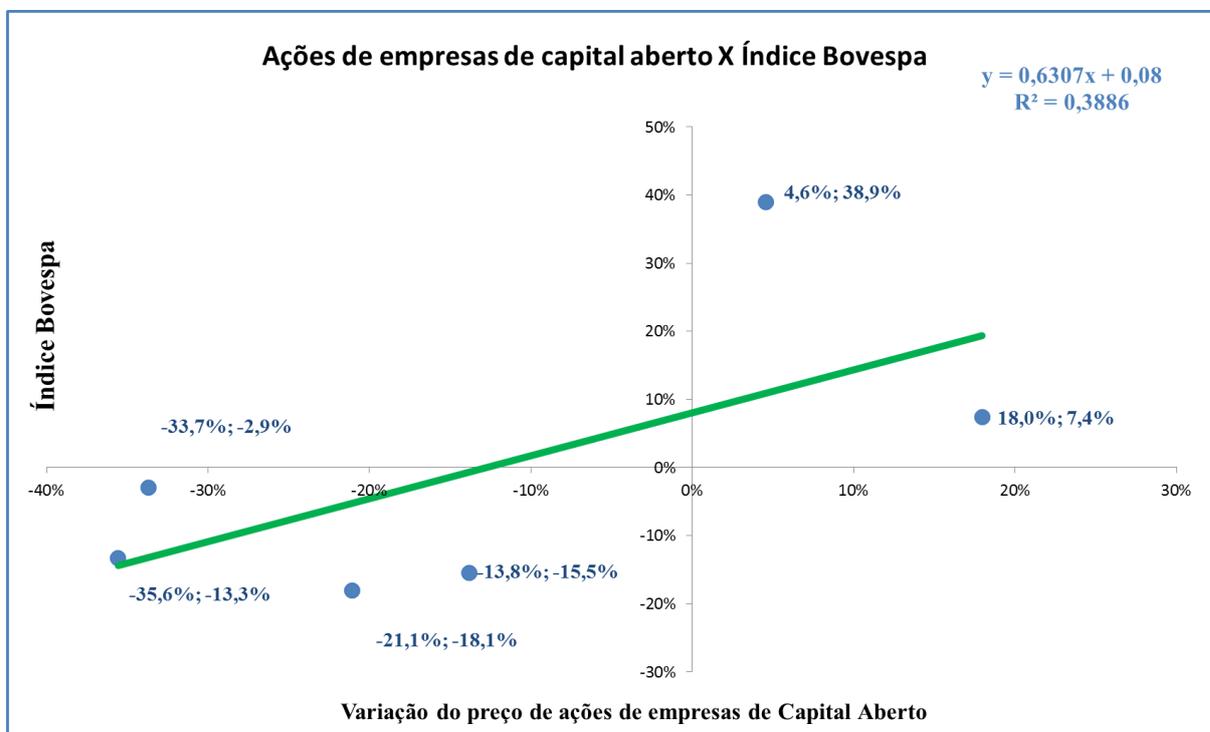
Ano	Rodobens Negócios Imobiliários S.A.	Pdg Realty S.A. Empreend e Participações	EZ Tec Empreend. e Participações S.A.	Direcional Engenharia S.A.	MRV Engenharia e Participações S.A.
2011	-30,704%	-40,904%	15,369%	-29,707%	-30,645%
2012	17,348%	-42,229%	66,782%	56,437%	16,501%
2013	12,053%	-45,317%	15,664%	-13,217%	-26,901%
2014	-21,681%	-52,484%	-21,794%	-28,161%	-7,022%
2015	-52,039%	-95,824%	-34,117%	-55,467%	21,399%
2016	21,924%	-26,994%	28,895%	36,527%	26,037%

Tabela 24 – Variação média do preço das ações das empresas de capital aberto e do índice Bovespa

Ano	Média da Variação do preço das ações Empresas	Ibovespa
2011	-21,076%	-18,109%
2012	17,965%	7,397%
2013	-13,836%	-15,496%
2014	-33,687%	-2,912%
2015	-35,568%	-13,313%
2016	4,569%	38,933%

Colocados os pontos num gráfico, e realizada a regressão linear dos mesmos, obtêm-se a seguinte configuração da Figura 15:

Figura 15– Determinação do Beta



Como pode ser observado no gráfico acima, o Beta fica então definido como 0,6307. Observa-se que o R^2 da regressão apresenta-se muito baixo, situação essa possivelmente devida às grandes variações da economia nos últimos anos. O erro padrão da equação é de

0,3955, desvio esse que será utilizado para definir as situações pessimista e otimista para a taxa mínima de atratividade.

Crundwell (2008, apud CERÁVOLO 2016) coloca que a expressão $(R_m - R_f)$ poderia ser calculada pela diferença entre o índice Bovespa e o rendimento do Tesouro Direto, porém, devido aos últimos anos conturbados da economia brasileira, esse valor retornaria um número negativo, indicando que seria melhor investir no Tesouro Direto a praticar o investimento imobiliário. Dessa forma não se torna adequado basear análises de longo prazo em períodos atípicos. Como adotar um Prêmio de Mercado negativo não seria correto (pois resultaria em VPLs altos demais, fora da realidade), utilizou-se o método baseado no *spread* do CDS. O cálculo do o Prêmio de Risco de Mercado do país é ilustrado na página da Universidade de NYU Stern, pelo professor Damodaran, e foi realizado da seguinte forma: tomou-se o *Spread* do *Credit Default Swap* (CDS) para o Brasil e para um mercado maduro, no caso dos Estados Unidos da América, e subtraiu-se o primeiro pelo segundo. Esse valor é o risco do país, no caso, de 3,47% para o Brasil. Como comentado no tópico 2.2.13, para evitar que o prêmio seja maior que o *spread*, multiplica-se o valor do risco do país por um índice de volatilidade, o qual é de 1,23 para países emergentes. Por fim soma-se ao resultado da multiplicação o valor do risco estimado para o mercado maduro, de 5,69% para os Estados Unidos da América (obtido pelas ações de S&P500). Todos os dados são de janeiro de 2017.

O Prêmio pelo Risco de Mercado pode então ser montado na seguinte equação:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf)$$
$$Re = 5,55 + 0,6307 \times (3,47 \times 1,23 + 5,69)$$

$$Re = 11,83 \% \text{ ao ano}$$

$$Re = 0,936 \% \text{ ao mês}$$

Para a análise de sensibilidade, utilizou-se um desvio padrão de Beta para compor:

- tanto o cenário otimista:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf)$$
$$Re = 5,55 + 0,2352 \times (3,47 \times 1,23 + 5,69)$$

$$Re = 7,89 \% \text{ ao ano}$$

$$Re = 0,635 \% \text{ ao mês}$$

- quanto o cenário pessimista:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf)$$

$$Re = 5,55 + 1,0263 \times (3,47 \times 1,23 + 5,69)$$

$$Re = 15,77 \% \text{ ao ano}$$

$$Re = 1,228 \% \text{ ao mês}$$

4.2.6 Fluxo de vendas

Após definidos os custos construtivos do empreendimento, suas vendas e condições, pode-se projetar o fluxo de caixa do mesmo. As vendas possuem grandes possibilidades de ocorrer de formas diferentes, seja durante a construção do empreendimento, ou ainda após ele, conseguindo o cliente financiamento bancário, ou não. Devido a isso, buscou-se criar um fluxo de caixa médio que objetivou minorar a oscilação de valores gerada por essa grande variação de possibilidades. Nele, computou-se a entrada de 20% do valor do apartamento, mais 12 parcelas, além dos dois reforços semestrais. O cliente tem nesse fluxo hipotético um ano de tempo para conseguir um financiamento bancário, situação assim considerada, pois alguns clientes conseguem logo o financiamento, outros não conseguem. Ocorre ainda a incidência de 5% de corretagem sobre o valor total do apartamento. A situação acima descrita pode ser vista na Tabela 25, de um apartamento no valor de R\$ 1.242.992,00:

Tabela 25 – Exemplo de venda de apartamento no fluxo de caixa

Mês	Venda	Parcelamento	Reforços e Chave	Financiamento	Corretagem
1	248.598,40	-	-	-	62.149,60
2	-	13.811,02	-	-	-
3	-	13.811,02	-	-	-
4	-	13.811,02	-	-	-
5	-	13.811,02	-	-	-
6	-	13.811,02	-	-	-
7	-	13.811,02	124.299,20	-	-
8	-	11.927,70	-	-	-
9	-	11.927,70	-	-	-
10	-	11.927,70	-	-	-
11	-	11.927,70	-	-	-
12	-	11.927,70	-	-	-
13	-	11.927,70	124.299,20	-	-
14	-	-	-	591.362,86	-

Foi perguntado a dois corretores de imóveis com que velocidade as unidades são vendidas de forma geral, sendo esse valor bastante variável. Definiu-se então que as vendas podem ocorrer desde o mês 1 até o mês 36. Foi escolhido esse horizonte de tempo, até 36 meses, pois é o período de construção da obra mais metade desse mesmo período.

Para a variável Fluxo de Vendas, adotou-se uma variação entre cenários positivos e negativos que ocorre da seguinte forma, como mostra a Tabela 26:

Tabela 26 – Exemplo de venda de apartamento no fluxo de caixa Cenários positivos e negativos de vendas

Valor	Projeto sem outorga onerosa		Projeto com outorga onerosa	
	Início das vendas (mês)	Fim das vendas (mês)	Início das vendas (mês)	Fim das vendas (mês)
0%	1	14	1	26
10%	1	16	1	28
20%	1	18	1	30
30%	1	20	1	32
40%	1	22	1	34
50%	1	24	1	36
60%	3	24	3	36
70%	5	24	5	36
80%	7	24	7	36
90%	9	24	9	36
100%	11	24	11	36

0% representa o cenário mais otimista, enquanto que 100% o mais pessimista.

4.2.7 Variabilidades observadas

Após definidos os custos construtivos do empreendimento hipotético, suas vendas, corretagem e respectivos BDIs, pode-se realizar a análise de sensibilidade de cada variável, assim como uma análise de cenários, considerando os efeitos somados da variação de cada variável. Abaixo, Tabela 27, pode ser observado um resumo das variáveis adotadas, além de seus cenários otimista e pessimista, representados em termos percentuais de acréscimo ou decréscimo, em relação ao valor provável.

Tabela 27 – Variação das variáveis nos cenários pessimista e otimista

Cenários adotados para simulações			
Variáveis	Provável	Pessimista	Otimista
Fluxo de vendas - sem outorga	1-24 meses	11-24	1-14
Fluxo de vendas - com outorga	1-36 meses	11-36	1-26
Custos	Curva trapezoidal ideal	+20%	-20%
BDI do Construtor	32,77%	+7,93pp	-7,24pp
Vendas	Preços de apartamentos	-4,39%	+4,60%
BDI do Incorporador	20,42%	+5,53pp	-5,92pp
Taxa mínima de atratividade	1,362%	+0,214%	-0,219%

Para a simulação, definiu-se que a oscilação ocorreria entre os valores acima dispostos, com igual probabilidade de ser gerado qualquer valor pertencente a faixa fixada entre pessimista e otimista, quando adotada a distribuição uniforme de dados, e com menor probabilidade de gerar valores extremos, com a distribuição Beta.

Dessa forma pretende-se realizar, por meio da geração computacional, diversos cenários aleatórios distintos para avaliar a variabilidade de resultados de valor de terreno no método involutivo de avaliação de imóveis, assim como de que maneira essa variabilidade se comporta quando se considera: dependência total, relação de dependência de 50% e independência total entre as variáveis.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Nesse capítulo serão apresentados os resultados dos estudos da sensibilidade do método involutivo de avaliação de imóveis, feitos por meio da Simulação de Monte Carlo.

5.1 PROJETO A SER ESTUDADO

Foram calculados para ambos os projetos, sem e com outorga onerosa, as variáveis analisadas anteriormente: os custos contrutivos, BDI do construtor, valor de vendas, BDI do incorporador e taxa mínima e atratividade (que é igual para ambos os casos), além de fluxo de vendas para ambos os casos.

Buscou-se descobrir se a outorga onerosa do projeto era considerada vantajosa para o empreendimento, a fim de fazer análises de sensibilidade e cenários no empreendimento hipotético de maior rendimento monetário. Para tanto, foram realizadas simulações de 200 cenários de fluxos de venda, com as vendas variando da seguinte forma: a unidade comercializável do empreendimento pode ter o início de sua venda entre os meses 1 e 18, no caso do projeto sem outorga onerosa, e entre 1 a 36, no caso do projeto com outorga onerosa.

Os resultados obtidos podem ser analisados a seguir.

5.1.1 Projeto sem outorga onerosa

A Figura 16 além da Tabela 28 e Tabela 29 mostram os resultados das simulações para o projeto sem outorga onerosa:

Figura 16 – Simulações do projeto sem outorga onerosa

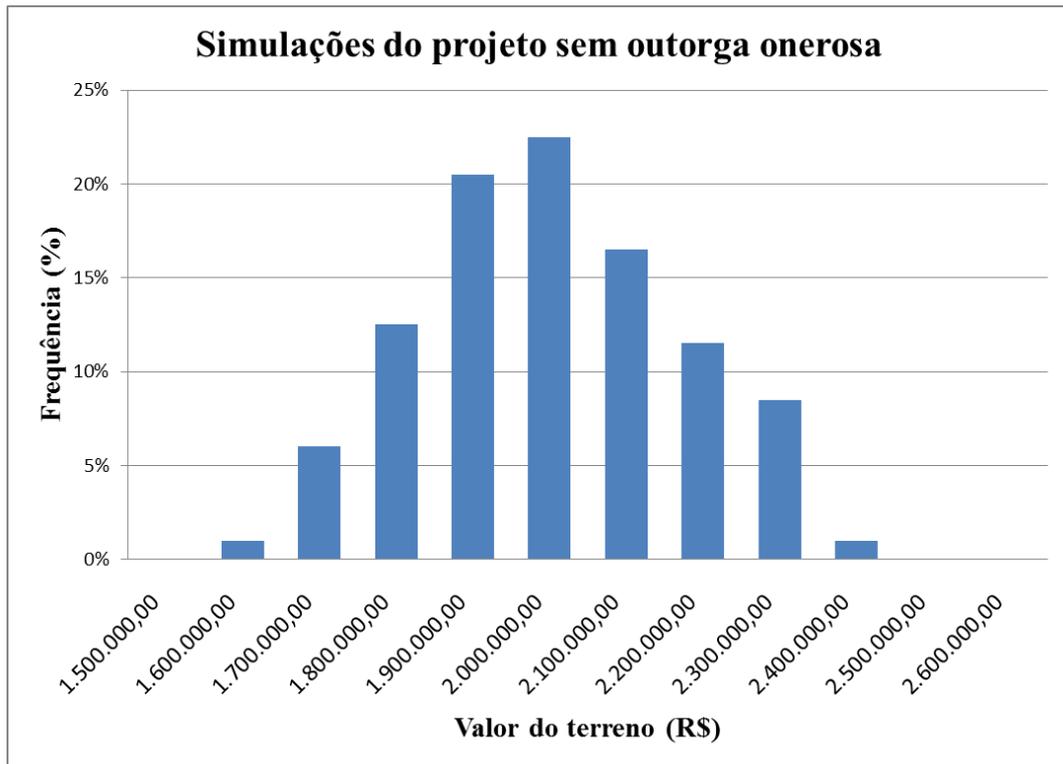


Tabela 28 – Simulações do projeto sem outorga onerosa

Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
<1000000	0	0%	0	0%
1.100.000,00	0	0%	0	0%
1.200.000,00	0	0%	0	0%
1.300.000,00	0	0%	0	0%
1.400.000,00	0	0%	0	0%
1.500.000,00	0	0%	0	0%
1.600.000,00	2	1%	2	1%
1.700.000,00	14	7%	12	6%
1.800.000,00	39	20%	25	13%
1.900.000,00	80	40%	41	21%
2.000.000,00	125	63%	45	23%
2.100.000,00	158	79%	33	17%
2.200.000,00	181	91%	23	12%
2.300.000,00	198	99%	17	9%
2.400.000,00	200	100%	2	1%
2.500.000,00	200	100%	0	0%
2.600.000,00	200	100%	0	0%
2.700.000,00	200	100%	0	0%
2.800.000,00	200	100%	0	0%
2.900.000,00	200	100%	0	0%
3.000.000,00	200	100%	0	0%
>3000000	200	100%	0	0%
		Soma	200	100%

Tabela 29 – Simulações do projeto sem outorga onerosa – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	1.956.089,86
Desvio Padrão =	169.328,58
Mínimo =	1.556.585,51
Q1 =	1.836.389,00
Q2 (mediana)=	1.954.012,49
Q3 =	2.081.566,06
Máximo =	2.366.686,14
Amplitude =	810.100,64
n =	200,00

A média das simulações para o projeto sem outorga onerosa é de R\$ 1.956.089,86, com um desvio padrão de R\$169.328,58.

