

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

FERNANDO PESSOA HILDEBRAND

**A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO COMO INSTRUMENTO FUNDAMENTAL
PARA A ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA: A IMPLEMENTAÇÃO
DE UMA FUNDIÇÃO DE FERRO EM UMA EMPRESA METALÚRGICA**

Guaratinguetá
2013

FERNANDO PESSOA HILDEBRAND

A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO COMO INSTRUMENTO
FUNDAMENTAL PARA A ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA:
A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FUNDIÇÃO DE FERRO EM UMA
EMPRESA METALÚRGICA

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Alexandre de Oliveira

Guaratinguetá
2013

Hildebrand, Fernando Pessoa
H642s A simulação de Monte Carlo como instrumento fundamental para a análise de viabilidade econômica: a implementação de uma fundição de ferro em uma empresa metalúrgica / Fernando Pessoa Hildebrand – Guaratinguetá : [s.n], 2013.
78 f : il.
Bibliografia: f. 62-64

Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.
Orientador: Prof. Dr. Francisco Alexandre de Oliveira

1. Ferro - fundição 2. Viabilidade econômica I. Título


CDU 669.11

FERNANDO PESSOA HILDEBRAND

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO PARA A OBTENÇÃO
DO DIPLOMA DE

"GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA"

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA


Prof. Dr. Francisco Alexandre de Oliveira
Coordenador

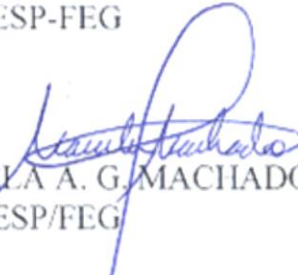
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. FRANCISCO ALEXANDRE DE OLIVEIRA
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Ms. RICARDO PENTEADO
UNESP-FEG



Prof. Dr. MARCELA A. G. MACHADO DE FREITAS
UNESP/FEG

Novembro de 2013

DADOS CURRICULARES

FERNANDO PESSOA HILDEBRAND

NASCIMENTO	08.05.1990 – RIBEIRÃO PRETO / SP
FILIAÇÃO	Fernando de Moura Hildebrand Cristina Domingues Pessoa Hildebrand
2009/2013	Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista

dedico este trabalho à minha família; de modo especial ao meu pai *Fernando* e à minha mãe *Cristina*, os quais sempre me deram suporte para o meu desenvolvimento; aos meus amigos da Faculdade, que transformaram minha graduação em um momento único da minha vida; e à minha companheira *Anna Paula*, que sempre me apoiou quando precisei.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha família, pais e irmãos, que sempre me ajudaram.

ao meu orientador *Prof. Dr. Francisco Alexandre de Oliveira*, o qual sempre se mostrou prestativo e comprometido em me auxiliar durante o desenvolvimento deste trabalho, através de suas valiosas orientações;

aos meus parceiros de trabalho *Fernando, Ronaldo e Rafael*, que sempre me ajudaram nas coletas de dados e deram valiosos conselhos.

aos meus professores da *FEG*, que sempre se mostraram dedicados e comprometidos com seu trabalho, além de se preocuparem com o entendimento de cada aluno.

aos meus amigos de faculdade, em especial ao *Bruno Bueno e Thiago Molina*, que foram peças fundamentais nos questionamentos e dúvidas das mais diversas ordens;

aos funcionários da *FEG*, da seção de graduação à biblioteca, que foram atenciosos com qualquer tipo de solicitação.

a todos os meus companheiros da *República Mau-Mau* e do meu apartamento, aos quais agradeço por toda aprendizagem que cada um proporcionou a sua maneira;

e a todos aqueles que não foram mencionados neste texto, mas que com certeza têm sua parcela de colaboração neste trabalho e na minha vida.

“Odiei cada minuto de treinamento, mas eu disse:
não desista. Sofra agora e viva o resto da sua vida
como um campeão”.

Muhammad Ali

HILDEBRAND, F. P. **A Simulação de Monte Carlo como instrumento fundamental para a análise de viabilidade econômica:** a implementação de uma fundição de ferro em uma empresa metalúrgica. 2013. 78 f. Trabalho de Graduação (Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

Em cenários econômicos instáveis, é de fundamental importância que seja feita a análise de viabilidade econômica para validar a implementação de um projeto baseado em índices como *VPL* e *TIR*, porque os acionistas tendem a investir seu dinheiro em um projeto se houver grande possibilidade de retorno. A empresa estudada terceiriza seus serviços de fundição, algo que implica em uma grande dependência dos fornecedores, uma vez que os produtos tem baixa qualidade, altos prazos de entrega e preços elevados. Desta forma, o trabalho visa analisar um projeto de construção de uma fundição de ferro fundido (FoFo) para que diminua essa dependência dos atuais fornecedores. Para a elaboração do estudo, todos os dados referentes à criação da fundição e às vendas foram pesquisados para que, desta maneira, fosse criado os fluxos de caixa determinístico e probabilístico (Simulação de Monte Carlo) utilizando os softwares *MsExcel*[®] e *Crystal Ball*[®] da *Oracle*. O projeto foi considerado economicamente arriscado pelas métricas *VPL* e *TIR* no caso de a nova linha abastecer somente as necessidades internas da empresa. Contudo, foi constatado que o projeto é viável se a empresa vendesse seus serviços ao mercado de fundição de itens em FoFo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Viabilidade Econômica. Fundição. *VPL*. *TIR*. Simulação de Monte Carlo.

HILDEBRAND, F. P. **The Monte Carlo Simulation as a crucial tool for the economic feasibility analysis:** the implementation of an iron-casting foundry for a metallurgic company. 2013. 78 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Production Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

In uncertainly economic scenarios, an economic feasibility analysis must be done to accept a project based on investment criteria, such as *NPV* and *IRR*, mainly because the shareholders tend to invest their budget in a project if it has a great chance to return their investments. The studied company outsources all of its foundry services, what makes it very dependent of its suppliers, because the products have a lower quality level, long delivery periods and high prices. Therefore, this work will analyze the project of building an iron-casting foundry to decrease the dependence of its suppliers. In order to develop this research, all needed data related to the construction of the foundry and sales were collected to create deterministic and probabilistic (Monte Carlo Simulation) cash flows using *MsExcel*® and *Oracle's Crystal Ball*® software. As a result, the project was found to be risky by the *NPV* and *IRR* in the case of this new production line supplying only the internal needs. However, when the company offers its services to the foundry market, the project turns to be feasible.

KEYWORDS: Economic Feasibility Analysis. Foundry. *NPV*. *IRR*. Monte Carlo Simulation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PONTOS NEGATIVOS DA TERCEIRIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE FUNDIÇÃO DE FoFo.....	14
FIGURA 2 – RESULTADOS ESPERADOS A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE FUNDIÇÃO.....	15
FIGURA 3 – ORDEM DAS ETAPAS DA PESQUISA.....	16
FIGURA 4 – TAXA SELIC MENSAL.....	21
FIGURA 5 – CRESCIMENTO DO PIB BRASILEIRO.....	22
FIGURA 6 – PREÇO DO MINÉRIO DE FERRO NA BASE MENSAL.....	23
FIGURA 7 – PROCEDIMENTO DA COLETA DE DADOS PARA O DETALHAMENTO DO ESCOPO DO PROJETO.....	24
FIGURA 8 – ENCADEAMENTO DAS COLETAS DE DADOS E DA PESQUISA.....	27
FIGURA 9 – CUSTOS PROPORCIONAIS DOS INSUMOS.....	33
FIGURA 10 – PROPORÇÃO DO FINANCIAMENTO E DO CAPITAL INTERNO INVESTIDO NO PROJETO.....	35
FIGURA 11 – FLUXO DE CAIXA DA AMORTIZAÇÃO DO FINANCIAMENTO PELO MÉTODO PRICE.....	36
FIGURA 12 – OS COMPONENTES DO CAPITAL DE GIRO.....	37
FIGURA 13 – EVOLUÇÃO DO PREÇO SEMESTRAL DO FoFo CINZENTO POR KG DE PEÇA ACABADA.....	39
FIGURA 14 – PERFIL SEMESTRAL DAS VENDAS, EM KG, DE FoFo CINZENTO DURANTE OS ÚLTIMOS SETE ANOS.....	39
FIGURA 15 – EVOLUÇÃO DO PREÇO SEMESTRAL DO FoFo NODULAR POR KG DE PEÇA ACABADA.....	40
FIGURA 16 – PERFIL SEMESTRAL DAS VENDAS, EM KG, DE FoFo NODULAR DURANTE OS ÚLTIMOS SETE ANOS.....	40
FIGURA 17 – EVOLUÇÃO DO PREÇO SEMESTRAL DO FoFo GGG-60 POR KG DE PEÇA ACABADA.....	41
FIGURA 18 – PERFIL SEMESTRAL DAS VENDAS, EM KG, DE FoFo GGG-60 DURANTE OS ÚLTIMOS SETE ANOS.....	41
FIGURA 19 – EVOLUÇÃO DO PREÇO SEMESTRAL DO FoFo BRANCO POR KG DE PEÇA ACABADA.....	42
FIGURA 20 – PERFIL SEMESTRAL DAS VENDAS, EM KG, DE FoFo BRANCO DURANTE OS ÚLTIMOS SETE ANOS.....	42
FIGURA 21 – EVOLUÇÃO DO PREÇO SEMESTRAL DO FoFo POR KG DE PEÇA ACABADA.....	43
FIGURA 22 – PERFIL SEMESTRAL DAS VENDAS, EM KG, DE FoFo DURANTE OS ÚLTIMOS SETE ANOS.....	43
FIGURA 23 – VARIAÇÃO DOS PREÇOS E DAS QUANTIDADES DE JULHO DE 2006 À JUNHO DE 2013.....	44
FIGURA 24 – PROPORÇÕES DAS QUANTIDADES FUNDIDAS E DAS RECEITAS GERADAS POR CADA TIPO DE FoFo.....	45
FIGURA 25 – ESQUEMA DA SMC, COM ENFOQUE NAS ETAPAS.....	48
FIGURA 26 – HISTOGRAMA PARA O VALOR PRESENTE LÍQUIDO (CRYSTAL BALL): VENDAS INTERNAS.....	55
FIGURA 27 – INFLUÊNCIA DOS FATORES NA VARIAÇÃO DO VPL.....	56
FIGURA 28 – HISTOGRAMA PARA O VALOR PRESENTE LÍQUIDO (MINITAB).....	57
FIGURA 29 – DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA ACUMULADA PARA O VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	57
FIGURA 30 – HISTOGRAMA PARA O VALOR PRESENTE LÍQUIDO (CRYSTAL BALL).....	58
FIGURA 31 – HISTOGRAMA PARA A TAXA INTERNA DE RETORNO (CRYSTAL BALL).....	58
FIGURA 32 – DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA ACUMULADA PARA A TAXA INTERNA DE RETORNO.....	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - INFRAESTRUTURA DO INVESTIMENTO FIXO.....	28
TABELA 2 - EQUIPAMENTOS DO INVESTIMENTO FIXO.....	29
TABELA 3 - TAXAS E LICENÇAS DO INVESTIMENTO FIXO.....	30
TABELA 4 – CUSTOS VARIÁVEIS DOS INSUMOS.....	31
TABELA 5 – CUSTOS FIXOS MENS AIS DE PRODUÇÃO.....	33
TABELA 6 – DESPESAS FIXAS DE MÃO DE OBRA.....	34
TABELA 7 - DESPESAS FIXAS DIVERSAS.....	35
TABELA 8 – TABELA PRICE DAS PRIMEIRAS PRESTAÇÕES DO FINANCIAMENTO DO BNDES.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
FoFo	Ferro Fundido
PIB	Produto Interno Bruto
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SMC	Simulação de Monte Carlo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVO.....	14
1.3	RESULTADOS ESPERADOS.....	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	17
2.1	MÉTRICAS DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	17
2.1.1	Valor Presente Líquido	18
2.1.2	Taxa Interna de Retorno	18
2.2	TAXA DE JUROS E CUSTOS DE CAPITAL.....	19
2.3	INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS.....	20
3	MÉTODOS	24
3.1	FLUXO DE CAIXA DETERMINÍSTICO.....	26
3.2	FLUXO DE CAIXA PROBABILÍSTICO.....	26
4	FLUXO DE CAIXA DO PROJETO	28
4.1	INVESTIMENTO FIXO.....	28
4.2	CUSTOS.....	31
4.2.1	Custos Variáveis	31
4.2.2	Custos Fixos	33
4.3	DESPESAS.....	34
4.3.1	Despesas Variáveis	34
4.3.2	Despesas Fixas	34
4.4	FINANCIAMENTO E DEPRECIAÇÃO DO MAQUINÁRIO.....	35
4.5	CAPITAL DE GIRO.....	37
4.6	LEVANTAMENTO DOS PREÇOS E DAS QUANTIDADES DE FOFO VENDIDAS.....	38
5	MODELAGEM DA INCERTEZA EM ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	46
5.1	ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DO MÉTODO.....	49
5.1.1	Confecção de um modelo de análise de risco	50
5.1.2	Modelagem da variável dependente	51
5.1.3	Coleta de dados e definição da incerteza das variáveis independente	51
5.1.4	Geração de cenários da SMC	53
5.1.5	Amostragem aleatória simples	54
5.1.6	Apresentação e interpretação dos resultados	55
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
6	CONCLUSÃO	60
6.1	CONTINUAÇÃO DA PROJETO.....	61
6.2	ELABORAÇÃO DE UMA SMC.....	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS E SEUS PARÂMETROS	65
	APÊNDICE B – RELATÓRIO DO CRYSTAL BALL: VENDAS INTERNAS	71
	ANEXO A – VISTA TRIDIMENSIONAL DO GALPÃO	77
	ANEXO B – VISTAS SUPERIORES DO ESCRITÓRIO	78

1 INTRODUÇÃO

O estudo de viabilidade econômica é fundamental para o entendimento do investimento, podendo, desta forma, trazer uma perspectiva do retorno que tal aplicação trará. Porém, os fatores que incrementam os custos e as despesas, os geradores de receitas e as taxas de inflação não são constantes no mundo real. Nesse ponto, a resposta de uma previsão determinística não faz muito sentido pelo fato de simplificar a realidade.