5.1.2 Projeto com outorga onerosa

A Figura 17, além da Tabela 30 e Tabela 31 mostram os resultados das simulações para o projeto sem outorga onerosa:

Figura 17 – Simulações do projeto com outorga onerosa

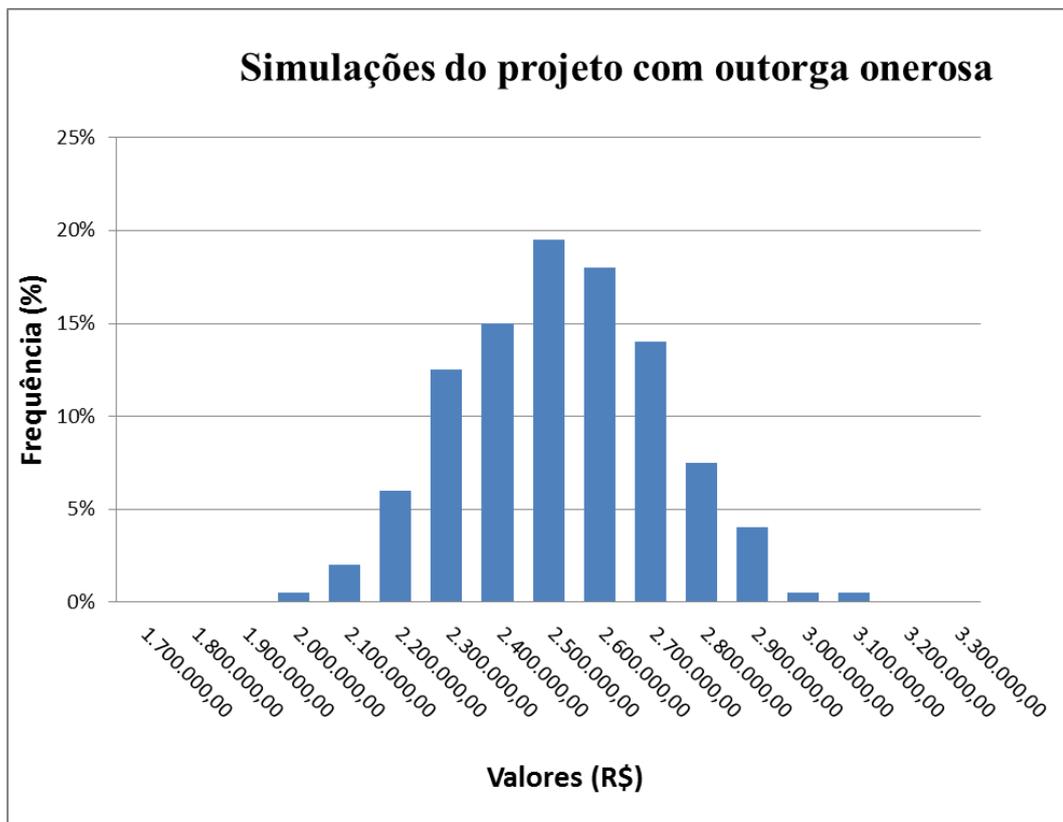


Tabela 30 – Simulações do projeto com outorga onerosa

Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
<1.000.000,00	0	0%	0	0%
1.100.000,00	0	0%	0	0%
1.200.000,00	0	0%	0	0%
1.300.000,00	0	0%	0	0%
1.400.000,00	0	0%	0	0%
1.500.000,00	0	0%	0	0%
1.600.000,00	0	0%	0	0%
1.700.000,00	0	0%	0	0%
1.800.000,00	0	0%	0	0%
1.900.000,00	0	0%	0	0%
2.000.000,00	1	1%	1	1%
2.100.000,00	5	3%	4	2%
2.200.000,00	17	9%	12	6%
2.300.000,00	42	21%	25	13%
2.400.000,00	72	36%	30	15%
2.500.000,00	111	56%	39	20%
2.600.000,00	147	74%	36	18%
2.700.000,00	175	88%	28	14%
2.800.000,00	190	95%	15	8%
2.900.000,00	198	99%	8	4%
3.000.000,00	199	100%	1	1%
3.100.000,00	200	100%	1	1%
3.200.000,00	200	100%	0	0%
3.300.000,00	200	100%	0	0%
3.400.000,00	200	100%	0	0%
3.500.000,00	200	100%	0	0%
3.600.000,00	200	100%	0	0%
3.700.000,00	200	100%	0	0%
3.800.000,00	200	100%	0	0%
3.900.000,00	200	100%	0	0%
>4.000.000,00	200	100%	0	0%
Soma			200	100%

Tabela 31 – Simulações do projeto com outorga onerosa – estatísticas

Estatística Descritiva	
VPL médio =	2.472.103,34
Desvio Padrão =	200.088,63
Mínimo =	1.998.423,20
Q1 =	2.316.230,70
Q2 (mediana)=	2.474.022,08
Q3 =	2.608.145,31
Máximo =	3.000.672,08
Amplitude =	1.002.248,88
n =	200,00

A média das simulações para o projeto com outorga onerosa é de R\$ 2.472.103,34, com um desvio padrão de R\$200.088,63.

5.1.3 Escolha do projeto

Comparando-se os resultados obtidos, percebe-se que os resultados para o valor do terreno são maiores para a alternativa com outorga onerosa, ou seja, considerando-se a

compra de área extra, pode-se alcançar um lucro maior no empreendimento e, por isso, o terreno também sofre uma valorização. Devido a isso, conclui-se que a outorga onerosa é vantajosa para o empreendedor e esse será o projeto que será avaliado a diante para análise do método involutivo.

5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011) exige que sejam feitas análises de sensibilidade das variáveis contempladas no estudo e, para tanto, serão feitas estas análises para cada variável abordada. Desse modo, será calculada a variação de valores que a variável assume ao ser colocada em sua situação mais otimista e mais pessimista.

5.2.1 Fluxo de vendas

Nessa primeira análise, estudou-se o comportamento do Valor do Terreno (Valor Presente Líquido) variando-se apenas o fluxo de vendas, consideraram-se os cenários provável (vendas ocorrendo aleatoriamente entre os meses 1 e 36), otimista (vendas entre 1 e 26) e pessimista (vendas entre 11 e 36), além de todos os cenários intermediários.

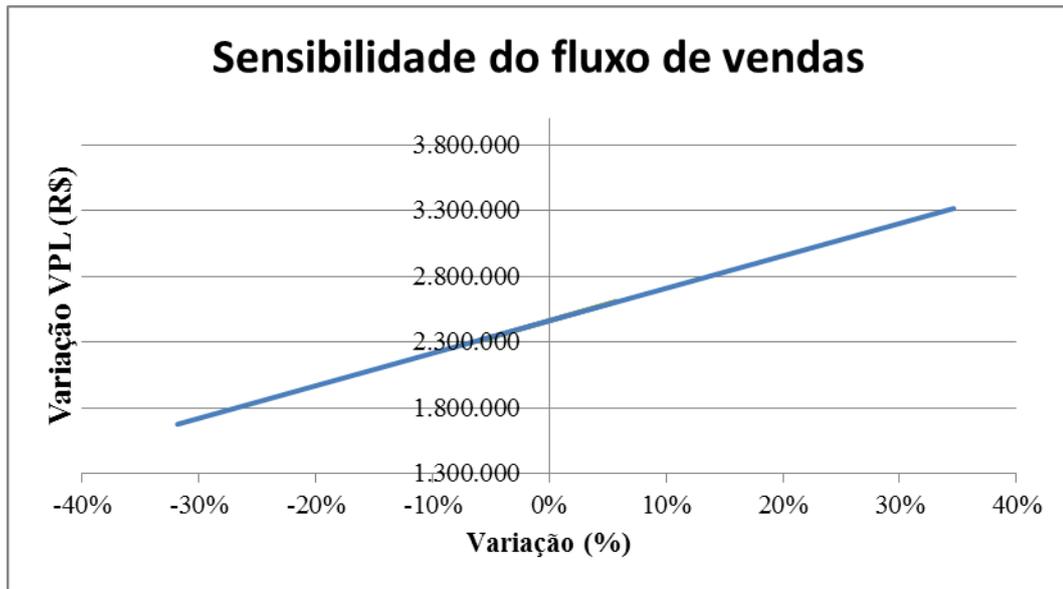
O cenário otimista de fluxo de vendas se dá quando todas elas ocorrem logo no primeiro mês de obras, ou seja, com todos os apartamentos sendo vendidos ainda na planta. Nessa situação tem-se o valor máximo de VPL para essa variável. Já o cenário pessimista se dá quando as vendas ocorrem todas no mês 36, gerando o menor VPL para essa variável. Os resultados podem ser acompanhados na Tabela 32 abaixo:

Tabela 32 – Sensibilidade do fluxo de vendas

Análise de sensibilidade - Fluxo de vendas		
Situação	Valor (R\$)	Varição (%)
Pessimista	1.679.631,05	-31,81%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	3.316.775,14	34,65%

A variação otimista é maior do que a pessimista, o que acontece, pois no fluxo de venda considerado como médio a maior entrada de dinheiro se dá quando ocorre o financiamento bancário, o que ocorre no décimo quarto mês de pagamentos do imóvel, tornando o fluxo considerado assimétrico. Os resultados plotados em um gráfico são visualizados na Figura 18 a seguir:

Figura 18 – Sensibilidade do fluxo de vendas



5.2.2 Valor das vendas

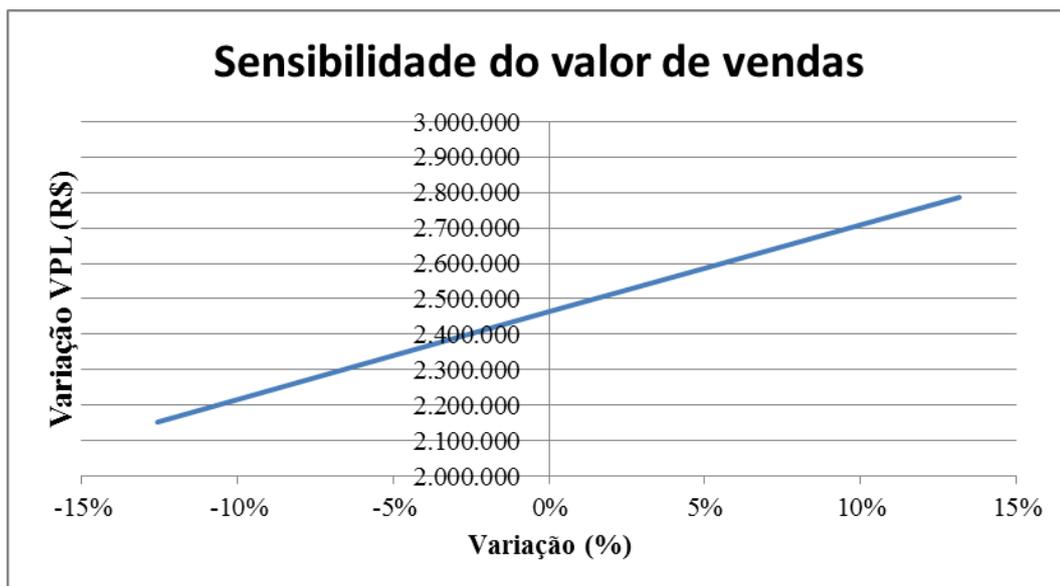
Para o valor de vendas foi analisada a variação do VPL para uma alteração de situação entre -4,39% e +4,60% do valor dos custos. Os resultados estão colocados na Tabela 33 a seguir:

Tabela 33 – Sensibilidade do valor de vendas

Análise de sensibilidade - Valor de vendas		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.153.370,09	-12,58%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.788.304,23	13,19%

Percebe-se que a variação otimista é maior do que a pessimista, o que acontece devido ao fato da faixa de valores admissíveis ser levemente assimétrica, com o intervalo situação otimista levemente maior. Os resultados plotados em um gráfico são visualizados na Figura 19 a seguir:

Figura 19 – Sensibilidade do valor de vendas



5.2.3 BDI do Incorporador

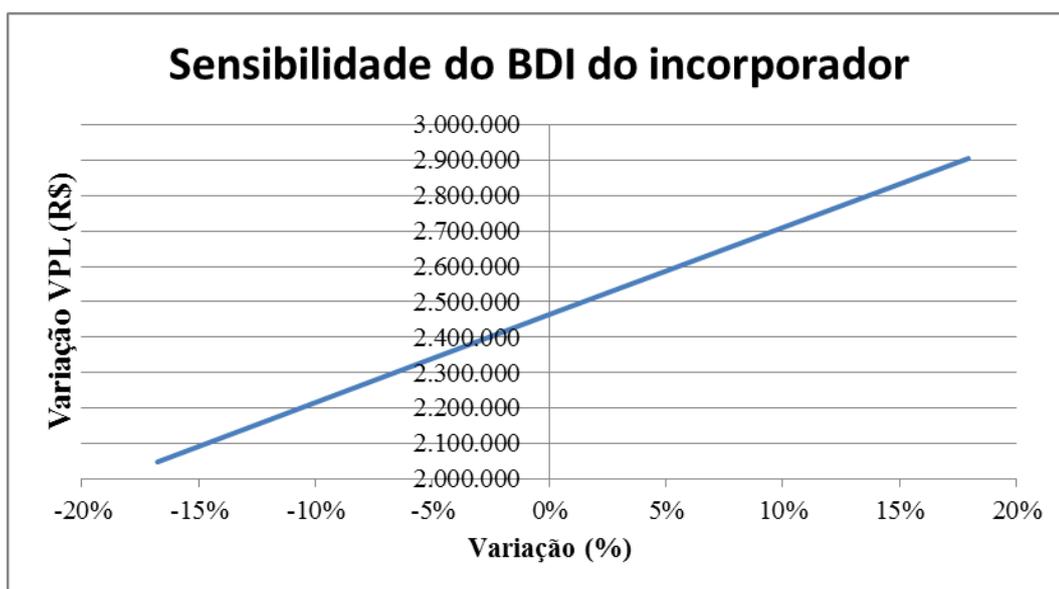
A variação do BDI do Incorporador ocorre no intervalo entre -21,69% a 20,29%, sendo feita a análise, portanto, entre esses valores. A análise de sensibilidade é vista na Tabela 34:

Tabela 34 – Sensibilidade do BDI do Incorporador

Análise de sensibilidade - BDI do Incorporador		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.049.725,27	-16,79%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.905.350,60	17,94%

Como esperado, o valor otimista possui uma variação levemente maior. Os resultados podem ser graficamente visualizados na Figura 20 a seguir:

Figura 20 – Sensibilidade do BDI do Incorporador



5.2.4 Custo construtivo

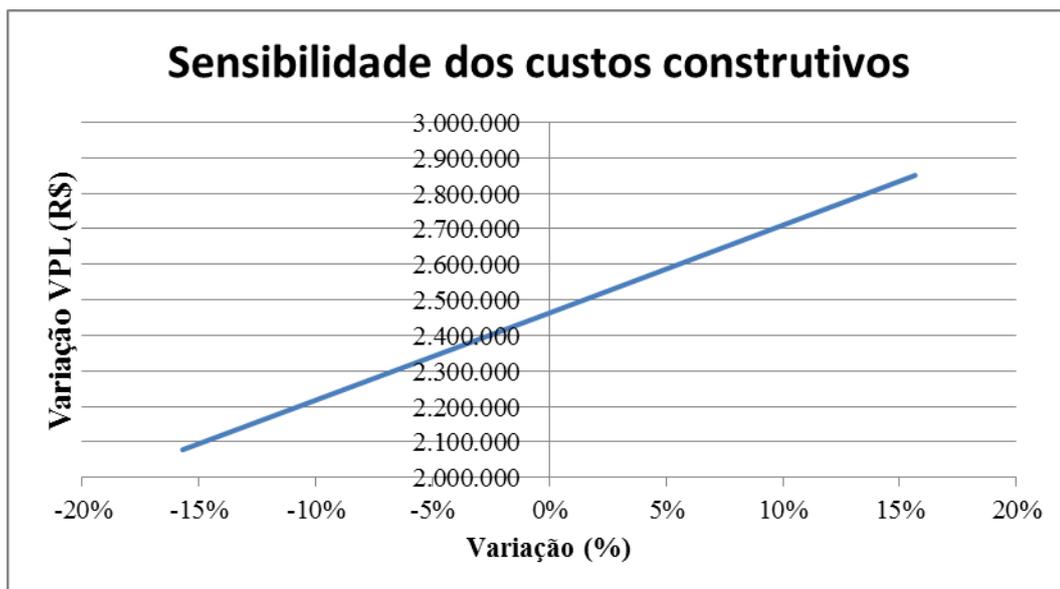
A faixa de variação dos custos construtivos do empreendimento hipotético é de -20% a 20%, considerando do pior cenário ao melhor cenário. A análise de sensibilidade pode ser vista na Tabela 35:

Tabela 35 – Sensibilidade do custo construtivo

Análise de sensibilidade - Custos construtivos		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.076.780,10	-15,69%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.849.840,68	15,69%

Nesse caso a variação é simétrica, com 15,69% de variação de valores para ambas as situações, visto também na Figura 21:

Figura 21 – Sensibilidade do custo construtivo



5.2.5 BDI do construtor

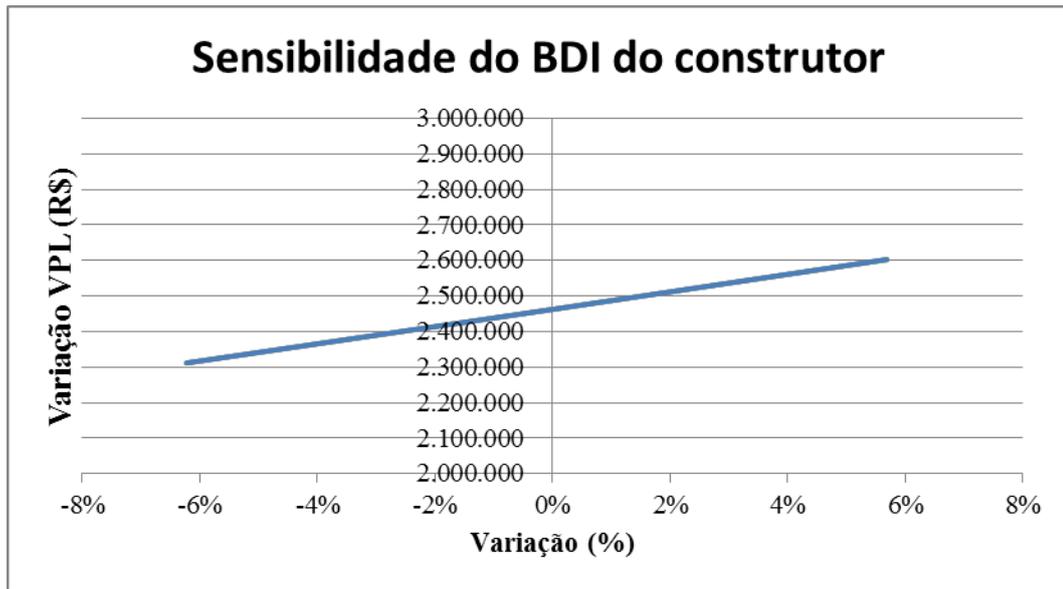
O intervalo de variação do BDI do construtor ocorre de 24,18% para -22,10%. O gráfico e a tabela de frequências podem ser analisados na Tabela 36 abaixo:

Tabela 36 – Sensibilidade do BDI do construtor

Análise de sensibilidade - BDI do construtor		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.310.147,56	-6,22%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.603.298,11	5,68%

Percebe-se que a variação de valores para o BDI do construtor é menor que para as outras variáveis, denotando que sua variação não causa tanto impacto no VPL como as outras, visto na Figura 22.

Figura 22 – Sensibilidade do BDI do construtor



5.2.6 Taxa mínima de atratividade

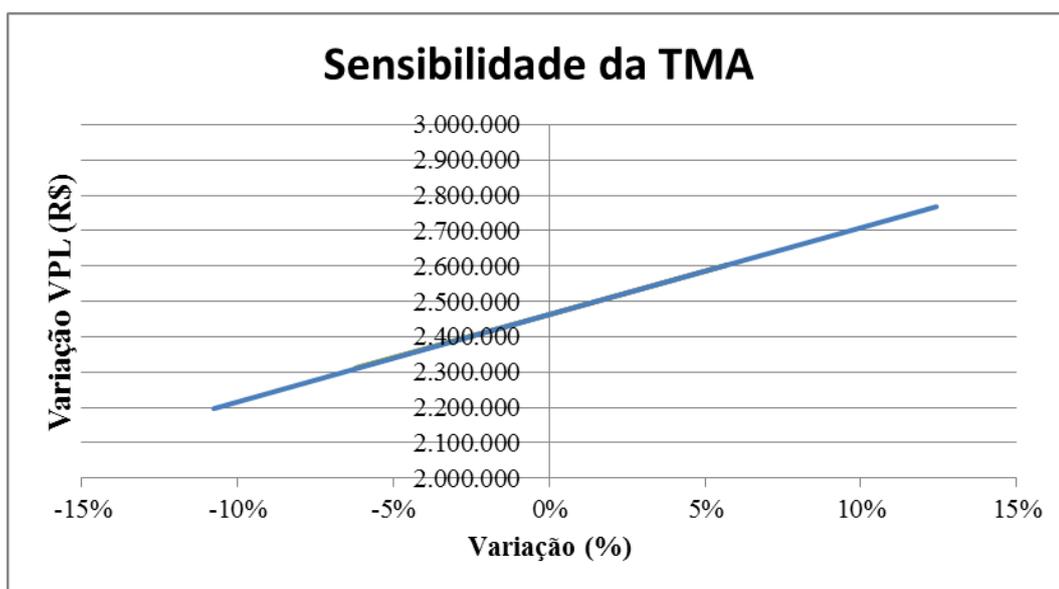
A variação da TMA adotada está compreendida entre 0,64% e 1,23%. Os resultados podem ser vistos na Tabela 37 a seguir:

Tabela 37 – Sensibilidade da TMA

Análise de sensibilidade - TMA		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.334.157,32	-7,56%
Provável	2.525.171,82	0,00%
Otimista	2.736.692,68	8,38%

A variação da TMA também se dá de forma assimétrica, com o cenário otimista causando uma maior variação do valor do VPL. Visto na Figura 23:

Figura 23 – Sensibilidade da TMA



5.2.7 Resumo das análises de sensibilidade

Na Tabela 38 abaixo podem ser vistas todas as variações obtidas com as análises de sensibilidades realizadas:

Tabela 38 – Análise de sensibilidade –resumo

Análise de sensibilidade						
Variável	Preço de Vendas	BDI incorporador	Custos Construtivos	BDI construtor	TMA	Fluxo de vendas
Pessimista	2.153.370,09	2.049.725,27	2.076.780,10	2.310.147,56	2.197.910,04	1.679.631,05
Provável	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39
Otimista	2.788.304,23	2.905.350,60	2.849.840,68	2.603.298,11	2.769.344,25	3.316.775,14
Variação	634.934,14	855.625,33	773.060,57	293.150,54	571.434,21	1.637.144,09

A maior alteração de valores ocorreu com a variável “fluxo de vendas”, sendo ela de mais de um milhão e meio de reais. A segunda maior mudança de VPL registrada, já muito menor que a primeira, se dá na análise do BDI do Incorporador, onde os cenários otimista e pessimista registraram uma amplitude de R\$ 855.625,33. Preço de vendas e Custos Construtivos apresentam variações em uma ordem de grandeza similar de valores, enquanto que o BDI do construtor mostrou-se com menor amplitude na análise.

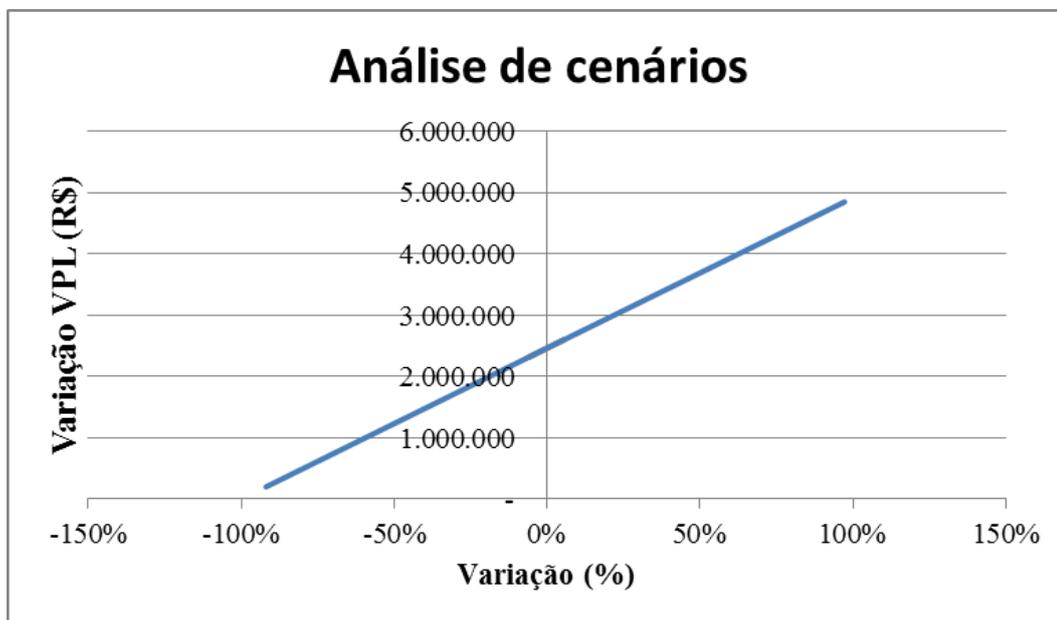
5.3 ANÁLISE DE CENÁRIOS

Para a realização da análise foram realizados 3 cenários distintos, como a norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011) prevê para a obtenção do Grau III de avaliação. Os cenários considerados são os pessimista, provável e otimista, com as variáveis assumindo todas seus respectivos valores calculados na análise de sensibilidade. Seguem os resultados na Tabela 39 e Figura 24:

Tabela 39 – Análise de cenários

Análise de Cenários		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	199.715,11	-92%
Provavel	2.463.310,39	0%
Otimista	4.853.356,00	97%
Variação	4.653.640,89	189%

Figura 24 – Análise de cenários



Com os resultados pode-se constatar que a variação de valores é muito alta, com o valor do terreno podendo variar em quase cinco milhões de reais, dependendo do quadro otimista ou pessimista assumido por cada variável. Cabe salientar que as possibilidades extremas que levam a uma amplitude de 189% do valor do terreno, conhecidos como “eventos de tempestade perfeita”, onde todos os valores assumem seu valor extremo positivo ou negativo, são muito improváveis, gerando uma amplitude de VPL com valores que muito

difícilmente serão alcançados na realidade. Ou seja, é muito mais provável que a variação do valor do terreno esteja próxima do valor provável inicialmente adotado. Dessa forma, parece insuficiente realizar uma análise de cenários assim, pois não se sabe a possibilidade de ocorrência dos valores de VPL, além deles possuírem uma amplitude grande demais para uma avaliação. Para compreender melhor essa variação e suas probabilidades, foram feitas simulações de Monte Carlo que pretendem elucidar melhor essa questão.

5.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO COM DISTRIBUIÇÃO UNIFORME

Por meio das simulações de Monte Carlo, pretende-se estudar a probabilidade dos valores de VPL, ou seja, a probabilidade que o valor do terreno tem de assumir, de acordo com os intervalos otimistas e pessimistas de cada variável.

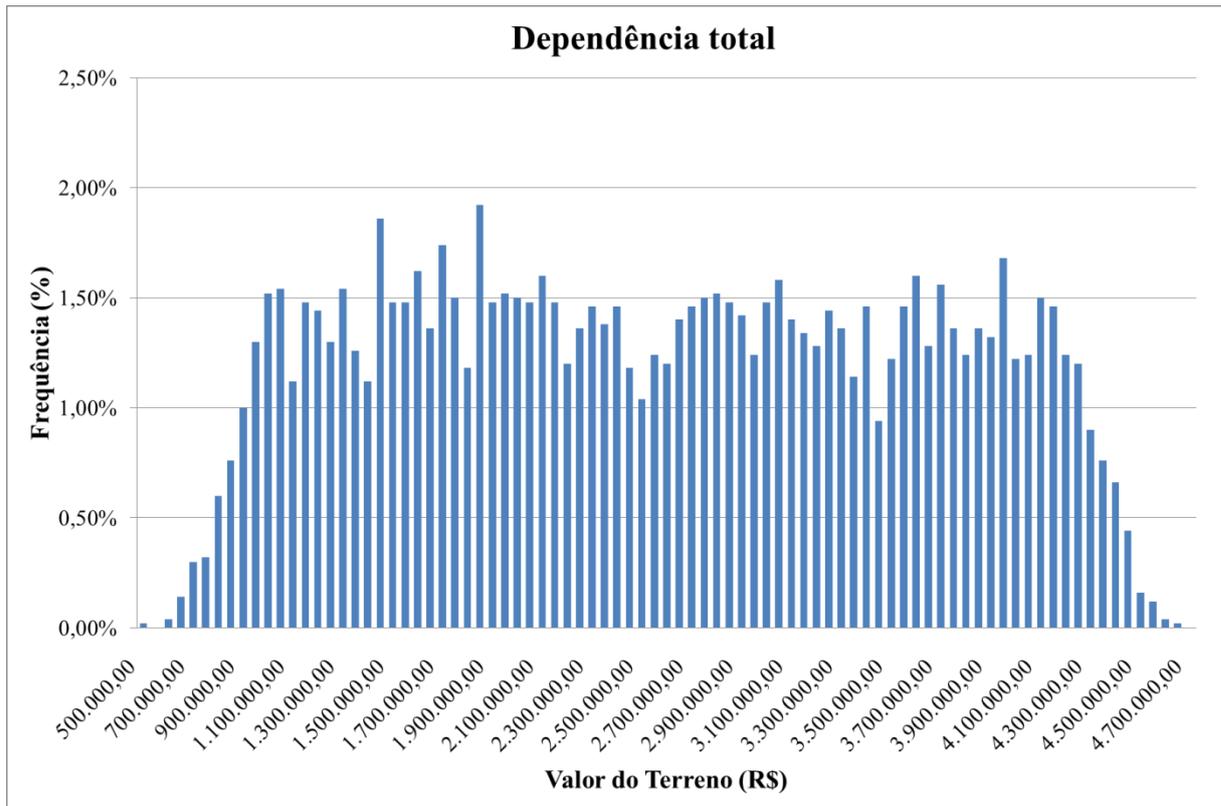
Foram realizados três tipos de simulação, com dependência total entre as variáveis, relação de dependência de 50% entre elas e independência total das mesmas. Para cada um dos casos foram feitas 5.000 simulações e, em todas elas, as variáveis têm igual probabilidade de assumir qualquer valor dentro da faixa admissível entre a sua situação otimista e pessimista, por isso a simulação é com distribuição contínua. De acordo com o Teorema Central do Limite, uma variável resultada da soma de um grande número de variáveis independentes e aleatórias tende a ter uma distribuição normal de valores (GORDON 2006) e, caso a distribuição seja normal, análises estatísticas podem ser realizadas a respeito dos resultados.

5.4.1 Dependência total

Na dependência total, todas variáveis puderam assumir qualquer valor dentro da faixa admissível e de forma aleatória, porém com 100% de dependência entre elas, de modo que quando uma variável assume um valor dentro da sua faixa de valores admissíveis, as outras também assumirão um valor de igual proporcionalidade dentro de seus limites admissíveis de valores. Exemplificando, se uma variável assume seu valor máximo otimista, as outras também assumirão seu valor máximo otimista.

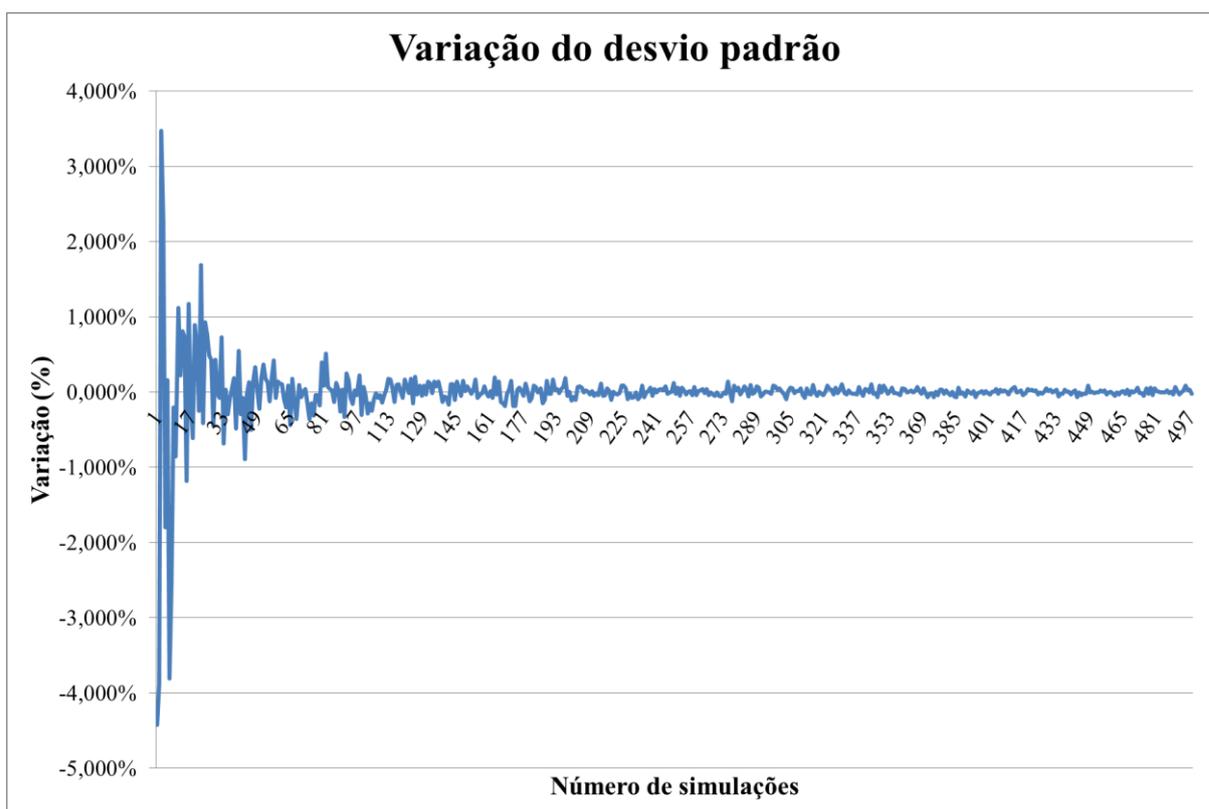
Os resultados de VPL alcançados podem ser vistos no gráfico na Figura 25 a seguir:

Figura 25 – Simulação com dependência total entre variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado e não há tendenciosidade nos valores foi calculada a variação do desvio padrão dos valores a cada 10 simulações, cumulativamente. Ou seja, primeiramente obteve-se o desvio padrão dos 10 primeiros VPL gerados por simulações e comparou-se com o desvio padrão dos 20 primeiros VPL gerados. Esse procedimento é realizado até que a diferença entre os desvios padrão apresente uma diferença constante, denotando que o número de simulações realizado já é suficiente e não apresenta mais uma grande variação de valores. O resultado desse cálculo está ilustrado na Figura 26 a seguir:

Figura 26 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com dependência total



A variação do desvio padrão apresenta-se bastante uniforme no valor de 500 no eixo X, que representa o 500º grupo tomado de 10 simulações de forma cumulativa, ou seja, considerando 5.000 simulações. Dessa forma, considera-se que 5.000 simulações foram suficientes na obtenção da distribuição de valores de VPL. Os resultados são vistos na Tabela 40:

Tabela 40 – Dependência total das variáveis - estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.548.899,89
Desvio padrão =	1.034.877,54
Mínimo =	450.090,75
Q1 =	1.659.419,31
Q2 (mediana)=	2.537.313,12
Q3 =	3.450.641,87
Máximo =	4.603.423,46
Amplitude =	4.153.332,70
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.548.899,89, com desvio padrão de R\$1.034.877,54, o qual se mostra bastante elevado, denotando uma grande variabilidade de valores.