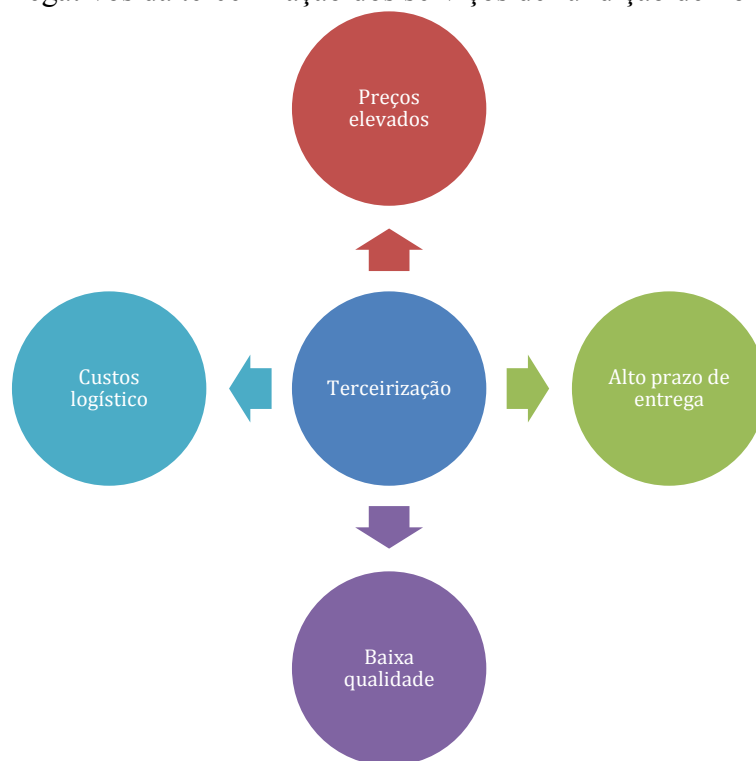
Para contornar esse problema, a utilização da Simulação de Monte Carlo (SMC) oferece a possibilidade de transformar os principais fatores do projeto em variáveis probabilísticas. Segundo Oliveira *et al.* (2011) e Samanez (2007), essa técnica auxilia a avaliação de investimento de capital no que diz respeito à redução de incertezas, uma vez que "a SMC ajuda a estimar as distribuições de probabilidade dos diferentes fatores que condicionam as decisões, tais como: tamanho do mercado, preços, investimento requerido, custo fixos etc".

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo proposto foi feito com base em uma empresa metalúrgica produtora de equipamentos e maquinário, fornecedora do setor de cerâmica vermelha nacional. Atualmente, ela apresenta uma linha produtiva enxuta, na qual boa parte dos serviços são terceirizados. Essa política de terceirização dos processos, tais como a fundição do ferro e da usinagem quando há picos na demanda, traz a redução dos custos e despesas fixas, além do menor investimento em ativos.

Por outro lado, a alta dependência dos fornecedores é algo que restringe a capacidade de venda da empresa. Grande parte dos fornecedores de ferro fundido (FoFo) não se responsabilizam pelo material fora dos padrões de conformidade, possuem prazos demorados para a entrega dos itens solicitados, apresentam preços elevados, além de estarem localizados em outras cidades. A dependência dos fornecedores de FoFo pode ser exemplificada na Figura 1.

Figura 1 – Pontos negativos da terceirização dos serviços de fundição de FoFo.

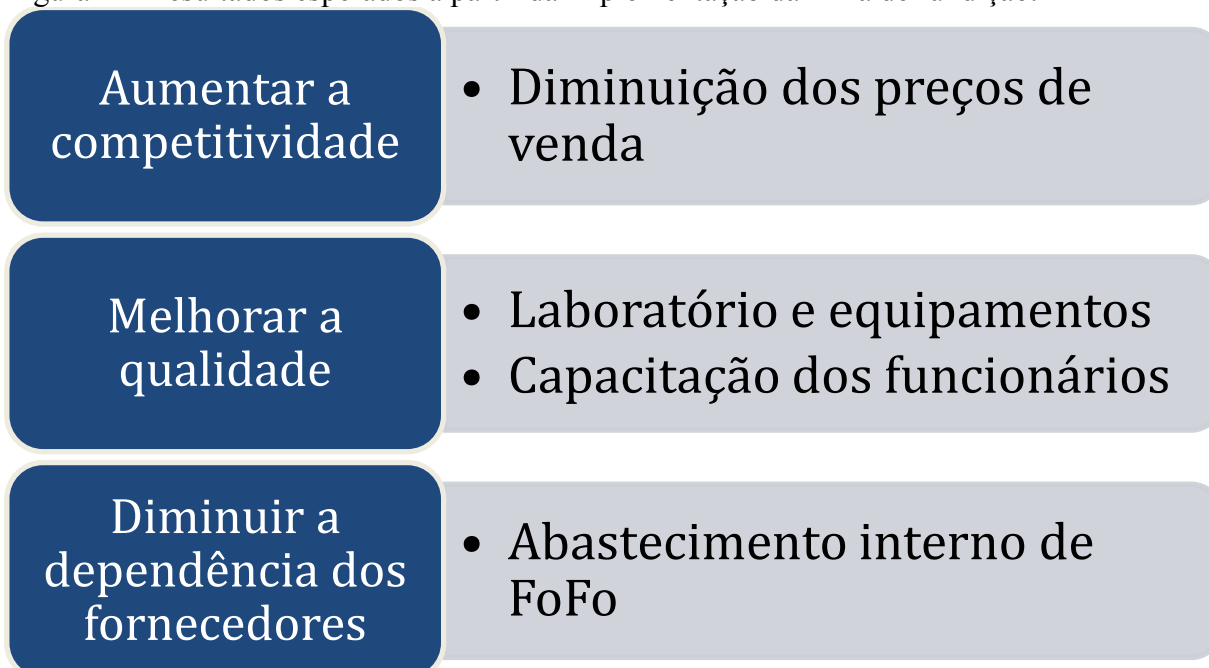


1.2 OBJETIVO

Definir o fluxo de caixa para um projeto de expansão industrial de tal maneira que inclua as incertezas na análise de viabilidade econômica. Esse procedimento será realizado pela inserção das variáveis estocásticas (ex.: quantidades e preços) através da SMC no fluxo de caixa probabilístico. Será identificada a volatilidade do retorno, a qual será calculada através do *Valor Presente Líquido*. Esse último processo será informado pela análise de sensibilidade gerada pelo *Crystal Ball*[®].

1.3 RESULTADOS ESPERADOS

Figura 2 – Resultados esperados a partir da implementação da linha de fundição.



Aumentar a competitividade através da diminuição dos preços de venda é fundamental, uma vez que há uma grande quantidade de concorrentes com uma política de baixos preços de venda. Assim sendo, todos os métodos para diminuição dos custos são de suma importância para se tornar competitivo no mercado, principalmente quando os produtos vendidos tem pouco valor agregado. A firma estudada apresenta somente o setor de usinagem próprio, desta forma ela não consegue reduzir consideravelmente os custos de manufatura dos produtos. Para agravar a situação, os principais concorrentes já possuem fundições próprias, algo que facilita a diminuição de seus preços e faz com que o mercado convirja a uma guerra de preços.

Melhorar a qualidade dos itens de FoFo poderá ser alcançada pela criação de laboratórios que sejam capaz de analisar as composições dos diferentes tipos de ferro, verificar as durezas das amostras e pelo treinamento dos funcionários e contratação de um técnico. Pelo fato de que os atuais fornecedores de FoFo não apresentam laboratórios para controle dos metais fundidos, muitas vezes as peças de ferro que chegam na empresa estão fora das especificações (dureza, dimensões, trincas ou por excesso de poros). Algumas vezes os fornecedores se responsabilizam

pelo valor da peça fundida, porém não pagam os gastos com transporte, mão de obra, usinagem, sem contar os custos indiretos que não são facilmente contabilizados:

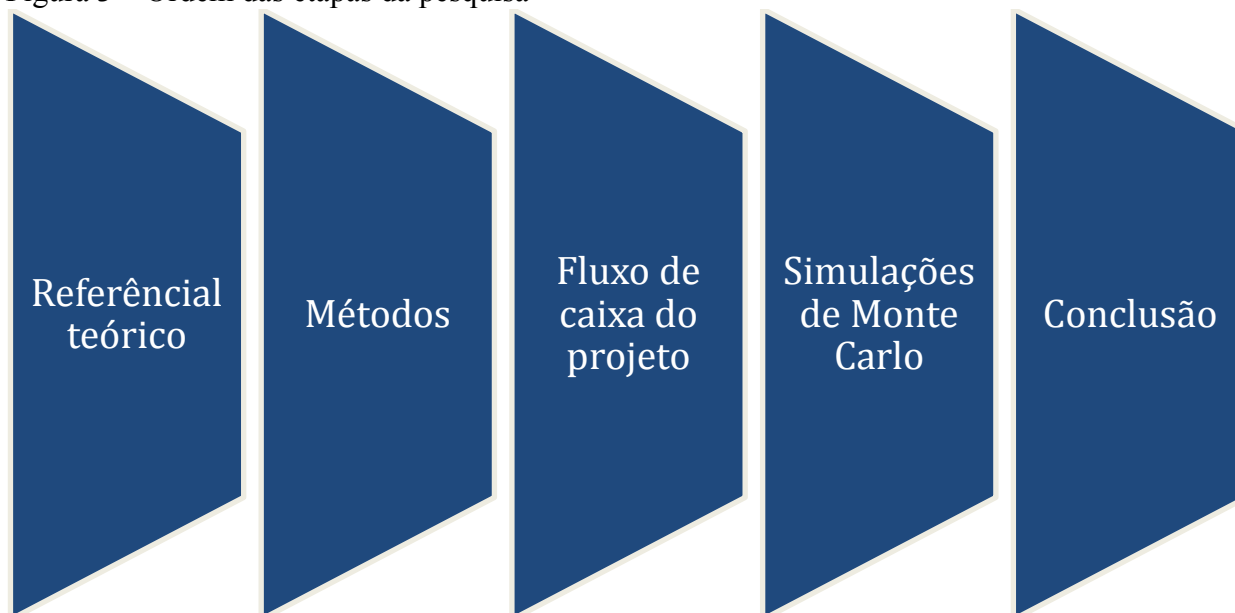
- ✓ Atraso com o atendimento dos clientes;
- ✓ Insatisfação com o material;
- ✓ Depreciação da imagem da empresa;
- ✓ Tempo administrativo envolvido no retrabalho etc.

Esses são os principais motivos que indicam que a empresa deve diminuir seu nível de terceirização dos serviços prestados, principalmente no que se trata à fundição de ferro.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O desenvolvimento desse estudo será apresentado em cinco etapas. A primeira será a apresentação das métricas necessárias para o entendimento do trabalho, assim como outros fatores importantes para a uma previsão adequada de vendas. Já a segunda etapa será mostrado como o estudo foi abordado, das coletas de dados à Simulação de Monte Carlo. Na terceira etapa será apresentado toda a construção do fluxo de caixa do projeto, o que será base para a Simulação (quarta etapa). Na última etapa, serão discutidos os dados obtidos (ver Figura 3).

Figura 3 – Ordem das etapas da pesquisa



2 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Orçamento de capital é um processo de análise e seleção apropriada de projetos de investimentos a longo prazo. "Algumas vezes, esse trabalho representa mais uma arte que uma ciência" (GITMAN, 2004, p.324). Na maioria dos casos, são os fatores do macro ambiente que determinam o sucesso ou insucesso de um projeto (economia atual, concorrentes, terceiros, inflação, regulamentações governamentais etc). Não obstante, os projetos são planejados para um período de longo prazo – além dos 10 anos. Esse fatores tornam a análise de viabilidade econômica um processo altamente incerto.