Na Tabela 41 a seguir podem-se observar os valores alcançados e suas distribuições:

Tabela 41 – Dependência total das variáveis

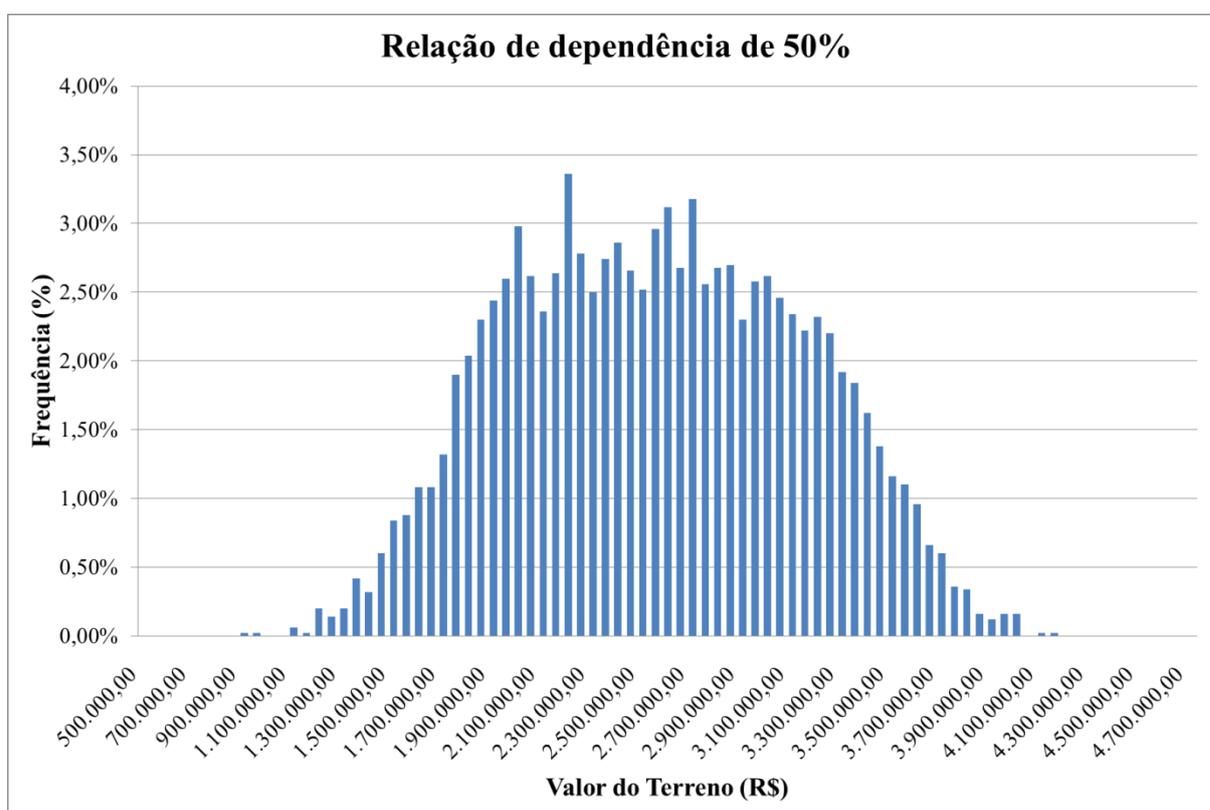
Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
500.000,00	1	0%	1	0,02%
550.000,00	1	0%	0	0,00%
600.000,00	3	0%	2	0,04%
650.000,00	10	0%	7	0,14%
700.000,00	25	1%	15	0,30%
750.000,00	41	1%	16	0,32%
800.000,00	71	1%	30	0,60%
850.000,00	109	2%	38	0,76%
900.000,00	159	3%	50	1,00%
950.000,00	224	4%	65	1,30%
1.000.000,00	300	6%	76	1,52%
1.050.000,00	377	8%	77	1,54%
1.100.000,00	433	9%	56	1,12%
1.150.000,00	507	10%	74	1,48%
1.200.000,00	579	12%	72	1,44%
1.250.000,00	644	13%	65	1,30%
1.300.000,00	721	14%	77	1,54%
1.350.000,00	784	16%	63	1,26%
1.400.000,00	840	17%	56	1,12%
1.450.000,00	933	19%	93	1,86%
1.500.000,00	1007	20%	74	1,48%
1.550.000,00	1081	22%	74	1,48%
1.600.000,00	1162	23%	81	1,62%
1.650.000,00	1230	25%	68	1,36%
1.700.000,00	1317	26%	87	1,74%
1.750.000,00	1392	28%	75	1,50%
1.800.000,00	1451	29%	59	1,18%
1.850.000,00	1547	31%	96	1,92%
1.900.000,00	1621	32%	74	1,48%
1.950.000,00	1697	34%	76	1,52%
2.000.000,00	1772	35%	75	1,50%
2.050.000,00	1846	37%	74	1,48%
2.100.000,00	1926	39%	80	1,60%
2.150.000,00	2000	40%	74	1,48%
2.200.000,00	2060	41%	60	1,20%
2.250.000,00	2128	43%	68	1,36%
2.300.000,00	2201	44%	73	1,46%
2.350.000,00	2270	45%	69	1,38%
2.400.000,00	2343	47%	73	1,46%
2.450.000,00	2402	48%	59	1,18%
2.500.000,00	2454	49%	52	1,04%
2.550.000,00	2516	50%	62	1,24%
2.600.000,00	2576	52%	60	1,20%
2.650.000,00	2646	53%	70	1,40%
2.700.000,00	2719	54%	73	1,46%
2.750.000,00	2794	56%	75	1,50%
2.800.000,00	2870	57%	76	1,52%
2.850.000,00	2944	59%	74	1,48%
2.900.000,00	3015	60%	71	1,42%
2.950.000,00	3077	62%	62	1,24%
3.000.000,00	3151	63%	74	1,48%
3.050.000,00	3230	65%	79	1,58%
3.100.000,00	3300	66%	70	1,40%
3.150.000,00	3367	67%	67	1,34%
3.200.000,00	3431	69%	64	1,28%
3.250.000,00	3503	70%	72	1,44%
3.300.000,00	3571	71%	68	1,36%
3.350.000,00	3628	73%	57	1,14%
3.400.000,00	3701	74%	73	1,46%
3.450.000,00	3748	75%	47	0,94%
3.500.000,00	3809	76%	61	1,22%
3.550.000,00	3882	78%	73	1,46%
3.600.000,00	3962	79%	80	1,60%
3.650.000,00	4026	81%	64	1,28%
3.700.000,00	4104	82%	78	1,56%
3.750.000,00	4172	83%	68	1,36%
3.800.000,00	4234	85%	62	1,24%
3.850.000,00	4302	86%	68	1,36%
3.900.000,00	4368	87%	66	1,32%
3.950.000,00	4452	89%	84	1,68%
4.000.000,00	4513	90%	61	1,22%
4.050.000,00	4575	92%	62	1,24%
4.100.000,00	4650	93%	75	1,50%
4.150.000,00	4723	94%	73	1,46%
4.200.000,00	4785	96%	62	1,24%
4.250.000,00	4845	97%	60	1,20%
4.300.000,00	4890	98%	45	0,90%
4.350.000,00	4928	99%	38	0,76%
4.400.000,00	4961	99%	33	0,66%
4.450.000,00	4983	100%	22	0,44%
4.500.000,00	4991	100%	8	0,16%
4.550.000,00	4997	100%	6	0,12%
4.600.000,00	4999	100%	2	0,04%
4.650.000,00	5000	100%	1	0,02%
4.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
		Soma	5.000	100,00%

5.4.2 Relação de dependência de 50%

Para essa situação, considerou-se uma relação de dependência entre variáveis de 50%, ou seja, há ainda grande vinculação entre as variáveis. Se uma variável assume um valor na sua faixa de valores admissíveis, as outras variáveis assumirão um valor em suas faixas de valores que se distanciam em, no máximo, mais ou menos 25% do valor de igual proporcionalidade.

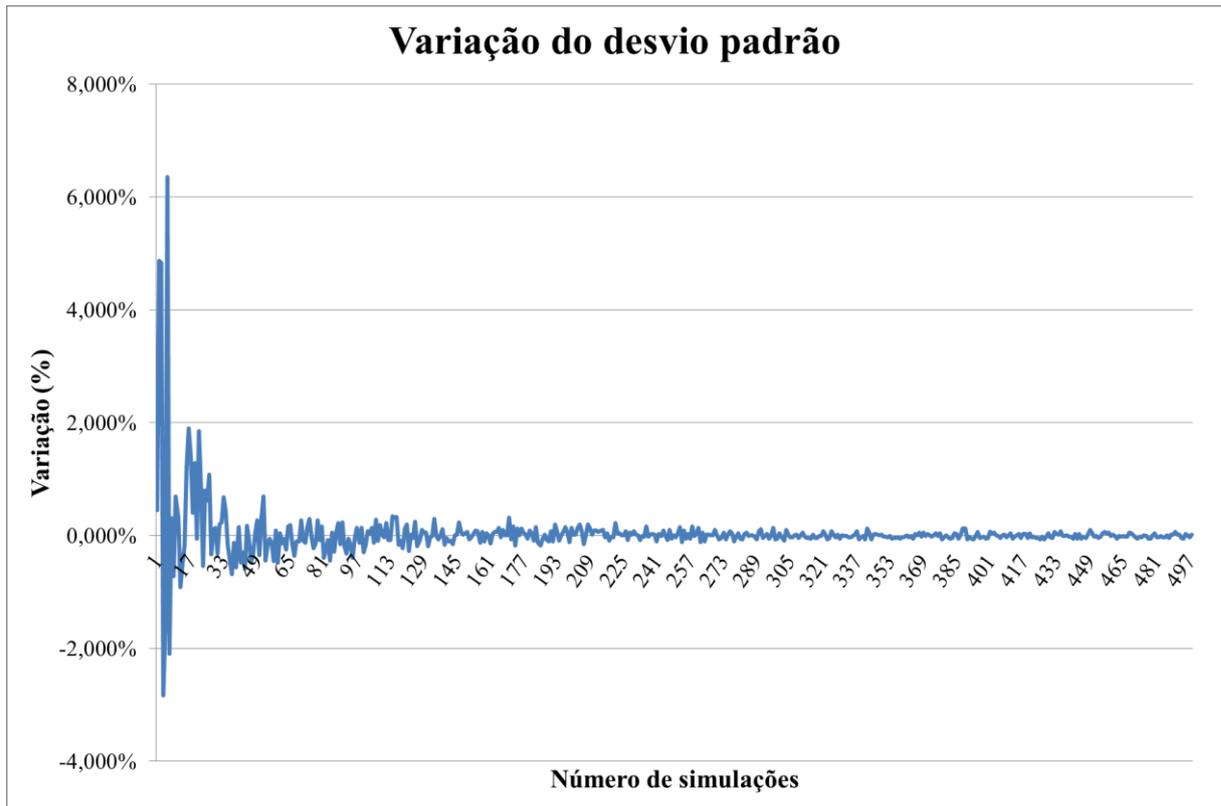
O resultado gráfico dos valores de VPL alcançados pode ser visto no gráfico da Figura 27 a seguir:

Figura 27 – Simulação com relação de dependência de 50% entre as variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão da mesma forma explicada no tópico anterior, visto na Figura 28:

Figura 28 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com independência de 50%



Como ocorreu anteriormente, a variação dos desvios padrão se mostra bastante constante em 5.000 simulações, sendo essa quantia então considerada adequada. Os resultados estatísticos são vistos na Tabela 42:

Tabela 42 – Independência d e 50% das variáveis - estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.530.526,16
Desvio padrão =	584.266,24
Mínimo =	860.974,02
Q1 =	2.070.708,41
Q2 (mediana)=	2.527.366,95
Q3 =	2.982.697,63
Máximo =	4.125.433,44
Amplitude =	3.264.459,42
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$ 2.530.526,16, com desvio padrão de R\$ 584.266,24, muito menor do que o calculado anteriormente quando havia dependência total de variáveis. Esse valor sugere que a variabilidade de valores se torna muito menor quando não se tem uma dependência forte de variáveis.

Na Tabela 43 a seguir podem-se observar os valores alcançados e suas distribuições de forma tabular:

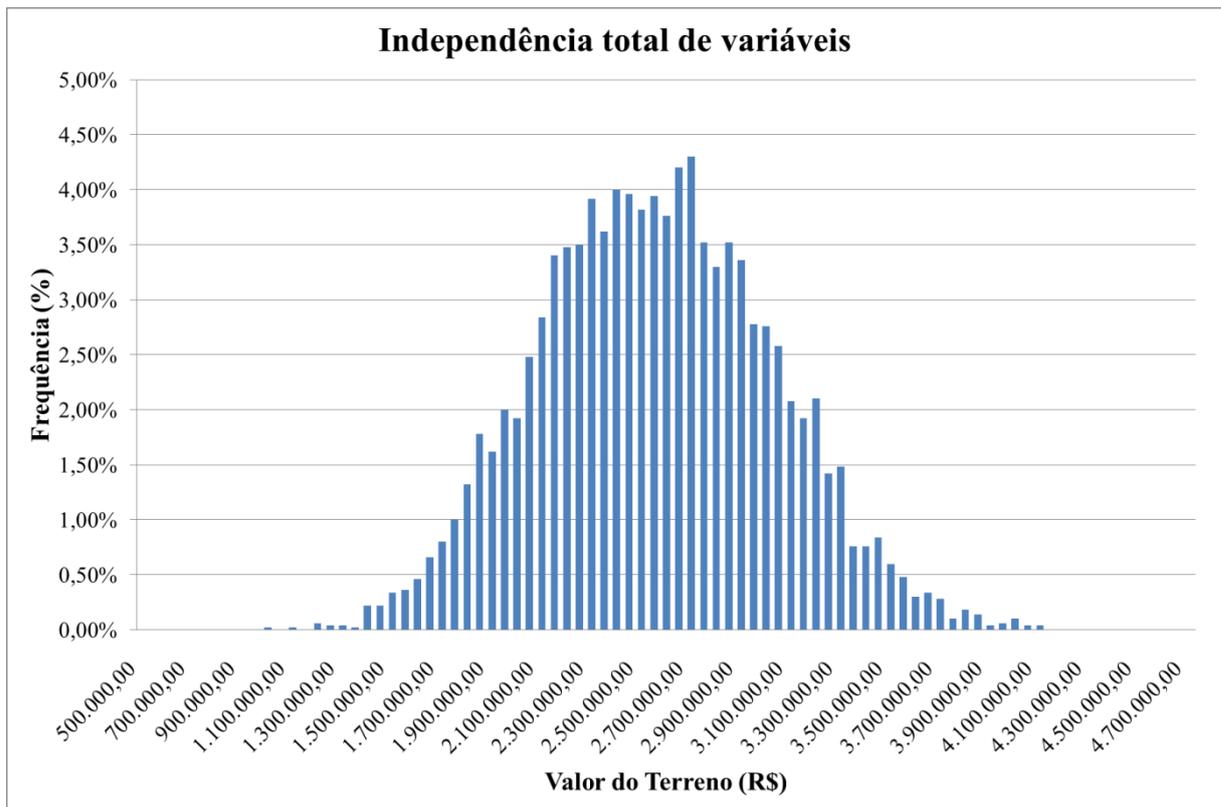
Tabela 43 – Relação de dependência de 50% variáveis

Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
500.000,00	0	0%	0	0,00%
550.000,00	0	0%	0	0,00%
600.000,00	0	0%	0	0,00%
650.000,00	0	0%	0	0,00%
700.000,00	0	0%	0	0,00%
750.000,00	0	0%	0	0,00%
800.000,00	0	0%	0	0,00%
850.000,00	0	0%	0	0,00%
900.000,00	1	0%	1	0,02%
950.000,00	2	0%	1	0,02%
1.000.000,00	2	0%	0	0,00%
1.050.000,00	2	0%	0	0,00%
1.100.000,00	5	0%	3	0,06%
1.150.000,00	6	0%	1	0,02%
1.200.000,00	16	0%	10	0,20%
1.250.000,00	23	0%	7	0,14%
1.300.000,00	33	1%	10	0,20%
1.350.000,00	54	1%	21	0,42%
1.400.000,00	70	1%	16	0,32%
1.450.000,00	100	2%	30	0,60%
1.500.000,00	142	3%	42	0,84%
1.550.000,00	186	4%	44	0,88%
1.600.000,00	240	5%	54	1,08%
1.650.000,00	294	6%	54	1,08%
1.700.000,00	360	7%	66	1,32%
1.750.000,00	455	9%	95	1,90%
1.800.000,00	557	11%	102	2,04%
1.850.000,00	672	13%	115	2,30%
1.900.000,00	794	16%	122	2,44%
1.950.000,00	924	18%	130	2,60%
2.000.000,00	1073	21%	149	2,98%
2.050.000,00	1204	24%	131	2,62%
2.100.000,00	1322	26%	118	2,36%
2.150.000,00	1454	29%	132	2,64%
2.200.000,00	1622	32%	168	3,36%
2.250.000,00	1761	35%	139	2,78%
2.300.000,00	1886	38%	125	2,50%
2.350.000,00	2023	40%	137	2,74%
2.400.000,00	2166	43%	143	2,86%
2.450.000,00	2299	46%	133	2,66%
2.500.000,00	2425	49%	126	2,52%
2.550.000,00	2573	51%	148	2,96%
2.600.000,00	2729	55%	156	3,12%
2.650.000,00	2863	57%	134	2,68%
2.700.000,00	3022	60%	159	3,18%
2.750.000,00	3150	63%	128	2,56%
2.800.000,00	3284	66%	134	2,68%
2.850.000,00	3419	68%	135	2,70%
2.900.000,00	3534	71%	115	2,30%
2.950.000,00	3663	73%	129	2,58%
3.000.000,00	3794	76%	131	2,62%
3.050.000,00	3917	78%	123	2,46%
3.100.000,00	4034	81%	117	2,34%
3.150.000,00	4145	83%	111	2,22%
3.200.000,00	4261	85%	116	2,32%
3.250.000,00	4371	87%	110	2,20%
3.300.000,00	4467	89%	96	1,92%
3.350.000,00	4559	91%	92	1,84%
3.400.000,00	4640	93%	81	1,62%
3.450.000,00	4709	94%	69	1,38%
3.500.000,00	4767	95%	58	1,16%
3.550.000,00	4822	96%	55	1,10%
3.600.000,00	4870	97%	48	0,96%
3.650.000,00	4903	98%	33	0,66%
3.700.000,00	4933	99%	30	0,60%
3.750.000,00	4951	99%	18	0,36%
3.800.000,00	4968	99%	17	0,34%
3.850.000,00	4976	100%	8	0,16%
3.900.000,00	4982	100%	6	0,12%
3.950.000,00	4990	100%	8	0,16%
4.000.000,00	4998	100%	8	0,16%
4.050.000,00	4998	100%	0	0,00%
4.100.000,00	4999	100%	1	0,02%
4.150.000,00	5000	100%	1	0,02%
4.200.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.250.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.300.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.350.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.400.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.450.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.500.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.550.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.600.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.650.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
		Soma	5.000	100,00%