A ideia básica é de que um investimento vale a pena quando cria valor para seus proprietários. "Em um sentido mais genérico, criamos valor identificando investimentos que valem mais no mercado do que seu custo de aquisição" (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2000, p.214).

O processo de análise de viabilidade econômica – em outras palavras decisão de orçamento de capital – começa pelo levantamento dos custos com os ativos do projeto (terreno, estruturas, máquinas e equipamentos). Após essa primeira etapa, levanta-se os custo de capital da empresa, os projeções de receitas e custos (fixos e variáveis). Incidirá sobre o lucro bruto a tributação, a qual deverá ser contabilizada nos fluxos de caixa. Com esse levantamento, poderá ser estudado a viabilidade do projeto por diversas métricas que serão apresentadas a seguir. "Contudo, a análise financeira, por si só, não deve substituir o bom senso, nem critérios baseados nos negócios" (GITMAN, 2004, p.325).

2.1 MÉTRICAS DE VIABILIDADE ECONÔMICA

"O processo de identificação, análise e seleção de oportunidades de investimento de capital recebe o nome de *orçamento de capital*" (SAMANEZ, 2007, p.19). Esse orçamento gerado permite que os tomadores de decisão escolham o projeto mais adequado para ser implementado e, desta forma, compor o capital da empresa.

Entretanto, há diversas ferramentas para estudar a viabilidade do projeto. Essas ferramentas informam o tempo previsto para retorno do investimento, o retorno financeiro após um período determinado ou a taxa de juros para que o projeto não gere retorno.

2.1.1 Valor Presente Líquido

Segundo Samanez (2007), o método do *Valor Presente Líquido (VPL)* tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento. Em outras palavras, o *VPL* trás para a data presente os fluxos de caixa – receitas e despesas geradas pelo projeto – para que possam ser descontados entre si no período inicial.

Na equação (1) se encontra a maneira de calcular o *VPL*.

$$VPL = -I + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

Na equação (1), I é o investimento inicial no período inicial (o número positivo com o sinal negativo indicam que houve uma saída de caixa). C_i é o fluxo de caixa para a i -ésima data, r é o custo capital da empresa estudada e n é o período do projeto (OSBORNE, 2010, p.235). "Utilizando-se o *VPL*, tanto as entradas como as saídas são traduzidas para valores monetários atuais" (GITMAN, 2004, p.329).

O critério de aceitação de um projeto é tal que se o *VPL* calculado for positivo, aceita-se o projeto; caso o *VPL* calculado for negativo, rejeita-se o projeto. Se o *VPL* for maior que zero, a empresa obterá um retorno maior que seu custo de capital. "Com isto, estaria aumentando o valor de Mercado da empresa e, conseqüentemente, a riqueza de seus proprietários" (GITMAN, 2004, p.330).

Esse método de estudo sobre análise financeira dos investimentos é o mais adequado para algumas empresas quando confrontado com outras métricas, visto que o *VPL* informa a riqueza gerada pelo investimento.

2.1.2 Taxa Interna de Retorno

A *Taxa Interna de Retorno (TIR)* está diretamente relacionada com o *VPL*. Por Gitman (2004), a *TIR* é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial referente a um projeto. Em outras palavras, a *TIR* é a taxa de juros

de um projeto que tenha seu *VPL* igual a zero. "Além disso, desejamos que a taxa seja "interna", no sentido de que dependa unicamente dos fluxos de caixa de determinado investimento, e não de taxas oferecidas em outro lugar" (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2000, p.223).

A *TIR* será apresentada por *R* na mudança da equação (1), exibida como equação (2):

$$0 = -I + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + R)^i} \quad (2)$$

Assim como na equação do *VPL*, *I* é o investimento inicial no período inicial (o número positivo com o sinal negativo indicam que houve uma saída de caixa). *C_i* é o fluxo de caixa para a *i*-ésima data e *n* é o período do projeto (OSBORNE, 2010, p.235). O termo da *TIR*, representado por *1+R*, terá *n* raízes para *n* períodos estudados. Dependendo do fluxo de caixa, principalmente nos não convencionais, o projeto poderá apresentar mais de uma raiz que tenha significância prática para a análise do investimento, visto que as outras são negativas e/ou imaginárias.

O critério de aceitação de um projeto é tal que se a *TIR* calculada for maior que a *Taxa Mínima de Atratividade (TMA)*, aceita-se o projeto; caso a *TIR* calculada for menor que a *TMA*, rejeita-se o projeto. Caso o projeto seja aceito, o investimento retornará o dinheiro despendido com uma taxa maior que seu custo de capital.

Segundo Ross, Westerfield e Jordan (2000) a *TIR* aparentemente é uma maneira simples de transmitir informação sobre uma proposta de investimento. Ou seja, é mais simples dizer que o projeto terá um retorno de 20%, ao invés de dizer que com uma *TMA* de 15%, o *Valor Presente Líquido* será de R\$17.500,00.

Ross *et al.* (2000) sintetizou as vantagens da *TIR*, porque estar relacionada com o *VPL* e é fácil de ser compreendida; já as desvantagens como poder apresentar múltiplas respostas e poder levar a decisão errada em projetos mutuamente excludentes.

2.2 TAXA DE JUROS E CUSTOS DE CAPITAL

Segundo Gitman (2004), a *TMA* "é a taxa de retorno que deve ser obtida em um determinado projeto, para compensar adequadamente os proprietários da empresa". Desta forma,

o projeto executado deverá acrescer o valor da empresa ou, pelo menos, mantê-lo igual. A *TMA* está diretamente relacionada com:

- O custo de oportunidade;
- O risco do negócio;
- A liquidez do projeto.

O custo de oportunidade é a remuneração que deve ser considerada se o dinheiro destinado ao projeto estivesse aplicado em algum investimento qualquer, tal como a Poupança, a qual gerou um retorno próximo de 6,9% a.a em 2010 (O GLOBO, 2012). Já o risco do negócio representa a possibilidade de o projeto não retornar dinheiro, e quanto maior o risco do investimento, maior deverá ser o seu retorno esperado. Por último, a liquidez representa a facilidade do projeto retornar dinheiro aos proprietários, seja pela venda dos produtos ou pela venda do próprio negócio.

A *TMA* pode ser calculada pela equação (3):

$$k_j = R_f + [b_j \times (k_m - R_f)] \quad (3)$$

Por Gitman (2004), k_j é o retorno exigido pelo ativo j (*TMA*), R_f é a taxa de retorno livre de risco, b_j é o coeficiente beta do ativo j (grau de sensibilidade do retorno de um ativo) e k_m é taxa de retorno da carteira de ativos do mercado. Para o projeto, a taxa de retorno livre de risco é de 6% ao ano, o coeficiente beta é de 0,683 e a taxa de retorno da carteira de ativos é de 9% ao ano. Desta forma, a *TMA* resultante do projeto é de 8,05% ao ano (0.647% ao mês).

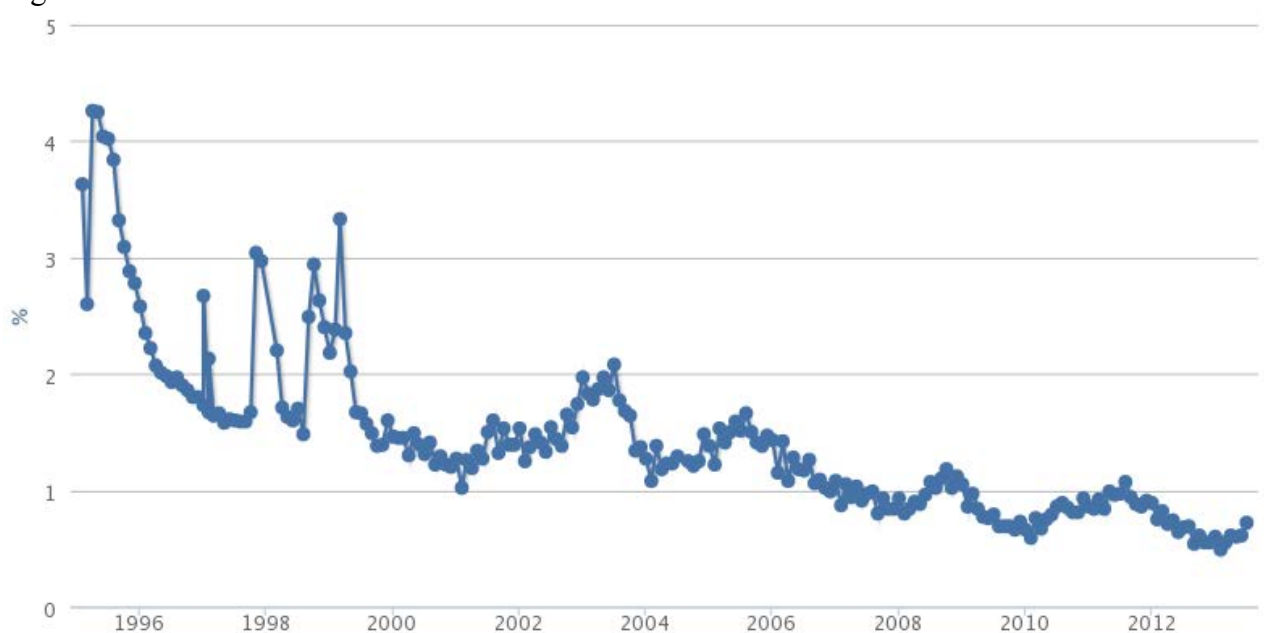
2.3 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS

Segundo Ribeiro *et al.* (2012), as probabilidades de retorno de um certo investimento depende de diversos fatores, tais como os riscos legais, de um empreendimento, de imagem e de crédito. As principais variáveis macroeconômicas que influenciam nesse projeto são o Produto Interno Bruto (PIB) industrial e a taxa de juros – apresentada como taxa Selic. Além desses dois fatores, será apresentado a elevação do preço da *commodity* ferro. Por ser o principal insumo da fundição, qualquer variação no preço desse material refletirá no retorno do projeto.

Para se levantar a *Taxa Mínima de Atratividade* da empresa estudada, foi necessário buscar o panorama atual da economia brasileira. Dessa maneira, o indicador mais adequado para o projeto é a taxa básica de juros nacional, conhecida como taxa Selic (ver Figura 4). "Esta taxa

básica é utilizada como referência para o cálculo das demais taxas de juros cobradas pelo mercado e para definição da política monetária praticada pelo Governo Federal do Brasil" (ADVFN, 2013).

Figura 4 – Taxa SELIC mensal



Fonte: (ADVFN, 2013)

Atualmente, a taxa Selic se encontra em um período de maior estabilidade, com valor próximo ao de 0,6% ao mês. Por sua vez, a previsão sobre o comportamento dessa taxa de juros está mais segura.

Apesar de o próprio *PIB* ter crescido, mesmo que de maneira moderada, isso não foi presenciado no setor industrial nacional. Os dados da Advfn sobre o *PIB* exibem um cenário de retração desse setor nos últimos anos. A Indústria brasileira representa cerca de 30% do atual *PIB* (R\$ 1,32 trilhões em 2012). O *PIB* industrial (Figura 5) teve quedas de 0,3% no primeiro trimestre de 2013, e apresentou um crescimento de 0,8% em 2012.

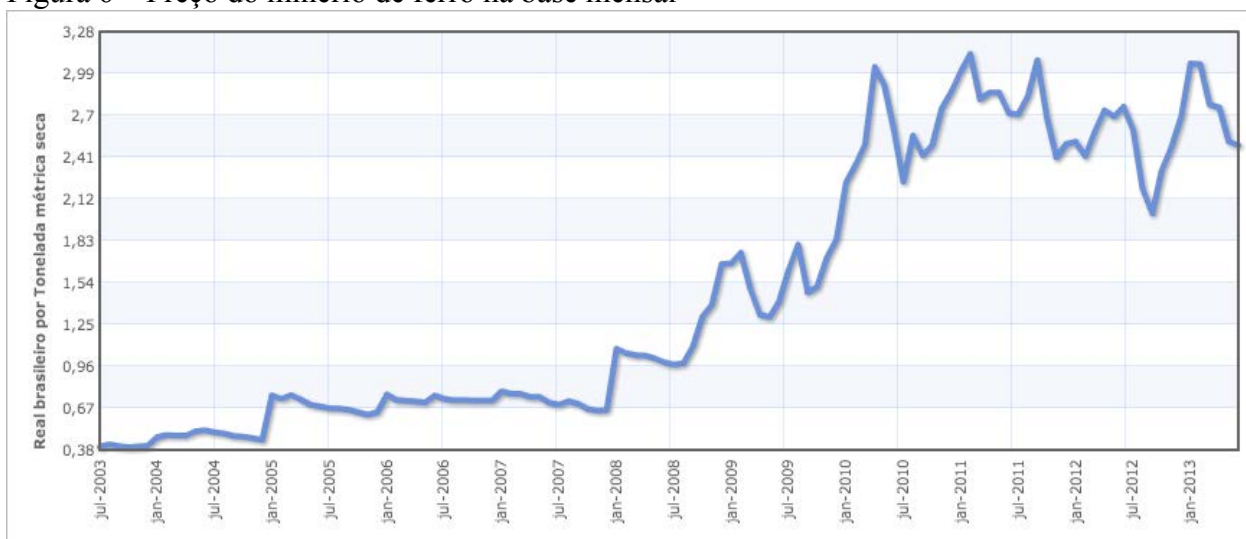
Figura 5 – Crescimento do PIB brasileiro



Fonte: (ADVFN, 2013)

As variações da produção nacional são reflexos da situação econômica global. Por esse motivo e pelo fato de o Brasil ser um grande exportador, o *PIB* é dependente das exportações. Desta forma há alta variabilidade nas taxas anuais de crescimento, principalmente logo após a crise econômica de 2008.

Figura 6 – Preço do minério de ferro na base mensal



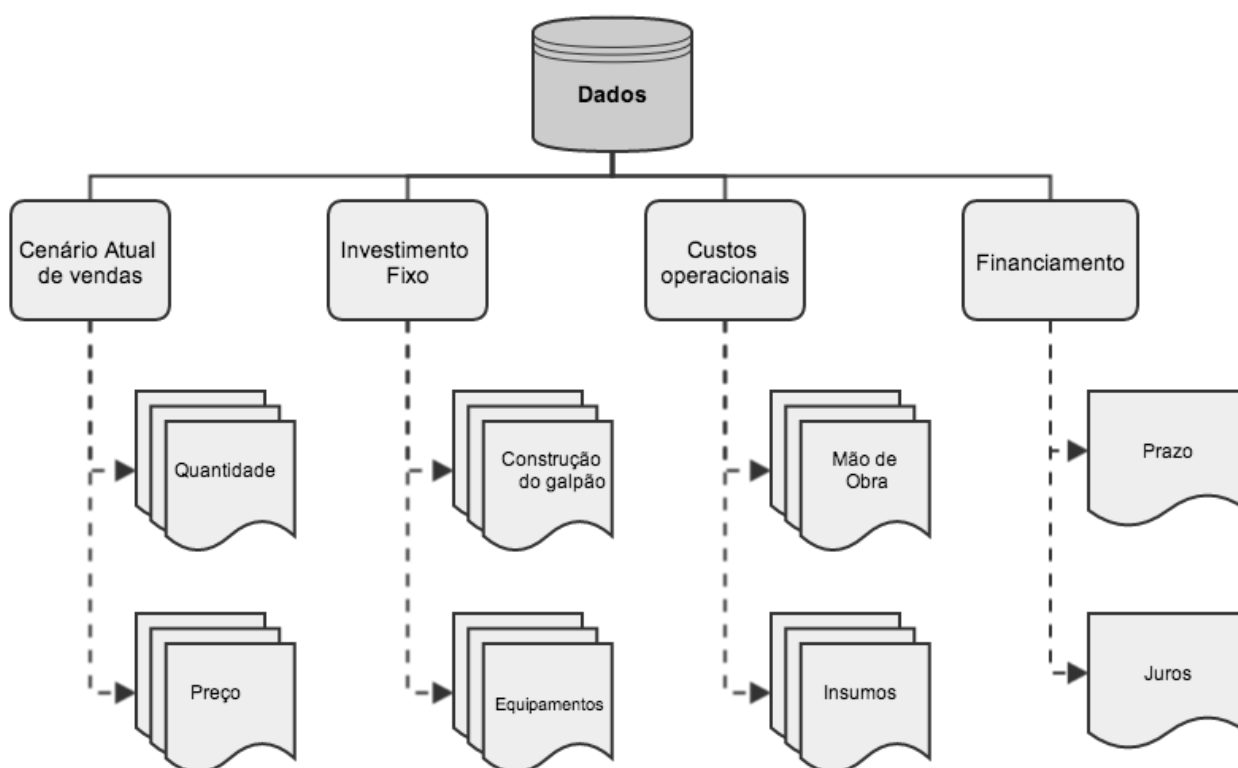
Fonte: (Index Mundi, 2013)

A Figura 6 apresenta a variação do valor do minério comercializado. Fica evidente a escalada dos valores logo após a crise do mercado imobiliário estadunidense. Essa alta do preço da matéria prima influenciou diretamente nos custos variáveis de produção. Como a taxa de crescimento do valor de venda do produto acabado (26,42% entre Jul-2006 e Jul-2013) foi menor do que a taxa de crescimento do valor do minério (260% entre Jul-2006 e Jul-2013), as margens da empresa se tornam mais estreitas. Atualmente, o Ferro gusa representa, em média, 77% de todos os custos variáveis de produção.

3 MÉTODOS

A pesquisa desenvolvida pode ser classificada como pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa (aprovação ou reprovação do projeto pela análise dos parâmetros *VPL* e *TIR*), com método de pesquisa por Modelagem e Simulação. A fase principal da pesquisa foi a coleta de dados. Para tanto, foi necessário a busca para os seguintes dados da Figura 7:

Figura 7 – Procedimento da coleta de dados para o detalhamento do escopo do projeto



O primeiro passo foi estimar a quantidade de cada tipo de FoFo que seria fundida com essa nova fundição. Foi definido que a fundição, por mais que fosse um projeto que atenderia a demanda interna da empresa estudada, também venderia seus serviços para outras empresas que quisessem fundir seus modelos em FoFo. Para isso, foram coletados os dados de todas as vendas dos itens de FoFo dos últimos sete anos. No sistema computacional da empresa, foi possível ter acesso aos valores de cada item em uma venda específica, além de ter os valores do peso de cada item.

Como a empresa possui mais de 200 tipos de produtos de FoFo, e o mercado vende o ferro com um preço proporcional ao seu peso, foi mais fácil, e lógico, classificar os produtos com base em cada tipo de FoFo que eles eram produzidos. Uma vez que a empresa só comercializa quatro tipos de FoFo, todos os itens pesquisados foram enquadrados dentro desses quatro materiais.

Após essa projeção foi possível determinar quais equipamentos seriam necessários para a fundição, de uma forma que atendesse à demanda prevista com a qualidade exigida, às normas ambientais, além de atender aos níveis de segurança e ergonomia requeridos pelas funções dos operários.

Com os equipamentos cotados nos respectivos fabricantes, volume de produção e pesquisa sobre custo com as matérias primas e insumos básicos (água e energia elétrica), foi possível estimar o número de funcionários envolvidos em cada setor produtivo da fundição. Esse levantamento foi feito com base no atual fornecedor e pessoas dessa área (proprietários de fundição e técnicos de laboratório). Após o levantamento dos custos com a produção, foi pesquisado o capital de giro suficiente para que a fundição seja capaz de operar independentemente dos recebimentos provenientes de seus clientes.

O próximo passo tomado foi cotar a construção do galpão. O espaço disponível projetado é capaz de acomodar todos os setores operacionais (fundição, vazamento do metal, moldagem/macharia, rebarbação, recebimento e expedição), bem como a área administrativa. Com o espaço previsto, foi cotado uma empresa de estrutura de concreto pré-moldado, assim como os custos com a mão de obra e materiais necessários para a construção.

Quando todos os custos para a construção e funcionamento da fundição foram encontrados, foi possível dar procedimento à pesquisa do financiamento necessário para o projeto. O órgão credor pesquisado foi o BNDES. Os prazos de quitação da dívida, juros do financiamento e até o período de carência variam para o destino do dinheiro, setor produtivo e a região de localização da empresa.

3.1 FLUXO DE CAIXA DETERMINÍSTICO

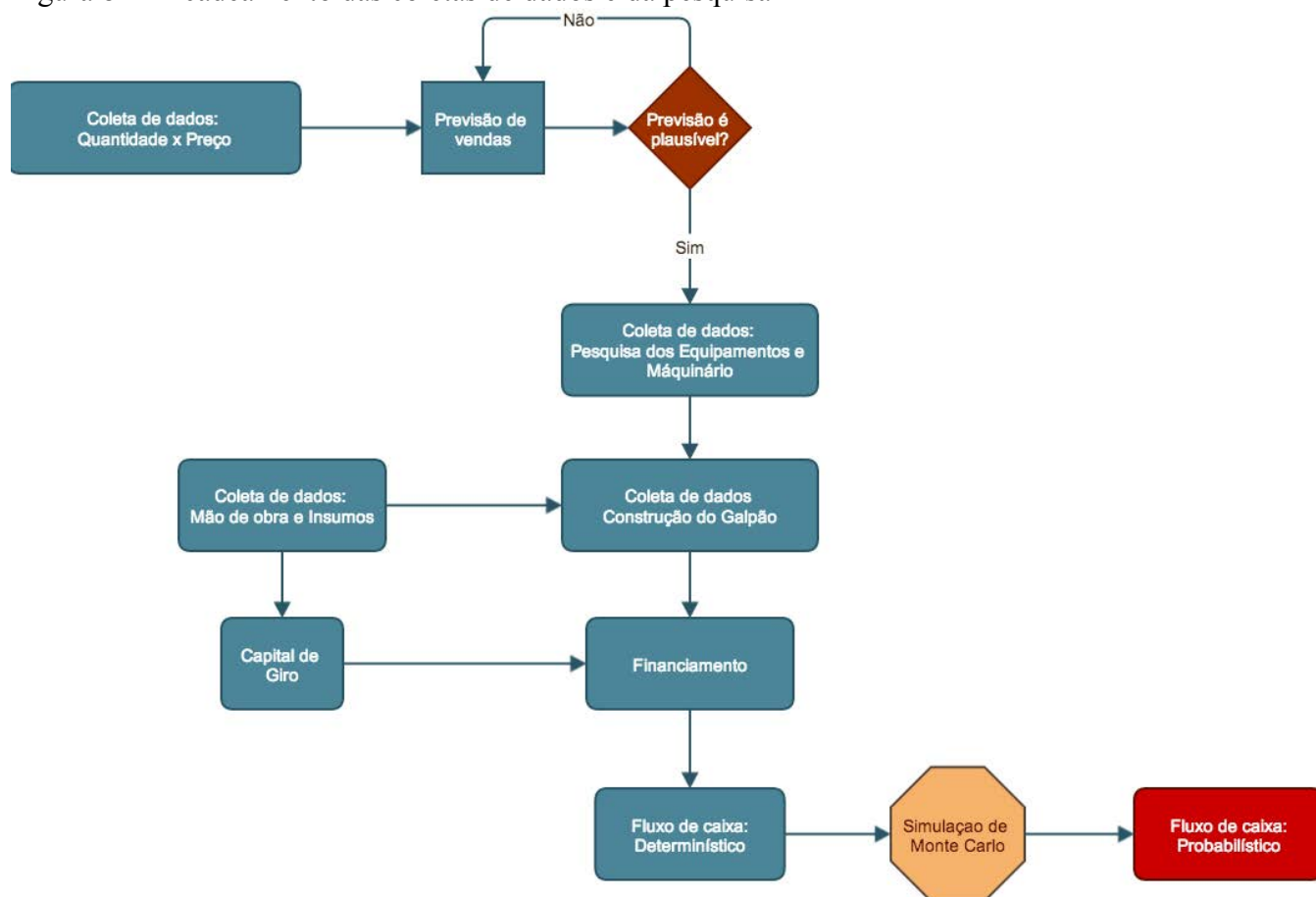
Todos os dados foram transferidos para uma planilha do software *Excel*, tornando possível a construção de um fluxo de caixa determinístico. Nesse tipo específico de fluxo de caixa, as variáveis da receita do projeto – serão consideradas variáveis da receita a *Taxa Mínima de Atratividade* do setor, a quantidade vendida de cada tipo de FoFo, assim como seus preços – serão fixas, ou seja, será utilizado seus valores médios. Outro ponto importante desse tipo específico de fluxo de caixa é de que os preços não serão ajustados conforme a inflação. Com isso, foi obtido a *TIR* e o *VPL* do projeto.

3.2 FLUXO DE CAIXA PROBABILÍSTICO

A criação do fluxo de caixa probabilístico foi feita com base na Simulação de Monte Carlo. Isso significa que as variáveis da receita do projeto foram transformadas em estocásticas. Para isso foram descobertas quais distribuições estatísticas cada variável apresentava. Tornando a quantidade e o preço de cada tipo de produto, assim como a *Taxa Mínima de Atratividade*, de maneira probabilística através da função *ALEATÓRIO()*, foi possível criar milhares de cenários diversos com os respectivos resultados de *VPL* e *TIR*.