5.4.3 Independência total

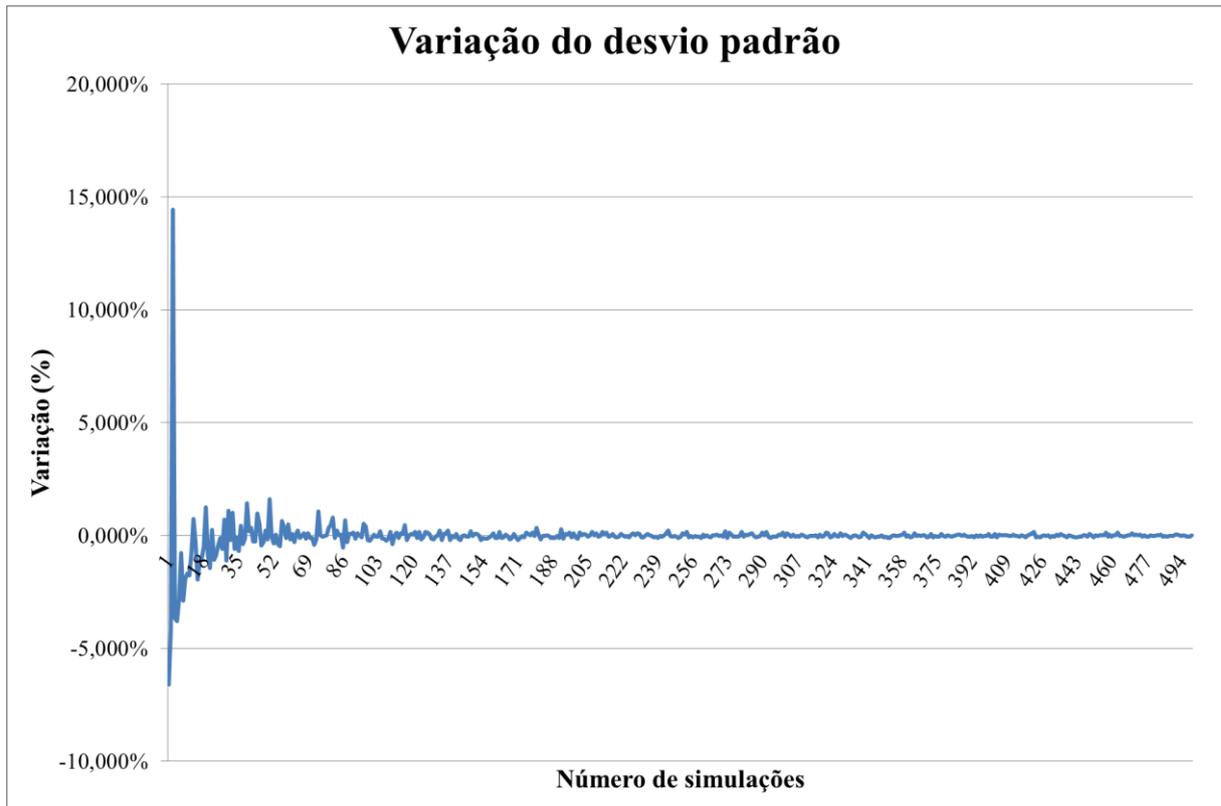
Na simulação com independência total entre as variáveis, elas podem assumir qualquer valor sem que haja qualquer vinculação entre elas. Uma variável pode então assumir sua situação otimista máxima, enquanto que outra pode assumir sua situação pessimista máxima. Os valores de VPL alcançados podem ser visualizados na Figura 29 a seguir:

Figura 29 – Simulação com independência total das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão da mesma forma explicada no tópico anterior, visto na Figura 30:

Figura 30 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com independência total



A variação dos desvios padrão se mostra constante com a realização de 5.000 simulações, sendo essa quantidade então considerada, adequada. As estatísticas são vistas na Tabela 44:

Tabela 44 – Independência total das variáveis – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.533.200,72
Desvio padrão =	470.006,83
Mínimo =	988.198,81
Q1 =	2.198.307,39
Q2 (mediana)=	2.524.417,52
Q3 =	2.856.962,02
Máximo =	4.096.669,20
Amplitude =	3.108.470,39
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$ 2.533.200,79, com desvio padrão de R\$ 470.006,83, número menor do que o calculado nas duas simulações anteriores, confirmando a teoria de que a variabilidade de valores se torna menor quando não se tem uma dependência forte de variáveis.

Na Tabela 45 a seguir podem-se observar os valores alcançados e suas distribuições de forma tabular:

Tabela 45 – Independência total das variáveis

Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
500.000,00	0	0%	0	0,00%
550.000,00	0	0%	0	0,00%
600.000,00	0	0%	0	0,00%
650.000,00	0	0%	0	0,00%
700.000,00	0	0%	0	0,00%
750.000,00	0	0%	0	0,00%
800.000,00	0	0%	0	0,00%
850.000,00	0	0%	0	0,00%
900.000,00	0	0%	0	0,00%
950.000,00	0	0%	0	0,00%
1.000.000,00	1	0%	1	0,02%
1.050.000,00	1	0%	0	0,00%
1.100.000,00	2	0%	1	0,02%
1.150.000,00	2	0%	0	0,00%
1.200.000,00	5	0%	3	0,06%
1.250.000,00	7	0%	2	0,04%
1.300.000,00	9	0%	2	0,04%
1.350.000,00	10	0%	1	0,02%
1.400.000,00	21	0%	11	0,22%
1.450.000,00	32	1%	11	0,22%
1.500.000,00	49	1%	17	0,34%
1.550.000,00	67	1%	18	0,36%
1.600.000,00	90	2%	23	0,46%
1.650.000,00	123	2%	33	0,66%
1.700.000,00	163	3%	40	0,80%
1.750.000,00	213	4%	50	1,00%
1.800.000,00	279	6%	66	1,32%
1.850.000,00	368	7%	89	1,78%
1.900.000,00	449	9%	81	1,62%
1.950.000,00	549	11%	100	2,00%
2.000.000,00	645	13%	96	1,92%
2.050.000,00	769	15%	124	2,48%
2.100.000,00	911	18%	142	2,84%
2.150.000,00	1081	22%	170	3,40%
2.200.000,00	1255	25%	174	3,48%
2.250.000,00	1430	29%	175	3,50%
2.300.000,00	1626	33%	196	3,92%
2.350.000,00	1807	36%	181	3,62%
2.400.000,00	2007	40%	200	4,00%
2.450.000,00	2205	44%	198	3,96%
2.500.000,00	2396	48%	191	3,82%
2.550.000,00	2593	52%	197	3,94%
2.600.000,00	2781	56%	188	3,76%
2.650.000,00	2991	60%	210	4,20%
2.700.000,00	3206	64%	215	4,30%
2.750.000,00	3382	68%	176	3,52%
2.800.000,00	3547	71%	165	3,30%
2.850.000,00	3723	74%	176	3,52%
2.900.000,00	3891	78%	168	3,36%
2.950.000,00	4030	81%	139	2,78%
3.000.000,00	4168	83%	138	2,76%
3.050.000,00	4297	86%	129	2,58%
3.100.000,00	4401	88%	104	2,08%
3.150.000,00	4497	90%	96	1,92%
3.200.000,00	4602	92%	105	2,10%
3.250.000,00	4673	93%	71	1,42%
3.300.000,00	4747	95%	74	1,48%
3.350.000,00	4785	96%	38	0,76%
3.400.000,00	4823	96%	38	0,76%
3.450.000,00	4865	97%	42	0,84%
3.500.000,00	4895	98%	30	0,60%
3.550.000,00	4919	98%	24	0,48%
3.600.000,00	4934	99%	15	0,30%
3.650.000,00	4951	99%	17	0,34%
3.700.000,00	4965	99%	14	0,28%
3.750.000,00	4970	99%	5	0,10%
3.800.000,00	4979	100%	9	0,18%
3.850.000,00	4986	100%	7	0,14%
3.900.000,00	4988	100%	2	0,04%
3.950.000,00	4991	100%	3	0,06%
4.000.000,00	4996	100%	5	0,10%
4.050.000,00	4998	100%	2	0,04%
4.100.000,00	5000	100%	2	0,04%
4.150.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.200.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.250.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.300.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.350.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.400.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.450.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.500.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.550.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.600.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.650.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
		Soma	5.000	100,00%

5.4.4 Equivalência das médias das variações pelo teste-t

Busca-se saber se as médias das distribuições, apesar de apresentarem desvios padrões e amostragens distintas, são equivalentes umas em relação às outras, ou seja, se apontam para um mesmo valor médio. Para tanto, realizou-se o teste-t para equivalência das médias que possuam variâncias diferentes, como pode ser visto na Tabela 46 a seguir:

Tabela 46 – Teste-t das médias para médias geradas por simulações com distribuição uniforme

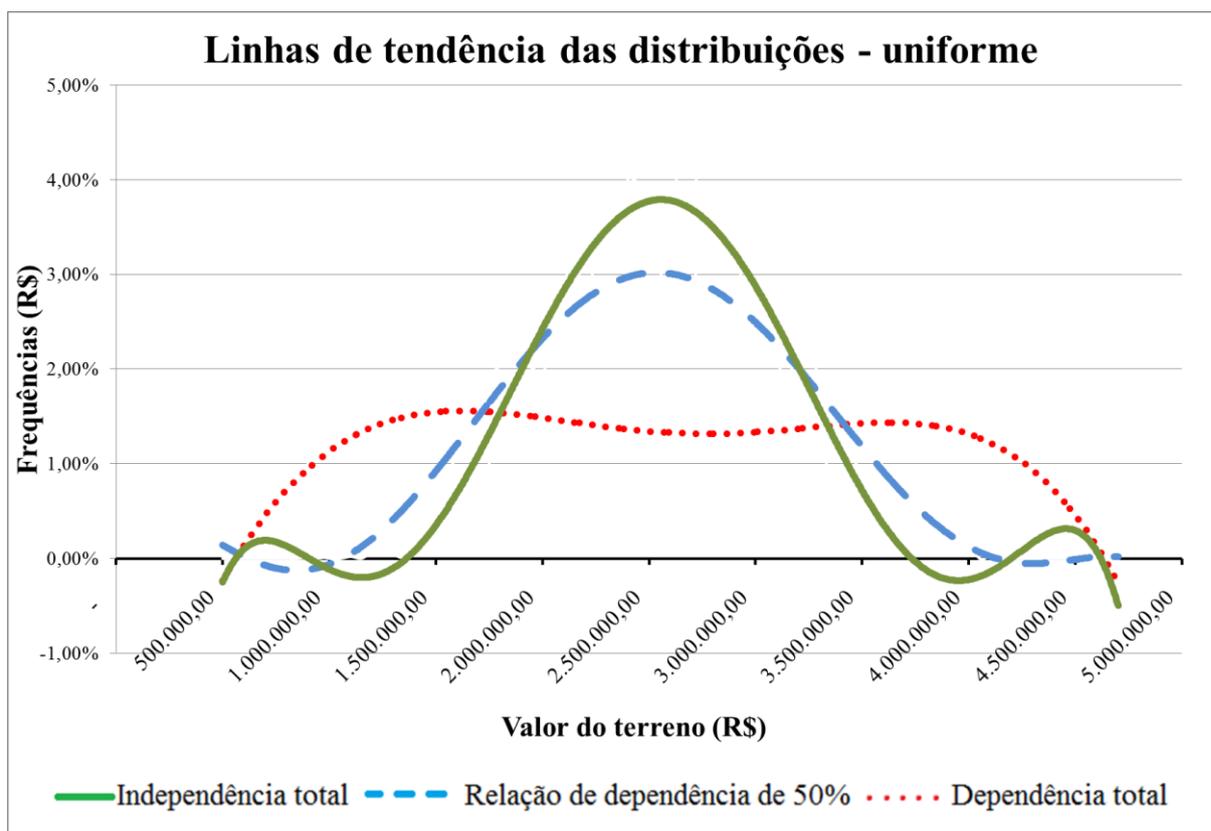
Teste-t das médias					
Independência total e	Média (R\$)	Variância (R\$)	P-valor	Resultado t	t crítico bicaudal
Dependência total	2.548.899,89	1.070.971.531.336,07	32,876%	0,977	1,960
Relação de dependência de 50%	2.530.526,16	341.367.034.048,87	80,088%	-0,252	1,960

Foram feitos dois testes-t, entre a distribuição com independência total e as outras duas distribuições. Como os dois testes retornaram que as distribuições são equivalentes entre si, pode-se assumir que todas são equivalentes entre si.

5.4.5 Linhas de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme

Abaixo, na Figura 31, podem ser visualizadas as linhas de tendência das distribuições apresentadas. Nota-se que, quanto menor a relação de dependência entre as variáveis, mais a curva se parece com a da distribuição normal.

Figura 31 – Linha de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme



5.4.6 Normalidade das simulações pelo teste Qui-Quadrado

O teste do Qui-Quadrado objetiva saber se há aderência dos valores obtidos com os esperados, ou seja, se as distribuições obtidas por meio das simulações possuem distribuição normal. Os resultados dos testes Qui-Quadrado para cada simulação pode ser acompanhado na Tabela 47:

Tabela 47 – Teste Qui-Quadrado das simulações com distribuição uniforme

Normalidade das distribuições pelo teste do Qui-quadrado					
Distribuições de variáveis	X ² calculado	X ² para significância de 5,0%	Chance de erro ao rejeitar H0	Significância	Distribuição é normal
Dependência total	258,541	22,362	0,000%	5,000%	Não
Relação de dependência de 50%	104,501	22,362	0,000%	5,000%	Não
Independência total	17,472	22,362	17,863%	5,000%	Sim

Apenas a simulação realizada com variáveis em independência total entre si apresentou distribuição normal pelo teste do Qui-Quadrado, resultado esse de acordo com o Teorema Central do Limite, o qual preconiza que as variáveis, além de aleatórias, precisam ser independentes para possuírem distribuição normal. Além disso, os resultados mostram-se em concordância com o teorema, pois as variáveis independentes, identicamente distribuídas e aleatórias tendem a distribuição normal quando as observações tendem ao infinito. Percebe-se que, a medida que as variáveis ficam mais dependentes umas das outras, menor é a relação que o diagrama resultante tem com a distribuição normal.

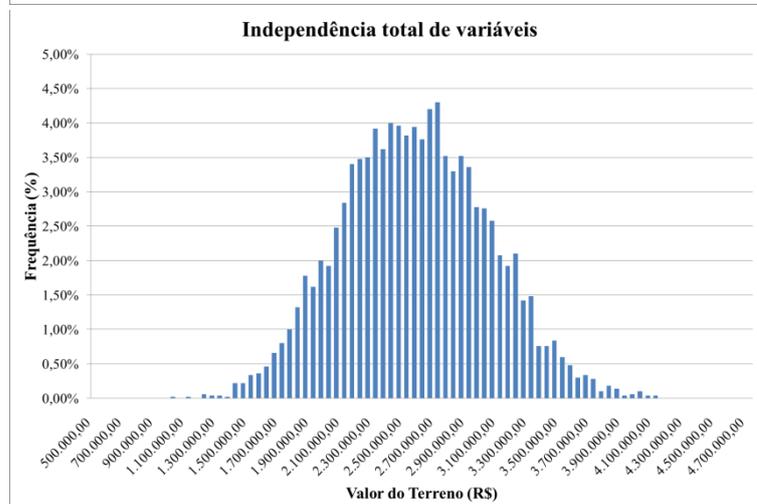
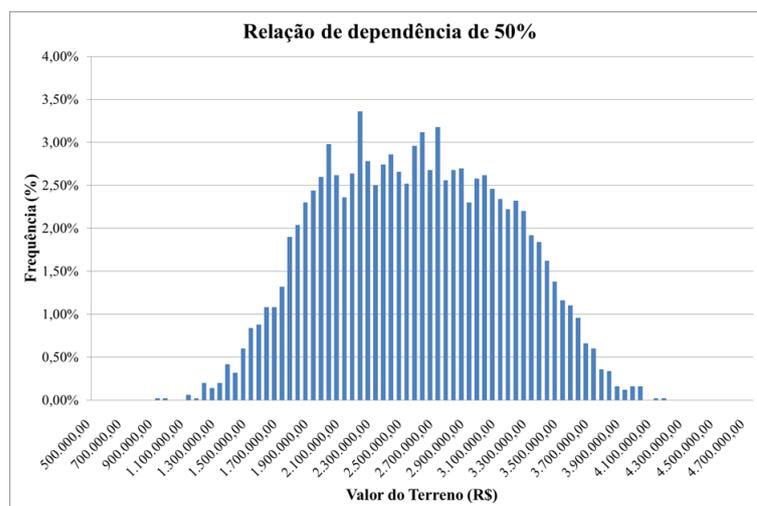
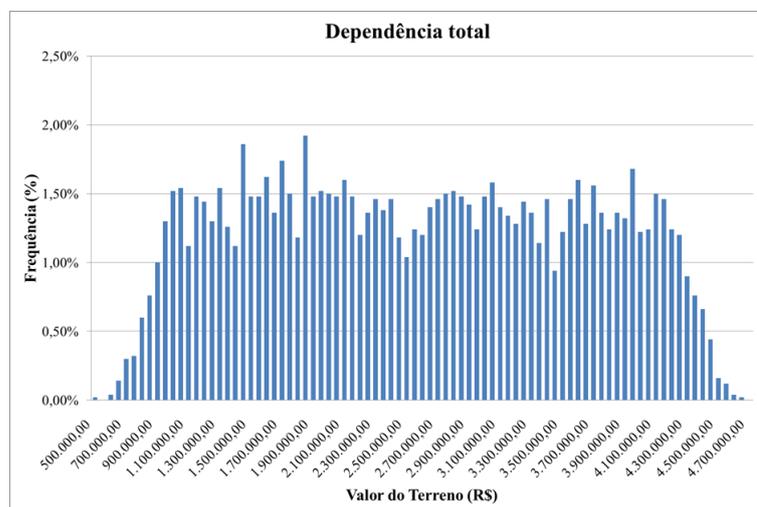
Pode-se concluir dessa forma para a simulação com independência total, por possuir distribuição normal, que 68% dos valores estão compreendidos entre R\$2.063.193,89 e R\$ 3.003.207,55, além de que 95% dos valores estão compreendidos entre R\$ 1.593.187,06 e R\$ 3.473.214,37.

Adiciona-se ainda que, para três desvios padrões tem-se 99% de valores, o que resulta em valores entre R\$ 1.123.180,23 e R\$ 3.943.221,20. Comparando-se com os valores gerados na análise de cenários, de R\$ 199.715,11 e R\$ 4.853.356,00, percebe-se que os valores extremos são muito improváveis de ocorrer.