A Figura 8 exhibe, de maneira simplificada, qual foi a ordem de realização da pesquisa. Visto que esse trabalho é um estudo de caso, ao final do processo de levantamento dos piores, melhores e mais prováveis cenários, a pesquisa será exposta à empresa para que as decisões de investir no projeto, ou não, seja fortalecida pelo presente estudo.

Figura 8 – Encadeamento das coletas de dados e da pesquisa



4 FLUXO DE CAIXA DO PROJETO

O fluxo de caixa do projeto foi formatado considerando as partes de investimento fixo, capital de giro, receita proveniente das vendas, taxa de depreciação, vida útil do projeto, tributação atual da empresa, gastos com despesas fixas, custos fixos e custos variáveis. Devido à complexidade de cada parte, elas serão apresentadas individualmente para facilitar o entendimento.

4.1 INVESTIMENTO FIXO

Para que pudesse ser feito o levantamento de todos os custos com a estrutura e maquinário necessário para a produção de ferro fundido. A Tabela 1 exibe todos os valores necessários para a implementação da fundição.

Tabela 1 - Infraestrutura do investimento fixo

Infraestrutura	
Terreno	R\$ 90.000
Terraplanagem	R\$ 12.000
Projeto	R\$ 5.000
Galpão	R\$ 366.480
Cisterna	R\$ 25.000
Escritório	R\$ 265.000

O Terreno cotado para o empreendimento se encontra no distrito industrial da cidade sede da atual empresa. A prefeitura está loteando o distrito em tamanhos diversos, e o melhor custo-benefício possível para a fundição está no lote de 30m por 120m, totalizando 3.600m². O valor do metro quadrado ofertado é R\$25,00 para o pagamento à vista. Por ser uma área industrial, a empresa estará sujeita a três obrigações, sendo elas:

- ✓ As edificações deverão abranger 50% da área outorgada;

- ✓ As atividades operacionais deverão ser iniciadas em 12 meses a contar da data da assinatura do contrato;
- ✓ Estar com 60% das edificações concluídas em até 2 anos da data da assinatura do contrato e totalmente concluída em 5 anos da data da assinatura do contrato.

Na Terraplanagem constam todos os procedimentos requeridos pela construção, tais como adição de terra, nivelamento do terreno e o trabalho de compactação da nova terra. Já no item Projeto se encontra os quatro projetos necessário para a construção, sendo eles os projetos de arquitetura, de engenharia, elétrico e hidráulico.

Na seção Galpão estão incluídos as vigas de concreto (prémoldado), o fechamento lateral do galpão, o piso industrial e o portão (ver Anexo A e B). A estrutura de prémoldado que foi orçada para suportar uma ponte rolante com capacidade bruta de 25ton – possibilidade de expansão futura – sairá por R\$180,00 o metro quadrado contido no galpão. Pelo projeto de engenharia, o galpão terá 1050m², o que resultará num custo de R\$189.000. A empresa que fornecerá as vigas de concreto também é responsável pela entrega das tesouras e terças (componentes da estrutura do telhado).

O fechamento lateral do galpão será feito de alvenaria e custará R\$80 o metro quadrado acabado. O galpão terá 981m², caracterizados por duas laterais de 42m e o fundo de 25m, além do pé direito de 9m. O custo dessa etapa é de R\$78.480.

A construção da Cisterna se faz necessária devido ao grande volume de água exigido na refrigeração dos fornos elétricos para fusão do metal. Essa cisterna armazenará água proveniente da chuva, será subterrânea e terá capacidade de 20m³ de água. Além da utilização como refrigeração dos fornos, essa água poderá ser destinada aos banheiros e aos serviços de limpeza. Já o escritório será uma construção adjacente à estrutura do galpão

Tabela 2 - Equipamentos do investimento fixo

Equipamentos	
Maquinário	R\$ 430.460
Laboratório	R\$ 100.200
Bob Cat	R\$ 38.000
Caminhonete	R\$ 22.551
Acessórios	R\$ 12.850

Para o custeio dos Equipamentos, foi necessário identificar qual é o gargalo de produção. Neste caso, foi constatado que há cilindros com peso bruto (antes da usinagem) próximos de 1000kg. Além disso, o vazamento do metal deve ser efetuado em uma única vez, evitando, desta forma, descontinuidades do material. Para tanto, foram designados dois fornos – conhecidos também como cadinhos elétricos – com capacidade bruta de 500kg cada um.

Contudo, esses fornos não trabalharão em produção contínua durante todo o mês, porque a previsão de fundição está próxima das 28ton/mês, visto que a nossa capacidade de produção é de até 77ton/mês. Consequentemente, haveria um número maior de operários para suprir tal produção, porém não é necessário para o cenário da empresa. Além dos cadinhos elétricos, consta também os painéis elétricos de 380 Volts, as torres de resfriamento, o módulo de bombeio de água e o transformador.

O Laboratório é de extrema importância para essa fundição. A produção do ferro de cilindros é necessário que se faça a inspeção da composição da liga fundida. Há a adição de várias ligas para se chegar na propriedades específicas, principalmente a alta dureza requisitada do produto acabado. Desta forma, foi cotado o espectrômetro para ferros e ligas. Somado ao equipamento de medidas, consta um computador para análise dos dados.

Tabela 3 - Taxas e licenças do investimento fixo

Taxas e Licenças	
Taxas municipais	R\$ 5.000
Licença ambiental	R\$ 14.000

Conforme a Tabela 3, as Taxas e Licenças são decorrentes ao tipo de indústria e às legislações federais, estaduais e municipais. As Taxas municipais são necessárias para o início das obras e para o recebimento do alvará após o término da construção. Já as Licenças ambientais são tarifas deferidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), das quais são consideradas a Licença Prévia, a Licença de Instalação e a Licença de Operação.

4.2 CUSTOS

Os custos de uma empresa estão vinculados à atividade produtiva. Em outras palavras, tudo o que é gasto relativo às operações básicas da fábrica – fundição de ferro neste caso – será ponderado como custos. Alguns tipos de custos são os variáveis e os fixos.

4.2.1 Custos Variáveis

Os custos variáveis desse projeto foram levantados à partir de um atual fornecedor de FoFo. Com o gerente encarregado da produção, foram encontrados os custos com o ferro Gusa até o custo com descarte da areia utilizada no processo de moldagem. O resultado dessa pesquisa está exemplificado na Tabela 4.

Tabela 4 – Custos variáveis dos insumos.

Custos Variáveis		
Tipos	Total mensal	Unitário
Água	R\$ 503,10	0,02 R\$/kg
Areia	R\$ 395,59	0,02 R\$/kg
Energia	R\$ 9.483,25	0,44 R\$/kg
Gusa	R\$ 51.720,48	2,39 R\$/kg
Ligas ferrosas	R\$ 4.877,10	0,23 R\$/kg
TOTAL	R\$ 66.888,23	3,09 R\$/kg

Os fornos elétricos para derretimento do ferro Gusa precisam ser refrigerados por água, visto que a água que retirará calor do forno será resfriada em torres de resfriamento, na qual parte da água se evaporará. O cálculo da água também leva em consideração os gastos com limpeza, banheiros e vestiários. Com a atual fundição *supplier* de FoFo, foi estipulado que, para uma produção líquida em torno de 21,7 toneladas de peças por mês, haverá um gasto de 65m³ de água. Como o custo da água para as indústrias é de R\$7,74 por m³, resultaria no gasto mensal de R\$503,10.

A areia que será utilizada nas caixas de moldagem do modelo, assim como na macharia, deve ser preparada com a areia branca e adição de uma resina para que tenha a capacidade de compactação desejável e permaneça intacta durante o processo de vazamento do metal líquido e de cura desse metal. Para isso, 5,4 m³ de areia serão renovados por mês, com um custo de R\$73 por m³, totalizando R\$395,59 mensais.

Os gastos com energia já passam a ser consideráveis, uma vez que a fusão do metal se dará pela corrente elétrica. Com base no nosso atual fornecedor, o gasto energético será de R\$9.483,25. Esse gasto é maior do que o calculado pelo *handbook* do fabricante, já que o forno acumula resíduos na sua parede interna, diminuindo o volume interno disponível para a fusão e exigindo mais corrente elétrica para fundir o metal.

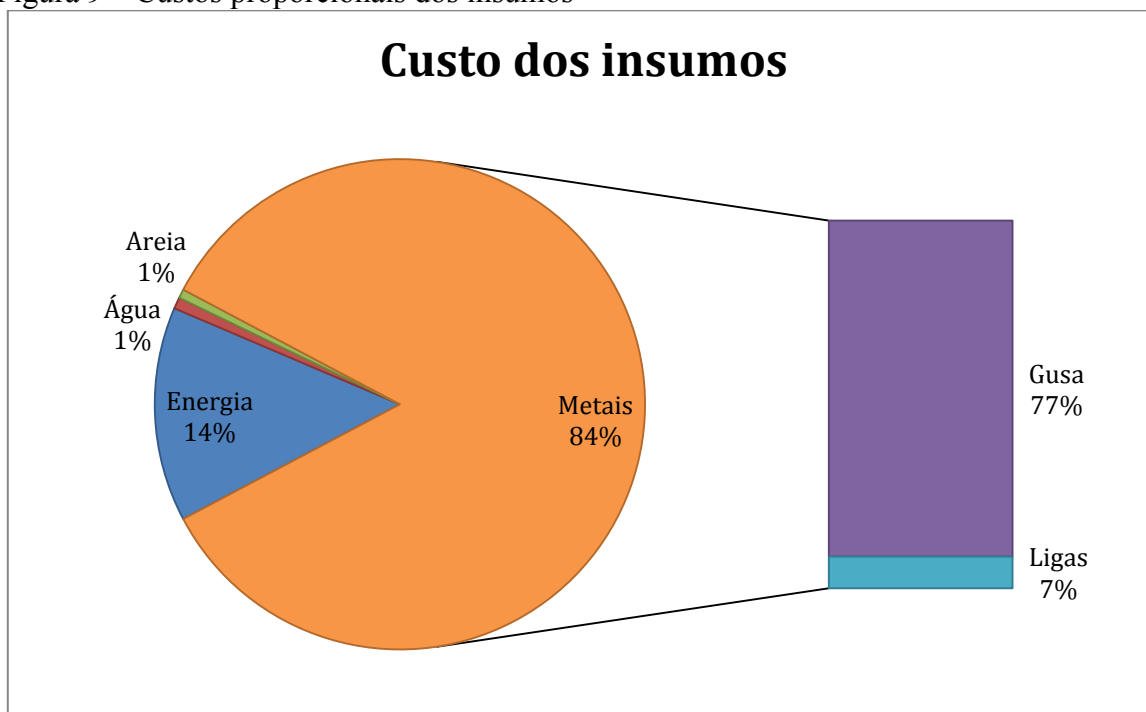
O custo do Gusa, somado o transporte, é de R\$1,70 por kg, porém a compra deverá ser feita com cargas de 20 toneladas. Segundo d'Avila Filho (2009), há uma diferença notável entre a quantidade de metal fundido e a quantidade e peça útil final. Ou seja, apenas 70,3% do metal derretido se transforma em peça acabada. Boa parte dessa perda é explicada por:

- ✓ Eliminação de canais
- ✓ Jato de granalha
- ✓ Perda de metal no próprio forno

Desta forma, o gasto mensal com o ferro Gusa será de R\$51.720,48.

Por último, as ligas ferrosas serão adicionadas ao Gusa conforme. Cada tipo de FoFo deverá ser composto por elementos distintos para que se chegue nas propriedades especificadas pelo metal. Como essas ligas representam cerca de 2% da massa total da peça e custam cerca de R\$9,00 por kg, resultarão em um gasto de R\$4.877,10 mensais.

Figura 9 – Custos proporcionais dos insumos



A Figura 9 sintetiza, de maneira gráfica, a proporção dos custos relacionados aos insumos da fundição. Fica evidente que os gastos com Areia e Água são desprezíveis e o custo com o Gusa é o que mais impacta na produção, por representar 77% do total.

4.2.2 Custos Fixos

Tabela 5 – Custos fixos mensais de produção

Custos Fixos		
Mão de obra	Quantidade	Total mensal
Forneiro	1	R\$ 3.900,00
Moldagem/Macharia	2	R\$ 3.120,00
Rebarbação	1	R\$ 1.560,00

O processo produtivo envolverá três tipos de mão de obra, sendo elas o Forneiro, os Moldadores e o Rebarbador. O Forneiro, além de ser responsável pelo controle do forno elétrico, será o colaborador que fará a adição das ligas ferro. Este tipo de trabalho envolve adicionais de

insalubridade e de periculosidade por estar próximo ao forno com temperatura próxima de 1300°C, ambiente com alta dispersão de poeiras minerais e com ruídos. Seu salário será de R\$3.900. Já o salário para os Moldadores e Rebarbadores será igual: R\$1.560 mensais. Esses trabalhadores receberam adicionais somente de insalubridade por estarem longe de uma possível explosão do forno elétrico.

4.3 DESPESAS

Por sua vez, as despesas de uma empresa estão relacionadas com os gastos administrativos, financeiros e comerciais. Assim como os custos, as despesas podem ser divididas entre variáveis e fixas.

4.3.1 Despesas Variáveis

A única despesa variável da empresa está relacionada com o descarte da areia utilizada na moldagem das peças. Por conter aditivos e estar contaminada com ferro, deverá ser enviada para um aterro industrial. Desta forma, será cobrada uma taxa do aterro proporcional ao peso que será despejado, além do frete respectivo da areia. Quando a produção estiver operando em sua capacidade máxima prevista, haverá um descarte de aproximadamente 500 kg, os quais totalizarão gastos mensais de R\$1000 com o aterro industrial e frete.

4.3.2 Despesas Fixas

Tabela 6 – Despesas fixas de mão de obra

Despesas Fixas		
Mão de obra	Quantidade	Total mensal
Gerente	1	R\$ 3.900,00
Técnico	1	R\$ 1.300,00

Nessa fundição não há a necessidade de um setor específico na área de compras e de vendas pelo fato de que uma parte da produção terá um cliente interno (a própria empresa) e os clientes externos poderão ser administrados pelo gerente. Seu salário será de R\$3.900. Todavia, o Técnico do laboratório de análises receberá um salário de R\$1.300. Pelo fato de ser um trabalho com bastante tempo ocioso entre as medições da composição química das fornadas, o Técnico dará suporte às atividades administrativas do Gerente.

Tabela 7 - Despesas fixas diversas

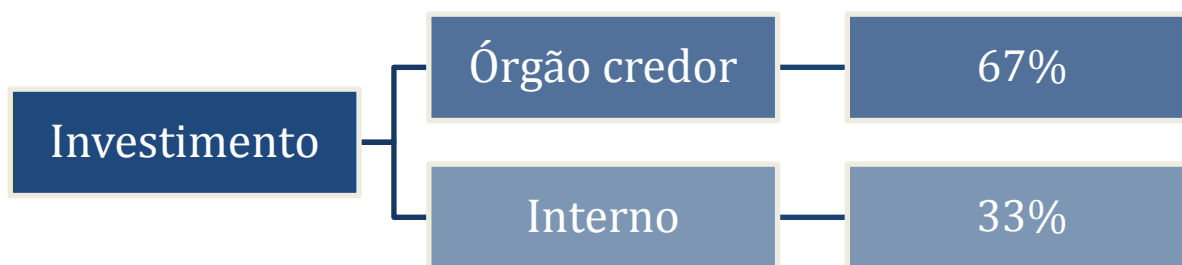
Despesas	
Veículo	R\$ 350,00
Máquinas	R\$ 1.000,00
IPTU	R\$ 360,00

As despesas com veículo são para sua manutenção e abastecimento, visto que as máquinas deverão ser inspecionadas e, conforme o necessário, deverão ser regulados os fornos e as torres de resfriamento. Por último, o IPTU será proporcional ao terreno e à área construída.

4.4 FINANCIAMENTO E DEPRECIAÇÃO DO MAQUINÁRIO

O capital de investimento será oriundo de duas partes:

Figura 10 – Proporção do financiamento e do capital interno investido no projeto



O órgão credor do projeto é o BNDES, com taxa de juros entre 3,5% a.a. à 6% a.a. Essas taxas variam pelo fato de que o investimento será aplicado em compra de novos equipamentos

com alta eficiência energética à investimento na estrutura física do barracão. Pelo maquinário orçado para esse projeto contribuir para não emissão de gases do efeito estufa, sua taxa de juros é a menor (3,5%), entretanto, as taxas de juros oferecidas para o processo de construção são variáveis (de 5% à 6% a.a.). A fim de que pudesse ser identificada uma taxa de juros que trouxesse maior segurança para o projeto, foi escolhida uma taxa média de 5,5% a.a. para o valor financiado pelo BNDES, a qual será quitada nos 84 meses do projeto. A Figura 11 exemplifica as saídas de caixa para o pagamento da dívida do financiamento do BNDES.

Figura 11 – Fluxo de caixa da amortização do financiamento pelo método PRICE

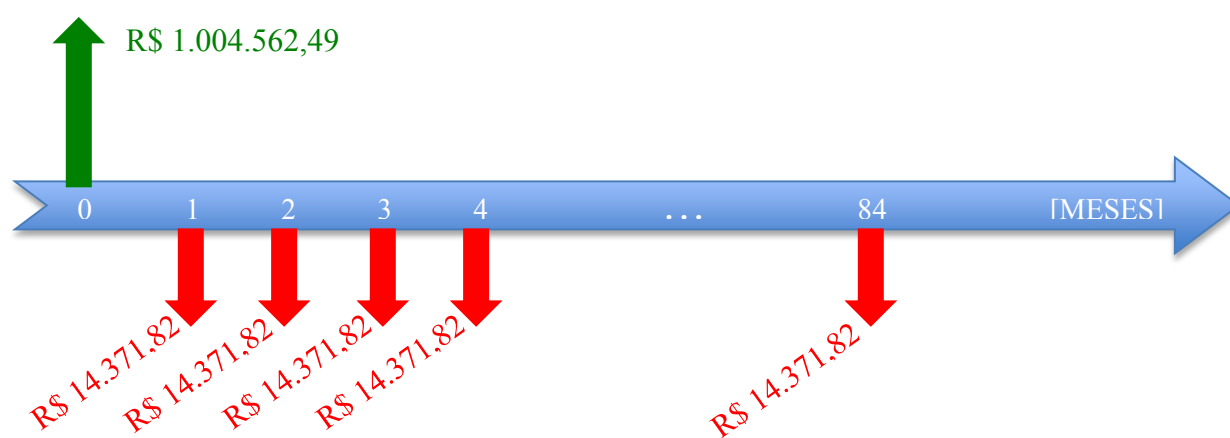


Tabela 8 – Tabela PRICE das primeiras prestações do financiamento do BNDES.

Tabela PRICE do Financiamento				
Meses	0	1	2	3
Saldo devedor	R\$ 1.004.562,49	R\$ 994.682,77	R\$ 984.758,88	R\$ 974.790,61
Amortização		R\$ 9.879,72	R\$ 9.923,90	R\$ 9.968,27
Juros		R\$ 4.492,10	R\$ 4.447,92	R\$ 4.403,55
Prestação		R\$ 14.371,82	R\$ 14.371,82	R\$ 14.371,82

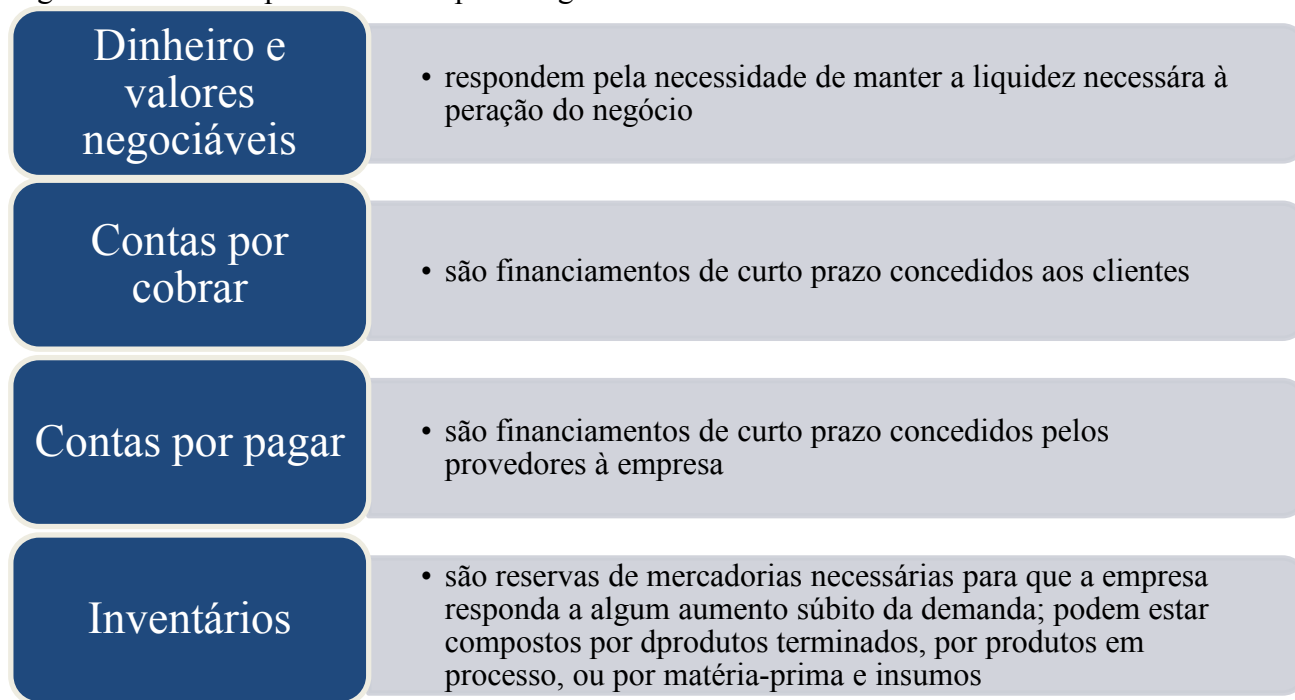
A Tabela 8 apresenta as 3 primeiras parcelas do pagamento da dívida com o BNDES, a qual foi criada pelo método PRICE. Como os valores das prestações serão constantes, isso favorece o fluxo de caixa do projeto já que não haverá grandes saídas de capital destinadas à quitação do financiamento.

Já a depreciação do maquinário e dos equipamentos foi calculada com base na Receita Federal. Pela Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998, os tipos de Bens da fundição se enquadram em "conversores, cadinhos ou colheres de fundição, lingoteiras e máquinas de vazar (moldar), para metalurgia, aciaria ou fundição". Para esses tipos de Bens, a depreciação ocorrerá em 10 anos, sendo com uma taxa anual de depreciação de 10% – para deixar essa taxa compatível com o fluxo de caixa, foi necessário converter essa taxa anual em taxa mensal, da forma que essa depreciação mensal será de 0.83%.

4.5 CAPITAL DE GIRO

"Sob o Ponto de vista contábil, o capital de giro é definido como a diferença entre o ativo e o passivo circulante" (SAMANEZ, 2007, p.82). Em outras palavras, o capital de giro de uma empresa é a reserva de caixa que se faz necessária pela defasagem entre a produção e o recebimento de suas vendas. Segundo Samanez (2007), a Figura 12 exhibe como o capital de giro é composto:

Figura 12 – Os componentes do capital de giro



Fonte: Adaptado de (SAMANEZ, 2007)

Para a elaboração do Capital de Giro que será necessário, foi utilizado o método do período de defasagem. "Esse método considera a diferença de tempo entre o momento em que o dinheiro é desembolsado para cobrir os gastos operacionais e o momento em que efetivamente ingressa o dinheiro proveniente das vendas" (SAMANEZ, 2007, p.84). Conseqüentemente, foi levantado todos os custos que a empresa teria durante um trimestre de funcionamento sem qualquer dinheiro relacionado às vendas já efetuadas. Além disso, foi acrescido uma margem de 20% nesse valor para se ter uma maior segurança. Desta forma, o Capital de Giro para a fundição será de R\$112.806,00.

4.6 LEVANTAMENTO DOS PREÇOS E DAS QUANTIDADES DE FOFO VENDIDAS

A empresa estudada comercializa quatro tipos de FoFo, sendo eles:

- ✓ Cinzento
- ✓ Nodular
- ✓ GGG-60
- ✓ Branco

Para encontrar os valores do preço de venda e quantidade de cada tipo de ferro, foi acessado a base de dados do sistema computacional da empresa, buscando todas as vendas efetuadas durante os últimos sete anos. Toda essa quantidade de dados se fez necessária para que pudesse ser criado um prognóstico de vendas o mais preciso possível. Esse processo de coleta de dados foi demorado, porque o sistema computacional não apresenta os tipos de informações necessárias para que fossem separadas as vendas mensais de cada tipo de material ou produto.

Figura 13 – Evolução do preço semestral do FoFo Cinzento por kg de peça acabada.