5.5 RESUMO DAS SIMULAÇÕES COM DISTRIBUIÇÃO UNIFORME

Abaixo, na Figura 32, estão apresentadas as três distribuições geradas por simulação de Monte Carlo para melhor visualização:

Figura 32 – Todas as simulações com distribuição uniforme



A seguir, na Tabela 48, pode ser vista também a tabela resumo com os resultados estatísticos das simulações realizadas:

Tabela 48 – Tabela com todas as simulações com distribuição

Estatística descritiva			
	Dependência total	Relação de dependência de 50%	Independência total
Normal	Não	Sim	Sim
VPL Médio =	2.548.899,89	2.530.526,16	2.533.200,72
Desvio padrão =	1.034.877,54	584.266,24	470.006,83
Mínimo =	450.090,75	860.974,02	988.198,81
Q1 =	1.659.419,31	2.070.708,41	2.198.307,39
Q2 (mediana)=	2.537.313,12	2.527.366,95	2.524.417,52
Q3 =	3.450.641,87	2.982.697,63	2.856.962,02
Máximo =	4.603.423,46	4.125.433,44	4.096.669,20
Amplitude =	4.153.332,70	3.264.459,42	3.108.470,39
n =	5.000,00	5.000,00	5.000,00

Como visto anteriormente, os desvios padrão das distribuições diminuem quanto maior a independência entre as variáveis.

5.6 SIMULAÇÃO DAS VARIÁVEIS POR DISTRIBUIÇÃO BETA

Pretende-se também nesse capítulo estudar a probabilidade dos valores de VPL por meio das simulações de Monte Carlo. Também serão considerados os três tipos de dependência: total, relação de dependência de 50% e independência total entre variáveis, sendo realizadas 5.000 simulações para cada tipo. A diferença para essa simulação é que ela utiliza a distribuição beta: as variáveis assumem valores aleatórios dentro de suas faixas limite, mas não mais com a mesma probabilidade de ocorrência – as variáveis possuem uma probabilidade menor de assumirem valores extremos.

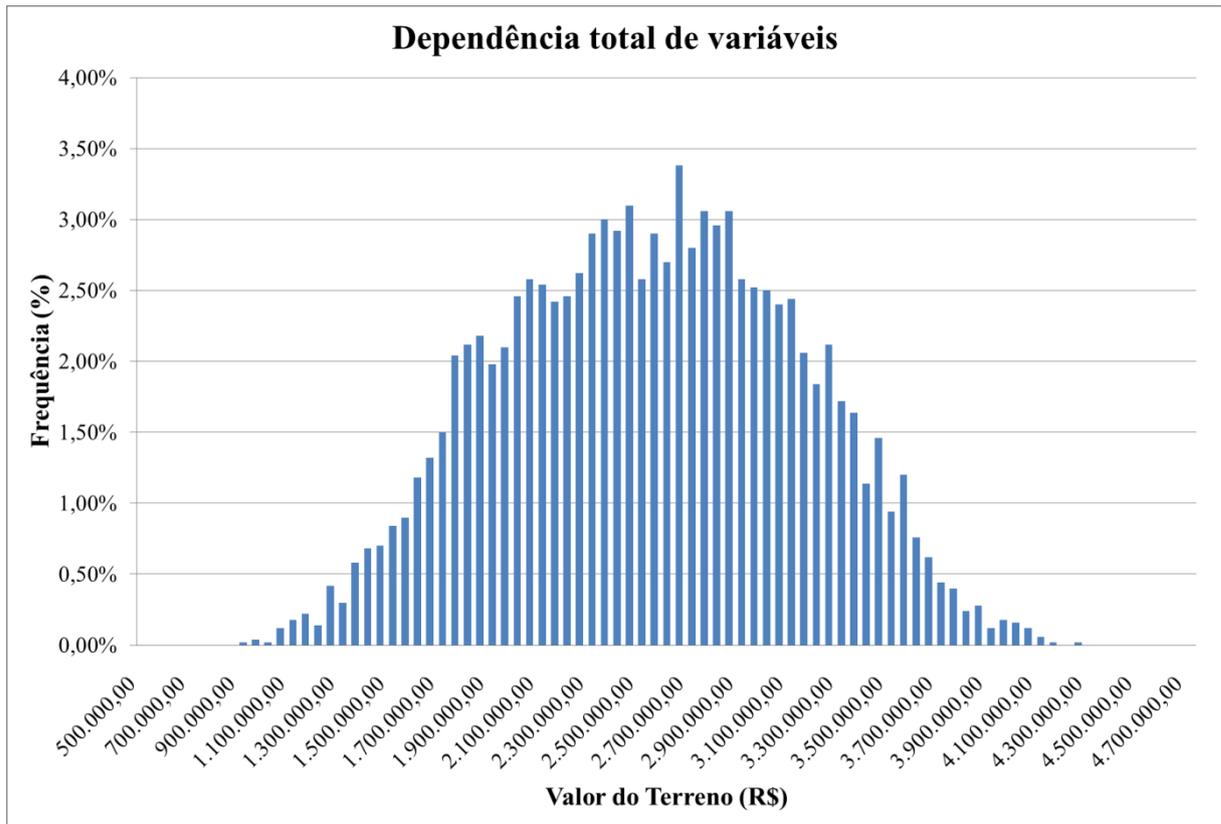
Considerou-se a distribuição Beta nesse estudo, pois a distribuição uniforme considera que valores extremos possuem a mesma probabilidade de ocorrência que valores centrais, situação essa que dificilmente ocorre na realidade.

5.6.1 Dependência total

Na dependência total, todas variáveis puderam assumir qualquer valor dentro da faixa admissível e de forma aleatória, porém com 100% de dependência entre elas, de modo que quando uma variável assume um valor dentro da sua faixa de valores admissíveis, as outras também assumirão um valor de igual proporcionalidade dentro de seus limites admissíveis de valores. Exemplificando, se uma variável assume seu valor máximo otimista, as outras também assumirão seu valor máximo otimista.

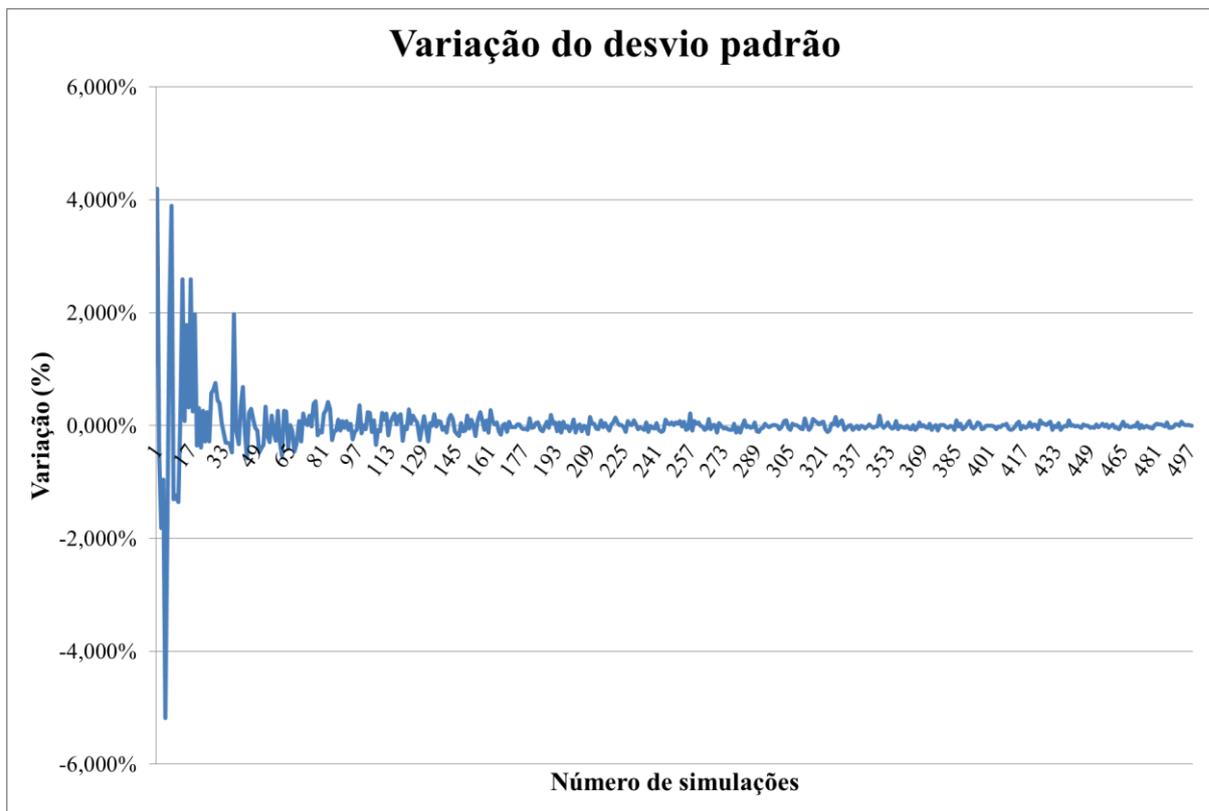
Os resultados de VPL alcançados podem ser vistos no gráfico da Figura 33 a seguir:

Figura 33 – Simulação com distribuição Beta com dependência total das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão da mesma forma explicada no tópico anterior, visto na Figura 34:

Figura 34 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com dependência total - com distribuição Beta



A variação dos desvios padrão se mostra constante com a realização de 5.000 simulações, sendo essa quantia considerada, portanto, adequada. As estatísticas podem ser vistas na Tabela 49:

Tabela 49 – Dependência total das variáveis – distribuição Beta – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.507.238,69
Desvio padrão =	596.323,78
Mínimo =	853.801,71
Q1 =	2.057.169,81
Q2 (mediana)=	2.512.878,86
Q3 =	2.948.417,66
Máximo =	4.204.328,02
Amplitude =	3.350.526,31
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.507.238,69, com desvio padrão de R\$ 596.323,78, o qual se mostra bastante elevado, denotando uma grande variabilidade de valores.

Na Tabela 50 a seguir podem-se observar os valores alcançados e suas distribuições de forma tabular:

Tabela 50 – Dependência total das variáveis

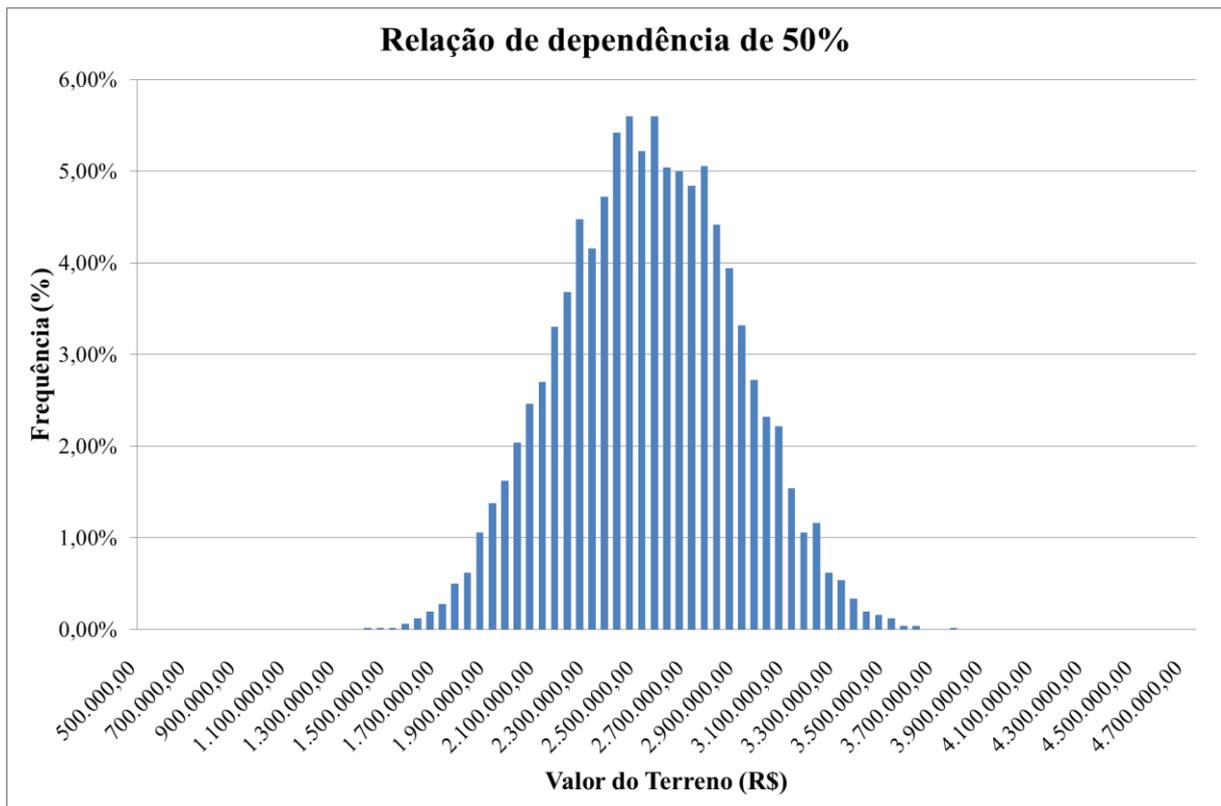
Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
500.000,00	0	0%	0	0,00%
550.000,00	0	0%	0	0,00%
600.000,00	0	0%	0	0,00%
650.000,00	0	0%	0	0,00%
700.000,00	0	0%	0	0,00%
750.000,00	0	0%	0	0,00%
800.000,00	0	0%	0	0,00%
850.000,00	0	0%	0	0,00%
900.000,00	1	0%	1	0,02%
950.000,00	3	0%	2	0,04%
1.000.000,00	4	0%	1	0,02%
1.050.000,00	10	0%	6	0,12%
1.100.000,00	19	0%	9	0,18%
1.150.000,00	30	1%	11	0,22%
1.200.000,00	37	1%	7	0,14%
1.250.000,00	58	1%	21	0,42%
1.300.000,00	73	1%	15	0,30%
1.350.000,00	102	2%	29	0,58%
1.400.000,00	136	3%	34	0,68%
1.450.000,00	171	3%	35	0,70%
1.500.000,00	213	4%	42	0,84%
1.550.000,00	258	5%	45	0,90%
1.600.000,00	317	6%	59	1,18%
1.650.000,00	383	8%	66	1,32%
1.700.000,00	458	9%	75	1,50%
1.750.000,00	560	11%	102	2,04%
1.800.000,00	666	13%	106	2,12%
1.850.000,00	775	16%	109	2,18%
1.900.000,00	874	17%	99	1,98%
1.950.000,00	979	20%	105	2,10%
2.000.000,00	1102	22%	123	2,46%
2.050.000,00	1231	25%	129	2,58%
2.100.000,00	1358	27%	127	2,54%
2.150.000,00	1479	30%	121	2,42%
2.200.000,00	1602	32%	123	2,46%
2.250.000,00	1733	35%	131	2,62%
2.300.000,00	1878	38%	145	2,90%
2.350.000,00	2028	41%	150	3,00%
2.400.000,00	2174	43%	146	2,92%
2.450.000,00	2329	47%	155	3,10%
2.500.000,00	2458	49%	129	2,58%
2.550.000,00	2603	52%	145	2,90%
2.600.000,00	2738	55%	135	2,70%
2.650.000,00	2907	58%	169	3,38%
2.700.000,00	3047	61%	140	2,80%
2.750.000,00	3200	64%	153	3,06%
2.800.000,00	3348	67%	148	2,96%
2.850.000,00	3501	70%	153	3,06%
2.900.000,00	3630	73%	129	2,58%
2.950.000,00	3756	75%	126	2,52%
3.000.000,00	3881	78%	125	2,50%
3.050.000,00	4001	80%	120	2,40%
3.100.000,00	4123	82%	122	2,44%
3.150.000,00	4226	85%	103	2,06%
3.200.000,00	4318	86%	92	1,84%
3.250.000,00	4424	88%	106	2,12%
3.300.000,00	4510	90%	86	1,72%
3.350.000,00	4592	92%	82	1,64%
3.400.000,00	4649	93%	57	1,14%
3.450.000,00	4722	94%	73	1,46%
3.500.000,00	4769	95%	47	0,94%
3.550.000,00	4829	97%	60	1,20%
3.600.000,00	4867	97%	38	0,76%
3.650.000,00	4898	98%	31	0,62%
3.700.000,00	4920	98%	22	0,44%
3.750.000,00	4940	99%	20	0,40%
3.800.000,00	4952	99%	12	0,24%
3.850.000,00	4966	99%	14	0,28%
3.900.000,00	4972	99%	6	0,12%
3.950.000,00	4981	100%	9	0,18%
4.000.000,00	4989	100%	8	0,16%
4.050.000,00	4995	100%	6	0,12%
4.100.000,00	4998	100%	3	0,06%
4.150.000,00	4999	100%	1	0,02%
4.200.000,00	4999	100%	0	0,00%
4.250.000,00	5000	100%	1	0,02%
4.300.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.350.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.400.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.450.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.500.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.550.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.600.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.650.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
		Soma	5.000	100,00%

5.6.2 Relação de dependência de 50% entre variáveis

Para essa situação, considerou-se uma relação de dependência entre variáveis de 50% da mesma forma como foi considerado no tópico 5.4.2.