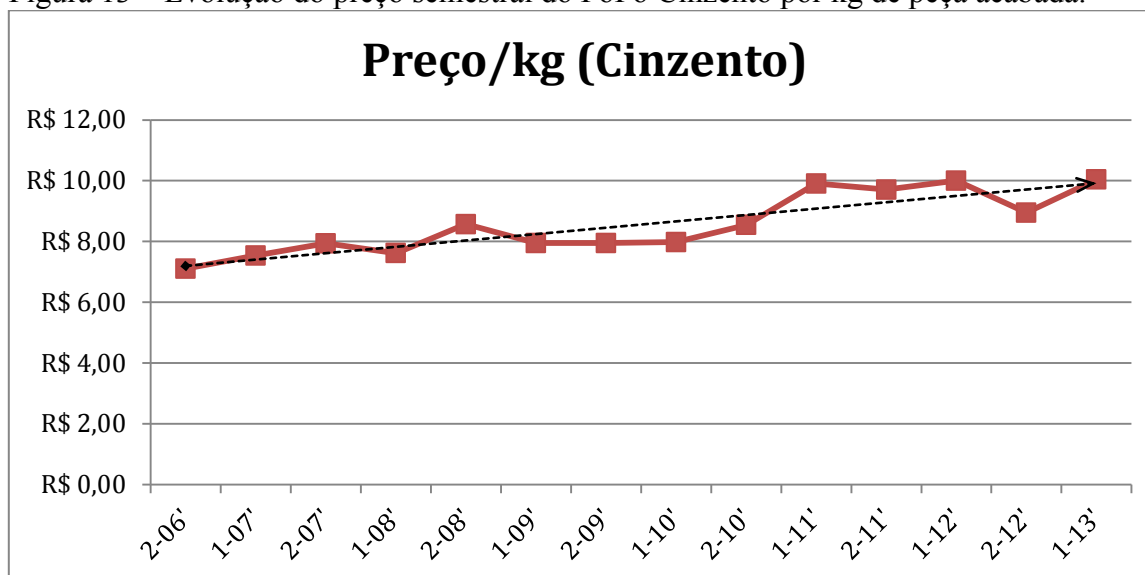
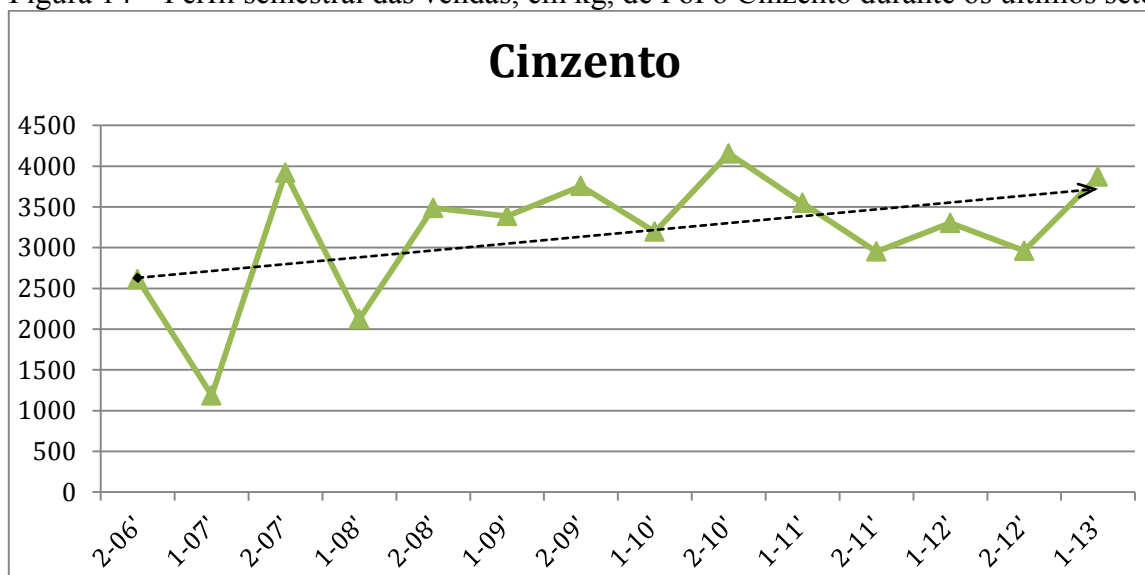


Figura 14 – Perfil semestral das vendas, em kg, de FoFo Cinzento durante os últimos sete anos.



As Figuras 13 e 14 exibem, respectivamente, a tendência do preço médio semestral de venda do quilograma de FoFo Cinzento, já incluindo os descontos dados em cada item vendido, assim como a tendência da quantidade de quilos de peça acabada do mesmo material sendo vendidos semestralmente. O preço médio do quilograma do Cinzento estava em R\$7,11 e chegou em R\$10,04 e a quantidade de Cinzento vendido foi de 2.600kg para 3.800kg por semestre, apesar da flutuação da demanda.

Figura 15 – Evolução do preço semestral do FoFo Nodular por kg de peça acabada.

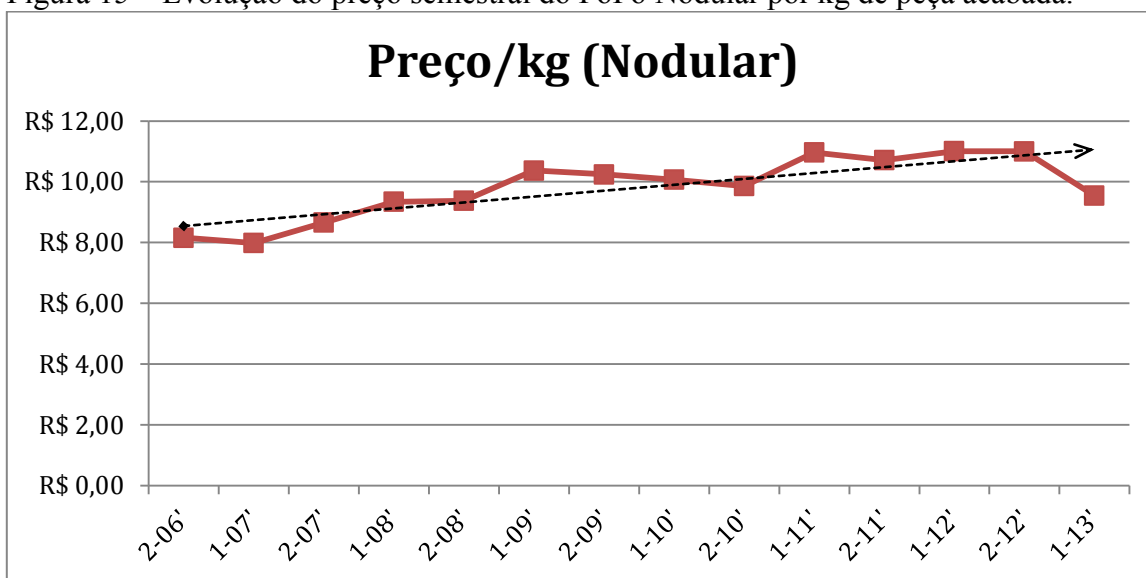
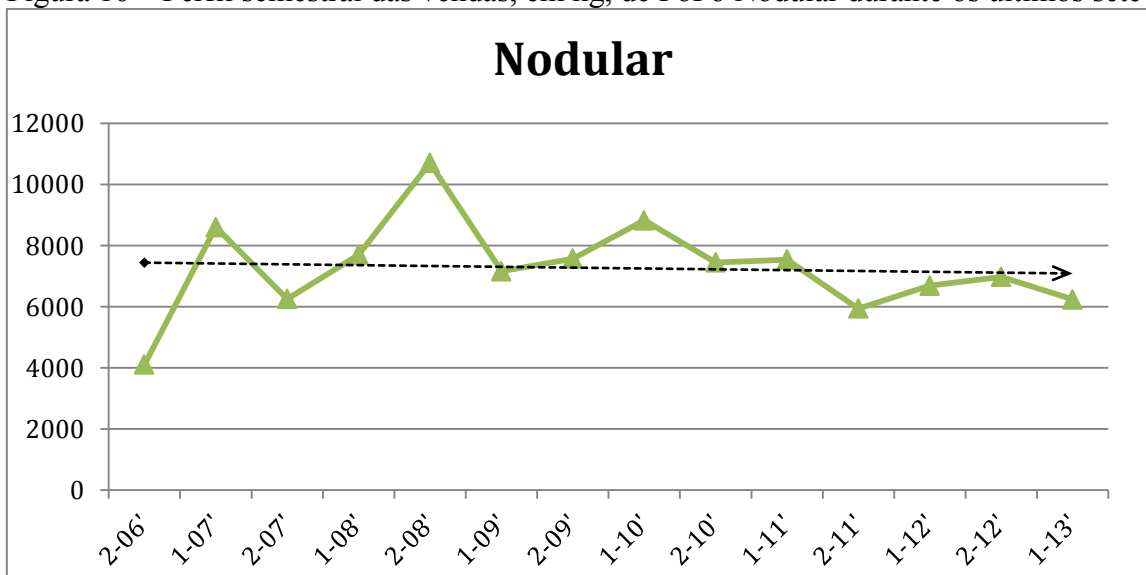


Figura 16 – Perfil semestral das vendas, em kg, de FoFo Nodular durante os últimos sete anos.



Por sua vez, as Figuras 15 e 16 também apresentam as mesmas tendências das Figuras 13 e 14, porém as tendências são feitas para o FoFo Nodular. O preço médio do quilograma de Nodular estava em R\$8,20 e chegou em R\$11. Entretanto, não houve tendência de crescimento na quantidade de Nodular vendido, porque mesmo apresentando variações naturais no volume de

venda como reflexo do mercado, a quantidade vendida se manteve na mesma faixa dos 7.400kg semestrais.

Figura 17 – Evolução do preço semestral do FoFo GGG-60 por kg de peça acabada.

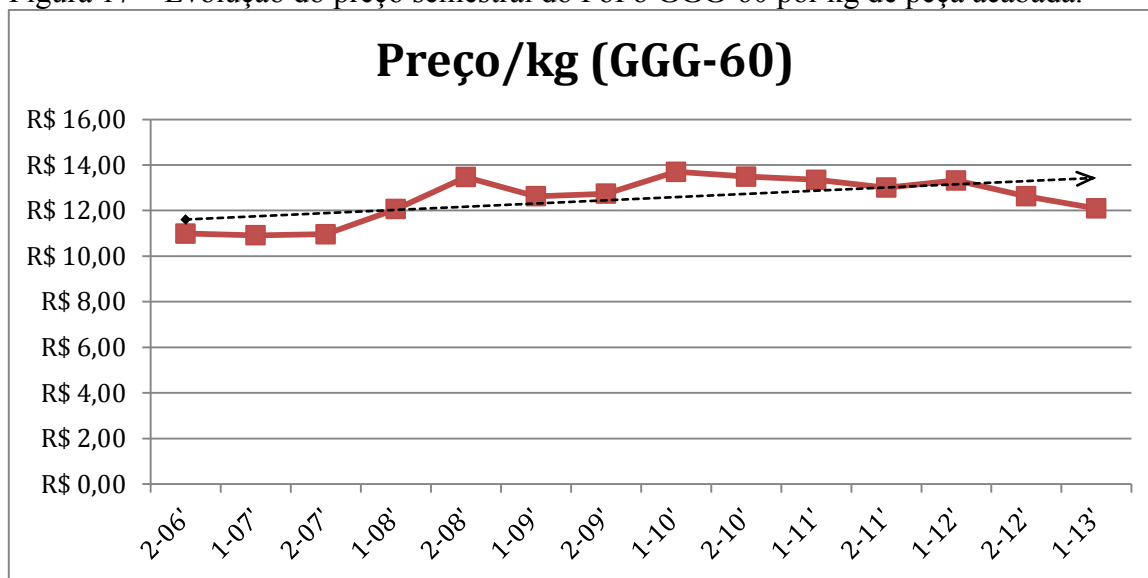
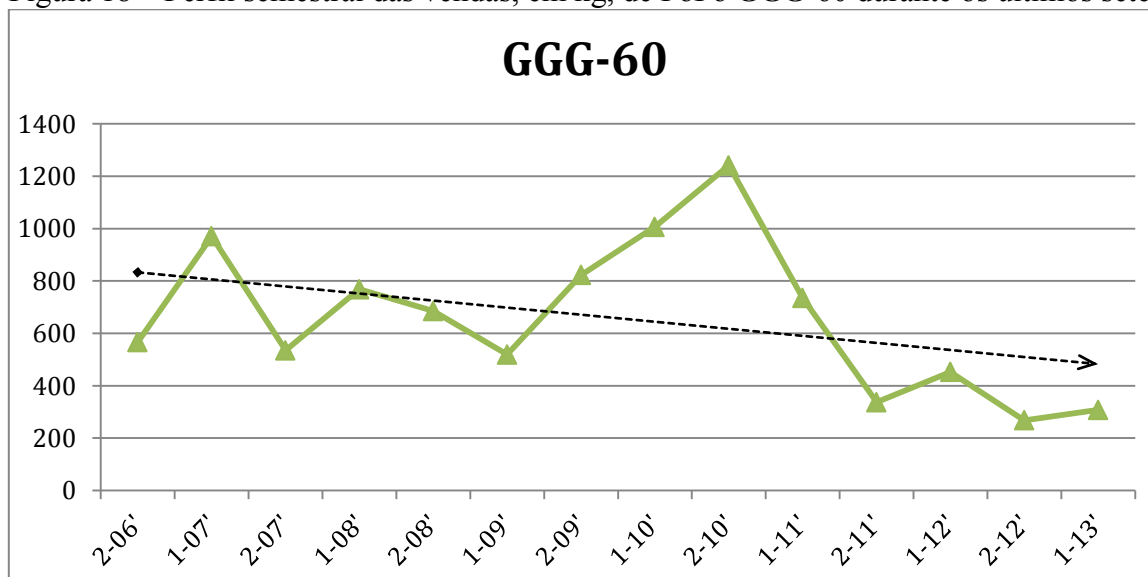


Figura 18 – Perfil semestral das vendas, em kg, de FoFo GGG-60 durante os últimos sete anos.