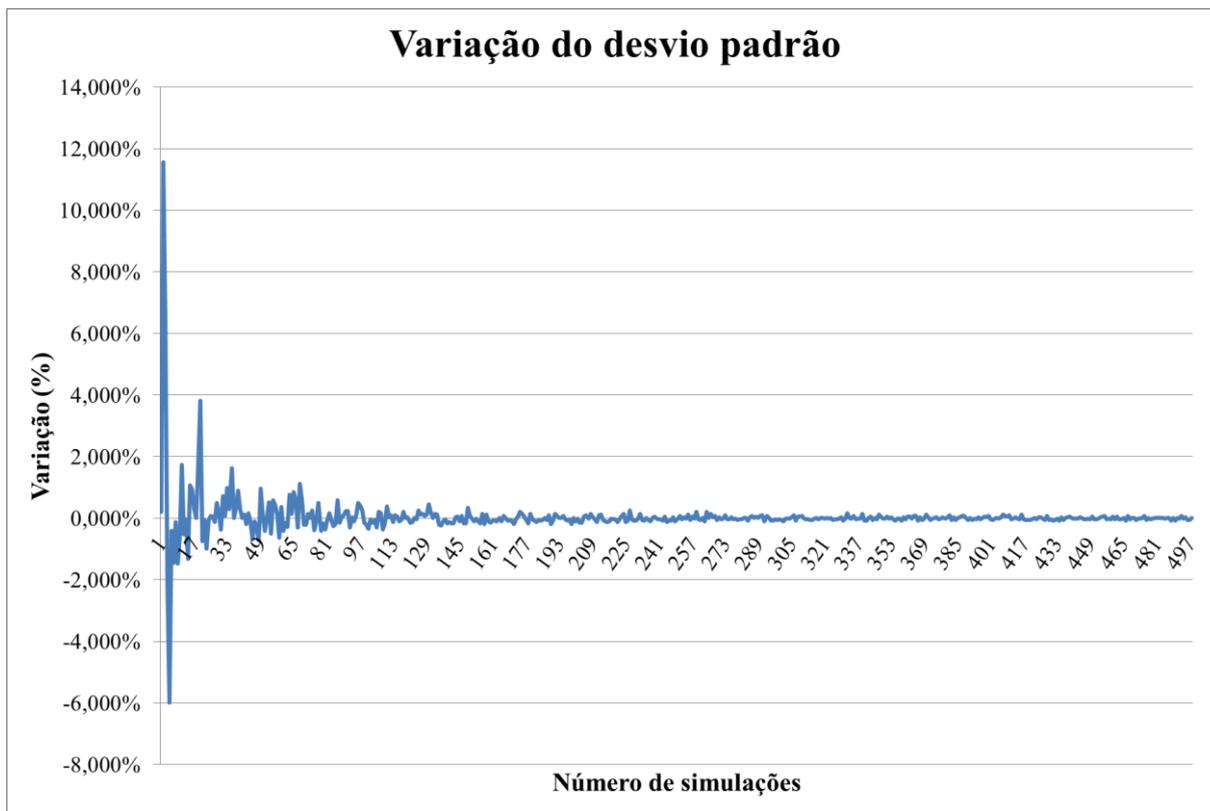
O resultado gráfico dos valores de VPL alcançados pode ser vistos no gráfico da Figura 35 a seguir:

Figura 35 – Simulação com distribuição Beta com independência de 50% das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão feito anteriormente, visto na Figura 36:

Figura 36 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com relação de dependência de 50% com distribuição Beta



A variação dos desvios padrão se mostra constante em 5.000 simulações. Considera-se essa quantidade então adequada. As estatísticas podem ser visualizadas na Tabela 51:

Tabela 51 – Estatística da relação de dependência de 50% com distribuição Beta

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.502.870,99
Desvio padrão =	349.869,96
Mínimo =	1.397.545,96
Q1 =	2.255.087,41
Q2 (mediana)=	2.502.434,96
Q3 =	2.748.406,23
Máximo =	3.704.240,90
Amplitude =	2.306.694,93
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.502.870,99, com desvio padrão de R\$ 349.869,96, muito menor do que o calculado anteriormente quando havia dependência total de variáveis. Esse valor sugere que a variabilidade de valores se torna muito menor quando não se tem uma dependência forte de variáveis.

Na Tabela 52 a seguir podem-se observar os valores alcançados e suas distribuições de forma tabular:

Tabela 52 – Relação de dependência de 50% variáveis

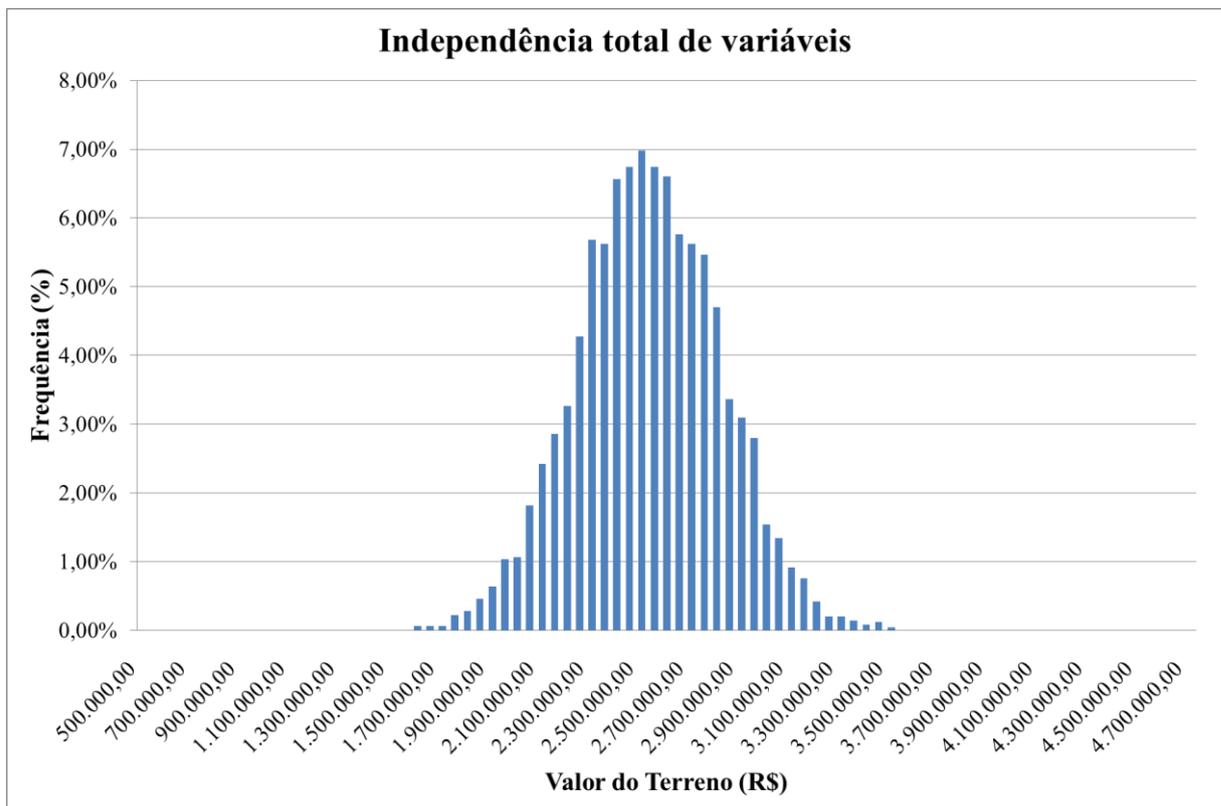
Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
500.000,00	0	0%	0	0,00%
550.000,00	0	0%	0	0,00%
600.000,00	0	0%	0	0,00%
650.000,00	0	0%	0	0,00%
700.000,00	0	0%	0	0,00%
750.000,00	0	0%	0	0,00%
800.000,00	0	0%	0	0,00%
850.000,00	0	0%	0	0,00%
900.000,00	0	0%	0	0,00%
950.000,00	0	0%	0	0,00%
1.000.000,00	0	0%	0	0,00%
1.050.000,00	0	0%	0	0,00%
1.100.000,00	0	0%	0	0,00%
1.150.000,00	0	0%	0	0,00%
1.200.000,00	0	0%	0	0,00%
1.250.000,00	0	0%	0	0,00%
1.300.000,00	0	0%	0	0,00%
1.350.000,00	0	0%	0	0,00%
1.400.000,00	1	0%	1	0,02%
1.450.000,00	2	0%	1	0,02%
1.500.000,00	3	0%	1	0,02%
1.550.000,00	6	0%	3	0,06%
1.600.000,00	12	0%	6	0,12%
1.650.000,00	22	0%	10	0,20%
1.700.000,00	36	1%	14	0,28%
1.750.000,00	61	1%	25	0,50%
1.800.000,00	92	2%	31	0,62%
1.850.000,00	145	3%	53	1,06%
1.900.000,00	214	4%	69	1,38%
1.950.000,00	295	6%	81	1,62%
2.000.000,00	397	8%	102	2,04%
2.050.000,00	520	10%	123	2,46%
2.100.000,00	655	13%	135	2,70%
2.150.000,00	820	16%	165	3,30%
2.200.000,00	1004	20%	184	3,68%
2.250.000,00	1228	25%	224	4,48%
2.300.000,00	1436	29%	208	4,16%
2.350.000,00	1672	33%	236	4,72%
2.400.000,00	1943	39%	271	5,42%
2.450.000,00	2223	44%	280	5,60%
2.500.000,00	2484	50%	261	5,22%
2.550.000,00	2764	55%	280	5,60%
2.600.000,00	3016	60%	252	5,04%
2.650.000,00	3266	65%	250	5,00%
2.700.000,00	3508	70%	242	4,84%
2.750.000,00	3761	75%	253	5,06%
2.800.000,00	3982	80%	221	4,42%
2.850.000,00	4179	84%	197	3,94%
2.900.000,00	4345	87%	166	3,32%
2.950.000,00	4481	90%	136	2,72%
3.000.000,00	4597	92%	116	2,32%
3.050.000,00	4708	94%	111	2,22%
3.100.000,00	4785	96%	77	1,54%
3.150.000,00	4838	97%	53	1,06%
3.200.000,00	4896	98%	58	1,16%
3.250.000,00	4927	99%	31	0,62%
3.300.000,00	4954	99%	27	0,54%
3.350.000,00	4971	99%	17	0,34%
3.400.000,00	4981	100%	10	0,20%
3.450.000,00	4989	100%	8	0,16%
3.500.000,00	4995	100%	6	0,12%
3.550.000,00	4997	100%	2	0,04%
3.600.000,00	4999	100%	2	0,04%
3.650.000,00	4999	100%	0	0,00%
3.700.000,00	4999	100%	0	0,00%
3.750.000,00	5000	100%	1	0,02%
3.800.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.850.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.900.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.950.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.000.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.050.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.100.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.150.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.200.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.250.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.300.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.350.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.400.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.450.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.500.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.550.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.600.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.650.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
		Soma	5.000	100,00%

5.6.3 Independência total

Da mesma forma como no tópico 5.4.3, na simulação com independência total entre as variáveis, elas podem assumir qualquer valor sem que haja qualquer vinculação entre elas. Uma variável pode então assumir sua situação otimista máxima, enquanto que outra pode assumir sua situação pessimista máxima.

Os valores de VPL alcançados podem ser visualizados na Figura 37 a seguir:

Figura 37 – Simulação com distribuição Beta com independência total das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão como ele tem sido feito até agora, visto na Figura 38:

Figura 38 – Variação cumulativa dos desvios padrões para simulação com independência total - com distribuição Beta



A variação dos desvios padrão se mostra constante com a realização de 5.000 simulações. Esse número é então adequado. As estatísticas são vistas na Tabela 53:

Tabela 53 – Independência total das variáveis – distribuição Beta – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.503.592,23
Desvio padrão =	287.737,16
Mínimo =	1.559.964,64
Q1 =	2.307.828,00
Q2 (mediana)=	2.498.866,95
Q3 =	2.701.930,39
Máximo =	3.472.368,52
Amplitude =	1.912.403,88
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.503.592,23, com desvio padrão de R\$ 287.737,16, número menor do que o calculado nas duas simulações anteriores, confirmando novamente a teoria de que a variabilidade de valores se torna menor quando não se tem uma dependência forte de variáveis.

Na Tabela 54 a seguir podem-se observar os valores alcançados e suas distribuições de forma tabular:

Tabela 54 – Independência total das variáveis – distribuição Beta

Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
500.000,00	0	0%	0	0,00%
550.000,00	0	0%	0	0,00%
600.000,00	0	0%	0	0,00%
650.000,00	0	0%	0	0,00%
700.000,00	0	0%	0	0,00%
750.000,00	0	0%	0	0,00%
800.000,00	0	0%	0	0,00%
850.000,00	0	0%	0	0,00%
900.000,00	0	0%	0	0,00%
950.000,00	0	0%	0	0,00%
1.000.000,00	0	0%	0	0,00%
1.050.000,00	0	0%	0	0,00%
1.100.000,00	0	0%	0	0,00%
1.150.000,00	0	0%	0	0,00%
1.200.000,00	0	0%	0	0,00%
1.250.000,00	0	0%	0	0,00%
1.300.000,00	0	0%	0	0,00%
1.350.000,00	0	0%	0	0,00%
1.400.000,00	0	0%	0	0,00%
1.450.000,00	0	0%	0	0,00%
1.500.000,00	0	0%	0	0,00%
1.550.000,00	0	0%	0	0,00%
1.600.000,00	3	0%	3	0,06%
1.650.000,00	6	0%	3	0,06%
1.700.000,00	9	0%	3	0,06%
1.750.000,00	20	0%	11	0,22%
1.800.000,00	34	1%	14	0,28%
1.850.000,00	57	1%	23	0,46%
1.900.000,00	89	2%	32	0,64%
1.950.000,00	141	3%	52	1,04%
2.000.000,00	194	4%	53	1,06%
2.050.000,00	285	6%	91	1,82%
2.100.000,00	406	8%	121	2,42%
2.150.000,00	549	11%	143	2,86%
2.200.000,00	712	14%	163	3,26%
2.250.000,00	926	19%	214	4,28%
2.300.000,00	1210	24%	284	5,68%
2.350.000,00	1491	30%	281	5,62%
2.400.000,00	1819	36%	328	6,56%
2.450.000,00	2156	43%	337	6,74%
2.500.000,00	2505	50%	349	6,98%
2.550.000,00	2842	57%	337	6,74%
2.600.000,00	3172	63%	330	6,60%
2.650.000,00	3460	69%	288	5,76%
2.700.000,00	3741	75%	281	5,62%
2.750.000,00	4014	80%	273	5,46%
2.800.000,00	4249	85%	235	4,70%
2.850.000,00	4417	88%	168	3,36%
2.900.000,00	4572	91%	155	3,10%
2.950.000,00	4712	94%	140	2,80%
3.000.000,00	4789	96%	77	1,54%
3.050.000,00	4856	97%	67	1,34%
3.100.000,00	4902	98%	46	0,92%
3.150.000,00	4940	99%	38	0,76%
3.200.000,00	4961	99%	21	0,42%
3.250.000,00	4971	99%	10	0,20%
3.300.000,00	4981	100%	10	0,20%
3.350.000,00	4988	100%	7	0,14%
3.400.000,00	4992	100%	4	0,08%
3.450.000,00	4998	100%	6	0,12%
3.500.000,00	5000	100%	2	0,04%
3.550.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.600.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.650.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.750.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.800.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.850.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.900.000,00	5000	100%	0	0,00%
3.950.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.000.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.050.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.100.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.150.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.200.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.250.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.300.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.350.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.400.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.450.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.500.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.550.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.600.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.650.000,00	5000	100%	0	0,00%
4.700.000,00	5000	100%	0	0,00%
		Soma	5.000	100,00%

5.6.4 Equivalência das médias das variações pela distribuição beta

Busca-se saber se as médias das distribuições, apesar de apresentarem desvios padrões e amostragens distintas, são equivalentes umas em relação às outras, ou seja, se apontam para um mesmo valor médio. Para tanto, realizou-se o teste-t para equivalência das médias que possuam variâncias diferentes, como pode ser visto na Tabela 55 a seguir:

Tabela 55 – Teste-t das médias para médias geradas por simulações com distribuição Beta

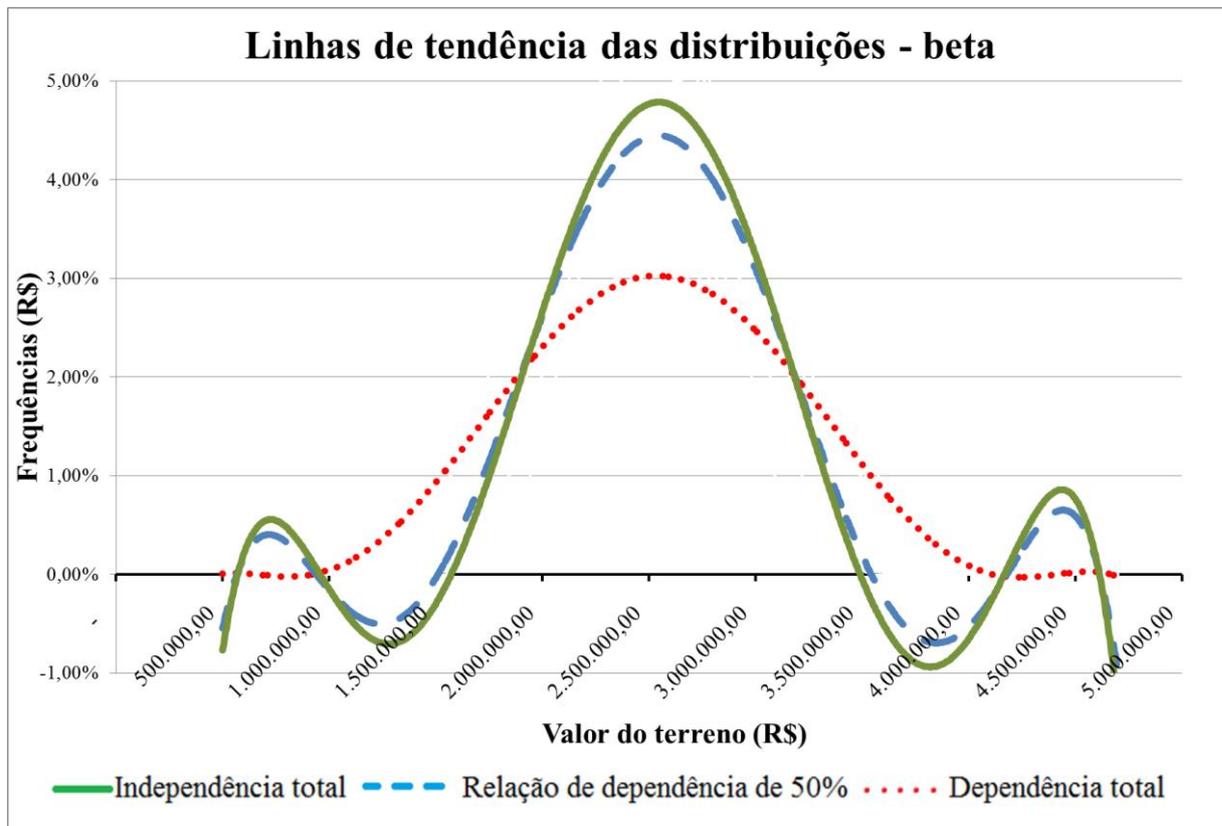
Teste-t das médias					
Independência total em relação a	Média (R\$)	Variância (R\$)	P-valor	Resultado t	t crítico bi-caudal
Dependência total	2.507.238,69	355.602.054.069,96	69,697%	0,389	1,960
Relação de dependência de 50%	2.502.870,99	122.408.985.837,07	91,036%	-0,113	1,960

Foram feitos dois testes-t, entre a distribuição com independência total e as outras duas distribuições. Como os dois testes retornaram que as distribuições são equivalentes entre si, pode-se assumir que todas são equivalentes entre si.

5.6.5 Linhas de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição Beta

Abaixo, na Figura 39, podem ser visualizadas as linhas de tendência das distribuições apresentadas. Quanto menor a relação de dependência entre as variáveis, mais a curva se parece com a da distribuição normal.

Figura 39 – Linha de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme



5.6.6 Normalidade das variações pela distribuição beta pelo teste Qui-Quadrado

O teste do Qui-Quadrado objetiva saber se há aderência dos valores obtidos com os esperados, ou seja, se os dados obtidos por meio das simulações possuem de fato distribuição normal. Os resultados do teste Qui-Quadrado para cada simulação pode ser acompanhado na Tabela 56 abaixo:

Tabela 56 – Variação do BDI do construtor - estatísticas

Normalidade das distribuições Beta pelo teste do Qui-quadrado					
Relação de dependência	X ² calculado	X ² para significância de 5,0%	Chance de erro ao rejeitar H0	Significância	Distribuição é normal
Dependência total	40,678	22,362	0,011%	5,000%	Não
Relação de dependência de 50%	16,155	22,362	24,088%	5,000%	Sim
Independência total	2,119	22,362	99,969%	5,000%	Sim

A simulação realizada com variáveis em dependência total entre si não apresentou distribuição normal pelo teste do Qui-Quadrado na simulação de Monte Carlo com distribuição Beta. Esse resultado está de acordo com o Teorema Central do Limite, o qual diz que as variáveis precisam ser aleatórias e independentes para possuírem distribuição normal.

No entanto, a simulação com variáveis com relação de dependência de 50% também passou no teste do Qui-Quadrado, mostrando que a distribuição de valores gerada na simulação possui distribuição normal. Atribui-se esse fenômeno ao fato da distribuição simétrica de Beta possuir uma forma semelhante à da curva normal, pois, como uma variável resultada da soma de outras variáveis, que possuem distribuição normal, também possui distribuição normal, a distribuição Beta possibilitou, devido à sua forma, que a distribuição final se assemelhasse com a normal, mesmo havendo ainda uma dependência entre as variáveis.

Mais uma vez nas simulações, à medida que as variáveis ficam mais dependentes umas das outras, menor é a relação que o diagrama resultante tem com a distribuição normal.

Conclui-se dessa forma que, para a simulação com independência total, por possuir distribuição normal, 68% dos valores estão compreendidos entre R\$ 2.215.855,07 e R\$ 2.791.329,39 e que 95% dos valores estão compreendidos entre R\$ 1.928.117,91 e R\$ 3.079.066,56. Para três desvios padrões tem-se 99% de valores entre R\$ 1.640.380,75 e R\$ 3.366.803,72.

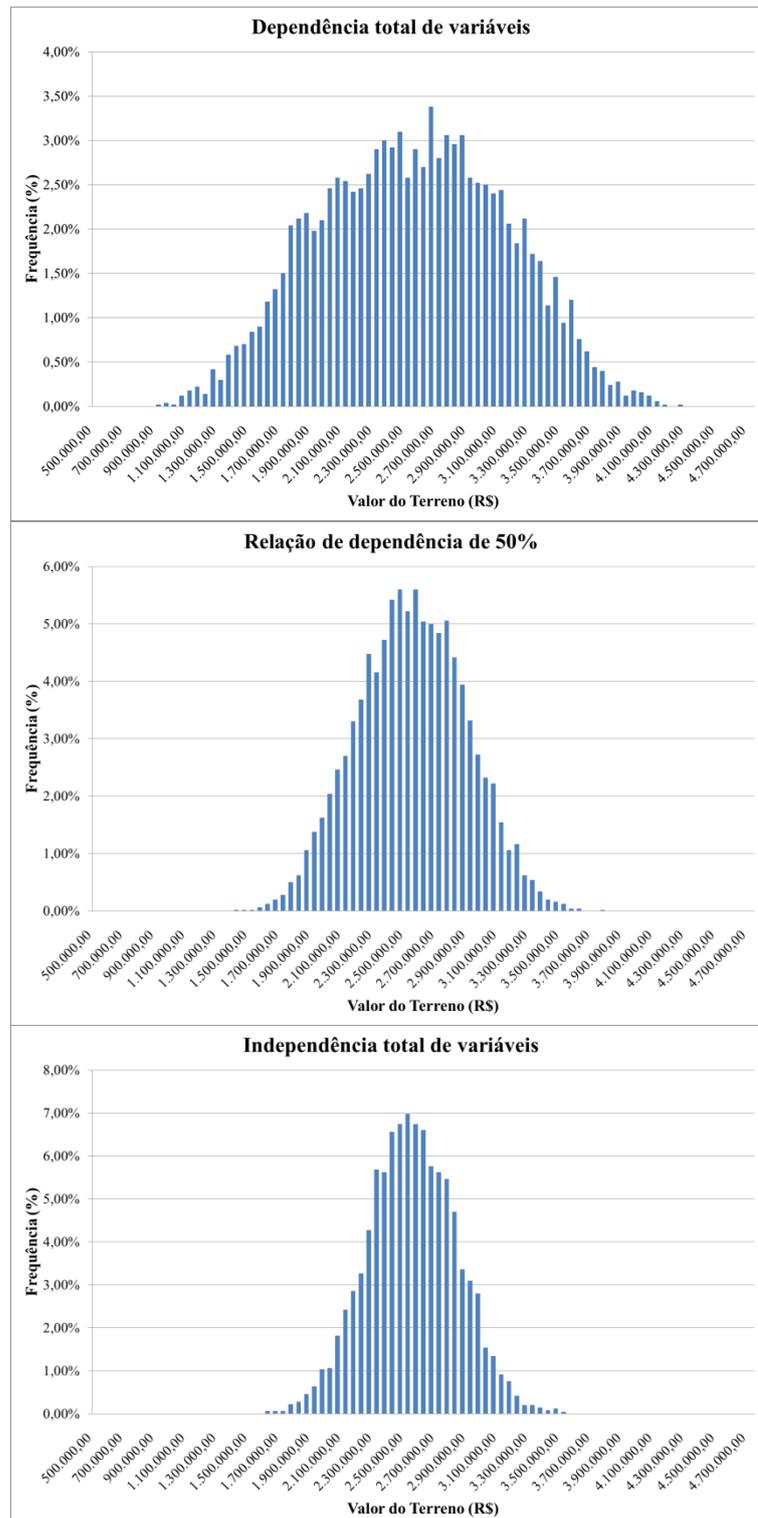
Já para a simulação com relação de dependência de 50%, como está também mostrou possuir distribuição normal de valores, pode-se afirmar que 68% dos valores estão entre R\$ 2.153.001,04 e R\$ 2.852.740,95, além de 95% dos valores estar entre R\$ 1.803.131,08 e R\$ 3.202.610,90. Para três desvios padrões tem-se 99% de valores entre R\$ 1.453.261,13 e R\$ 3.552.480,86.

Comparando-se novamente com os valores gerados na análise de cenários, de R\$ 199.715,11 e R\$ 4.853.356,00, pode se afirmar que os valores extremos são muito improváveis de ocorrer.

5.7 RESUMO DAS SIMULAÇÕES COM DISTRIBUIÇÃO BETA

Abaixo, na Figura 40, estão apresentadas as três distribuições geradas por simulação de Monte Carlo para melhor visualização:

Figura 40 – Todas as simulações com distribuição Beta



A seguir, na Tabela 57, pode ser vista também a tabela resumo com os resultados estatísticos de todas as simulações realizadas:

Tabela 57 – Tabela com todas as simulações com distribuição Beta

Estatística descritiva	Dependência total	Relação de dependência de 50%	Independência total
Normal	Não	Sim	Sim
VPL médio =	2.507.238,69	2.502.870,99	2.503.592,23
Desvio padrão =	596.323,78	349.869,96	287.737,16
Mínimo =	853.801,71	1.397.545,96	1.559.964,64
Q1 =	2.057.169,81	2.255.087,41	2.307.828,00
Q2 (mediana)=	2.512.878,86	2.502.434,96	2.498.866,95
Q3 =	2.948.417,66	2.748.406,23	2.701.930,39
Máximo =	4.204.328,02	3.704.240,90	3.472.368,52
Amplitude =	3.350.526,31	2.306.694,93	1.912.403,88
n =	5.000,00	5.000,00	5.000,00

Como visto anteriormente, os desvios padrão das distribuições diminuem quanto maior a independência entre as variáveis. Comparando-se com os resultados obtidos com simulações de Monte Carlo com distribuição uniforme, percebe-se que a variabilidade de valores é muito menor quando se utiliza a distribuição beta. Isso ocorre porque a distribuição uniforme não possui nenhuma previsão de cenários mais prováveis do que outros, com os valores extremos tendo a mesma probabilidade de ocorrência de qualquer outro valor, ou seja, retrata a completa falta de informações sobre a frequência de aparecimento de valores. A distribuição Beta tenta minorar essa falta de informação a respeito da incerteza de valores, considerando que os valores extremos possuem uma probabilidade menor de ocorrência que os demais.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

No presente trabalho pôde-se estudar o comportamento das variáveis que causam sensibilidade no método involutivo na determinação do valor de um terreno. Para tanto, foram consideradas seis variáveis: fluxo de vendas, valor das vendas, BDI do incorporador, custo construtivo, BDI do construtor e taxa mínima de atratividade.

Com o estudo das variáveis, percebeu-se que algumas delas possuem mais influência no valor final do terreno do que outras, necessitando, por isso, de uma maior atenção na definição de seus valores a fim de evitar ter como resultado valores espúrios, que não estão de acordo com a realidade do mercado. Pode-se considerar a variável fluxo de vendas como muito importante na formação do valor do terreno, pois foi a que causou o maior impacto no presente estudo. Além disso, como a variação do valor do terreno decorrente da variação do fluxo de vendas está diretamente vinculada com a Taxa Mínima de Atratividade do empreendimento, salienta-se também a importância de uma correta definição dessa taxa, assim como a sua variação.

A Norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011) exige que sejam feitas análises de sensibilidade das variáveis estudadas, além de uma análise de cenários em que o maior Grau de Fundamentação tem a exigência de apenas três cenários, sendo que isso não permite a determinação da probabilidade de ocorrência de valores, pois é apenas determinística. Ao realizar essas análises, pôde-se notar que os valores mínimos e máximos alcançados possuem uma amplitude demasiada grande.

A simulação de Monte Carlo foi então empregada para elucidar melhor a questão da probabilidade de ocorrência de valores. A análise da variabilidade dos resultados do método involutivo foi feita considerando diferentes graus de dependência entre as variáveis e percebeu-se que os valores extremos de fato possuem uma probabilidade muito pequena de ocorrer, sendo ela tanto menor quanto menor for a dependência adotada entre as variáveis. Comparando-se a variabilidade dos resultados alcançados pelas simulações, considerando distribuições uniforme e Beta, percebeu-se que a variabilidade de resultados era menor pela distribuição Beta, com a qual se tenta retratar melhor a realidade, pois considera que os valores extremos têm menor probabilidade de ocorrência.

Dessa forma, a simulação de Monte Carlo mostrou-se uma ferramenta importante para o cálculo do valor de um terreno pelo método involutivo, possibilitando a variabilidade e prever a probabilidade de ocorrência dos valores do terreno.

Recomenda-se para trabalhos futuros o estudo de mais graus de dependência entre as variáveis, a fim de se estudar melhor o comportamento da variabilidade quanto a esse quesito. Além disso, estudos em outros locais podem ser feitos a fim de verificar o comportamento do método involutivo em locais com diferentes configurações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Nelson. XVII COBREAP, Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias Florianópolis, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006. 91p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.653-1: Avaliação de bens, Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2001. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.653-2: Avaliação de bens, Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro, 2011. 54p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575 – Parte 1 – Requisitos Gerais, 2013 (p. 10).

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Disponível em http://www.bcb.gov.br/pre/bc_atende/port/servicos9.asp. Acesso em maio de 2017.

BEZERRA, Andréa Cristina da Silva. Artigo acadêmico: Definição de lucros. Centro de Ensino Superior do Amapá. 2007.

CAIXE, Daniel Ferreira. Administração Financeira. 1º Edição. Rio de Janeiro. Seses, 2015. 152p.

CASAROTTO FILHO, Nelson. Projeto de negócio: estratégias e estudos de viabilidade: redes de empresas, engenharia simultânea, plano de negócio. Editora Atlas. São Paulo, 2002.

CERÁVOLO, Eduardo Fujiwara. Análise de viabilidade econômico-financeira de uma empreendimento comercial com simulação de Monte Carlo. Trabalho de Conclusão de Curso - UFSC. Florianópolis. 2016.

CERÁVOLO, Eduardo Fujiwara. Simulação de Monte Carlo Considerando dependência entre variáveis em análise de investimentos imobiliários. XII Simpósio da Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações. Teresina-PI. 2016.

CORREA, Sonia Maria Barros Barbosa. Probabilidade e Estatística. 2º Edição. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. PUC Minas Virtual, 2003, Minas Gerais.

COSTA, Paulo Roberto da. Estatística. 3º Edição. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010. 95p.

CREA-ES. Bonificação ou Benefícios e Despesas Indiretas. Vários Autores. 2008.

DAMORADAN, Aswath. *Country Default Spreads and Risks Premiums*. New York University Stern School of Business. Disponível em http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html. Acesso em maio de 2017.

DAMORADAN, Aswath. *Country Default Spreads and Risks Premiums*. New York University Stern School of Business. Disponível em http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ratings.htm. Acesso em maio de 2017.

DAMODARAN, Aswath. *The Dark Side of Valuation*. Makron Books Ltda, 2002.

DANTAS, Rubens Alves. Engenharia de Avaliações: uma introdução à metodologia científica. São Paulo: PNI, 1998.

Dicionário da língua portuguesa. Vários Autores. Editora Rideel, 2006, São Paulo.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de Custos: metodologia de orçamentação para obras civis. 9º ed. Sindicato dos Editores de Livros, Rio de Janeiro. 2011.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de Custos: Novo Conceito de BDI. 5º Ed. Sindicato dos Editores de Livros, Rio de Janeiro, 2012.

DUARTE, Geraldo. Dicionário de Administração e Negócios. São Paulo: KindleBookBr, 2011

GORDON, Sue. *The normal Distribution*. Mathematics Learning Centre. University of Sydney. 2006.

GUPTA, Arjun K., NADARAJAH, Saralees. *Handbook of Beta Distribution and Its Applications*. Editora Marcel Dekker. 2004

HEINECK, L; ROMAN, H; BRESSIANI, L. Curvas de agregação de recursos: uma análise de situações reais em obras residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Canela, 2010.

HOCHHEIM, Norberto. Engenharia de Avaliações I. 2010. 110p. Digitado.

HOCHHEIM, Norberto. Engenharia de Avaliações II: Modelos de Regressão Linear para Avaliações de Imóveis Urbanos. 2016. 89p. Digitado.

HOCHHEIM, Norberto. Planejamento Econômico e Financeiro. 2002 revisado em 2015. 184p.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. Metodologia de Cálculo do Orçamento de Edificações – Composição do Custo Direto e do BDI/LDI. Sessão nº1363 de 30/08/2004.

JUNGLES, A. E; AVILA, A. V. Gerenciamento na construção civil. Chapecó: Argos, 2006.

KIVES, Raul. Avaliação Econômica de Empreendimentos de Base Industrial de Capital Fechado. Florianópolis: UFSC. 2004.

KRUK, Pedro Augusto. Noções Básicas de Avaliação de Bens. Curso Introductório. Curitiba: Kruk Consultoria, Avaliações e Perícias do Patrimônio Ltda, 2007. 39p.

LIMA JUNIOR, João da Rocha, MONETTI, Eliane, DE ALENCAR, Claudio Tavares. Real Estate: fundamentos para análise de investimentos. Elsevier Editora Ltda. Rio de Janeiro, 2011.

MORESI, Eduardo (Org.). Metodologia da Pesquisa. Universidade Católica de Brasília, 2003.

MUTTI, Cristine do Nascimento. Administração da Construção. Florianópolis: 2008, última atualização 2016.

NELSON, Alonso. Métodos Involutivos – Involutivo Vertical. Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Florianópolis, 2013.

NETO *et al.* Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. Vários Autores. Engenharia de Avaliações, volume 1. 2º Edição. São Paulo. Leud, 2014. 683p.

NUNES, Aquiles Ferraz. Glossário de Termos Econômicos e Financeiros. 3º Edição revista e aumentada. Sindicato Nacional dos editores de livros. Rio de Janeiro, 2008

POLLETO, Cedamir. Avaliação de Terrenos – Método Involutivo X Método Comparativo. X Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias. X COBREAP, 1999.

PUCCINI, Ernesto Coutinho. Matemática Financeira e Análise de Investimentos. Florianópolis, Editora UFSC, 2011. 204p.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Bradford D. Princípios de Administração Financeira. 2º Edição. São Paulo: Atlas, 2000.

SINAPI: metodologias e conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal. – Brasília: CAIXA, 2015. 122p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. Custo Unitário Básico (CUB/m²): principais aspectos. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2007. 112p.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Composição do BDI para obras e serviços de Engenharia. TC 025.990/2008-2.

VIALI, Lorí. Testes de Hipóteses Não Paramétricos. UFRGS. Porto Alegre. 2008

VIANNA, Cleverson Tabajara. Classificação das Pesquisas Científicas – Notas para os alunos. Florianópolis, 2013, 2p. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/cleversontabajara1/metodologia-cientfica-tipos-de-pesquisa-ultimate>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

ZENI, André Maciel (1980) – “Avaliação de Terrenos em Áreas Centrais- Método do Valor Econômico.” III Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Departamento de Engenharia Civil, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do diploma de grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

Florianópolis, 2017