A tendência de crescimento para o preço médio semestral do FoFo GGG-60, como visto na Figura 17, é mais moderada quando comparada ao Cinzento (+41,21%) e ao Nodular (+34,15%), aumentando de R\$11,50 para R\$13,45 o quilo da peça acabada (+16,96%). Por outro lado, na

Figura 18 fica evidente a tendência de decréscimo da quantidade de GGG-60 vendida, de 820kg para 480kg semestrais (-41,46%).

Figura 19 – Evolução do preço semestral do FoFo Branco por kg de peça acabada.

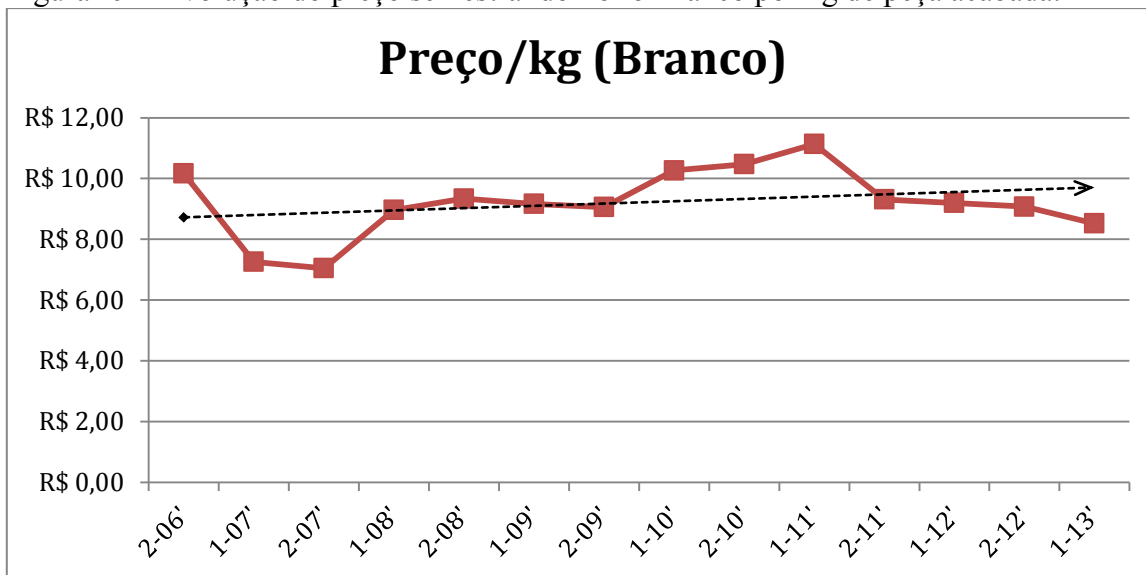
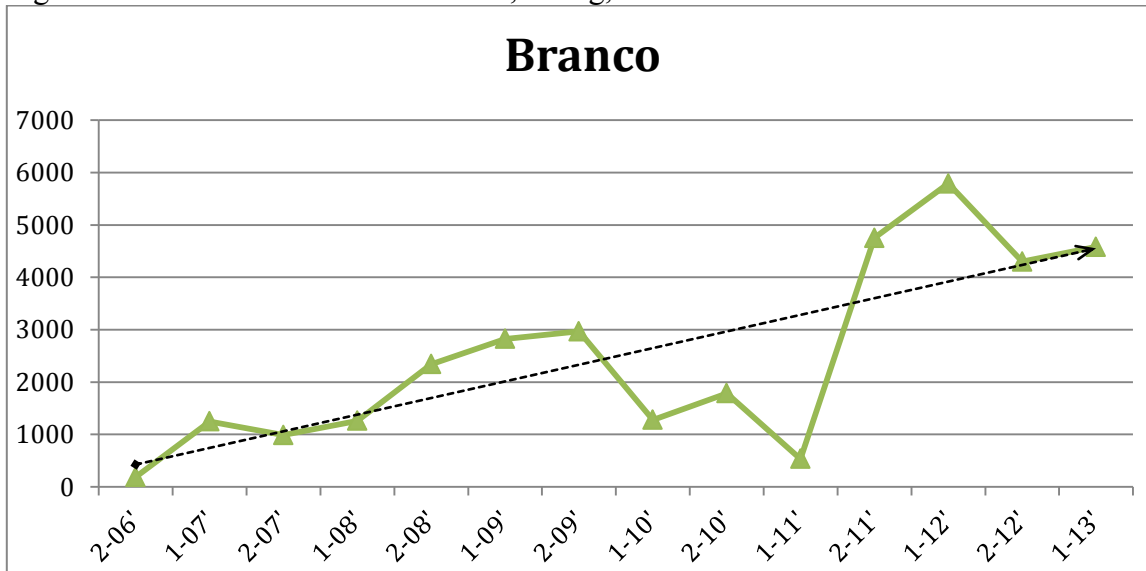


Figura 20 – Perfil semestral das vendas, em kg, de FoFo Branco durante os últimos sete anos.



No último tipo de ferro comercializado, os preços médios semestrais na Figura 19 para o FoFo Branco não apresentam uma tendência fixa de crescimento com o passar dos anos, porque

houveram trocas de fornecedores para esse tipo de FoFo. Os principais fatores foram a baixa qualidade das peças fundidas – basicamente os problemas se caracterizam por trincas e buracos – e pelo pouco comprometimento das empresas *suppliers* do FoFo Branco, uma vez que os custos com a diretos e indiretos com a perda dessas peças de peso elevado (de 250kg à 1050kg) ficava sobre a responsabilidade da empresa estudada. Contudo, houve uma tendência de aumento da venda desse material, principalmente a partir do segundo semestre de 2011 (ver Figura 20). Desse semestre em diante, houve uma política de vendas voltada a esse tipo de equipamento (Cilindros), algo que explica o aumento repentino na quantidade de FoFo Branco.

Figura 21 – Evolução do preço semestral do FoFo por kg de peça acabada.

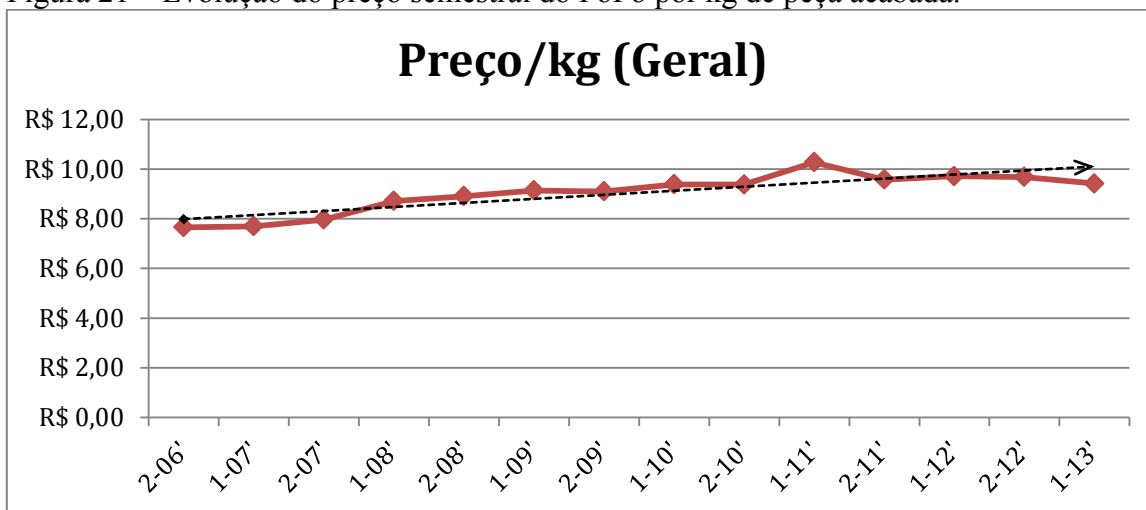
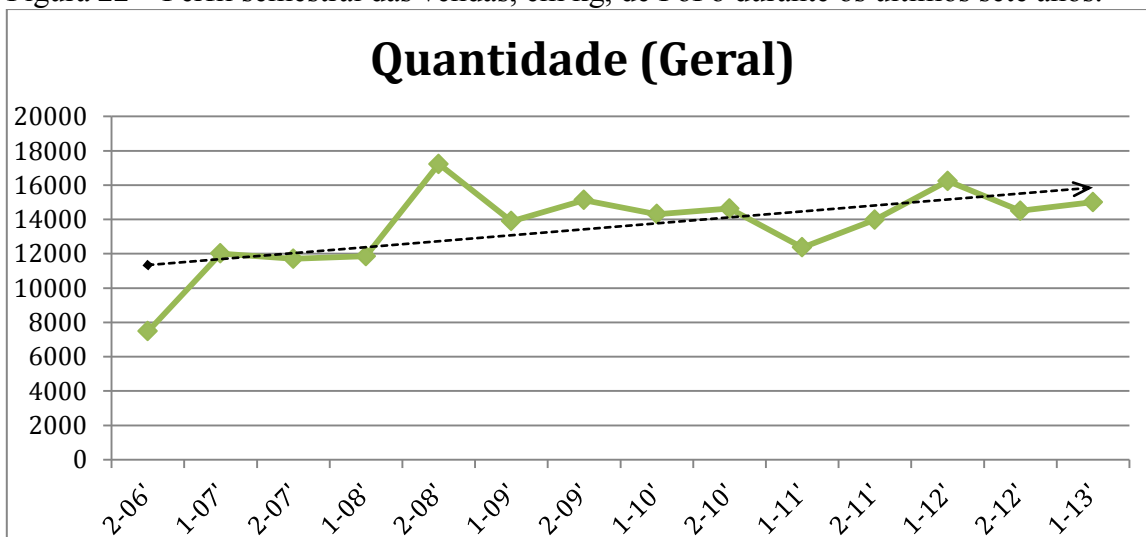
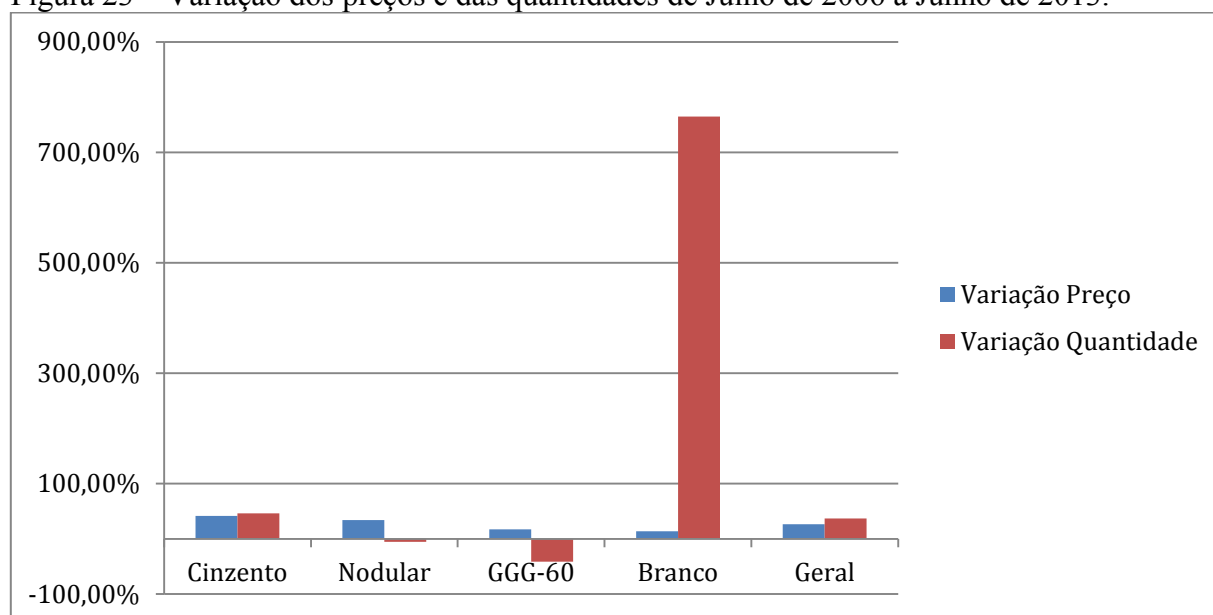


Figura 22 – Perfil semestral das vendas, em kg, de FoFo durante os últimos sete anos.



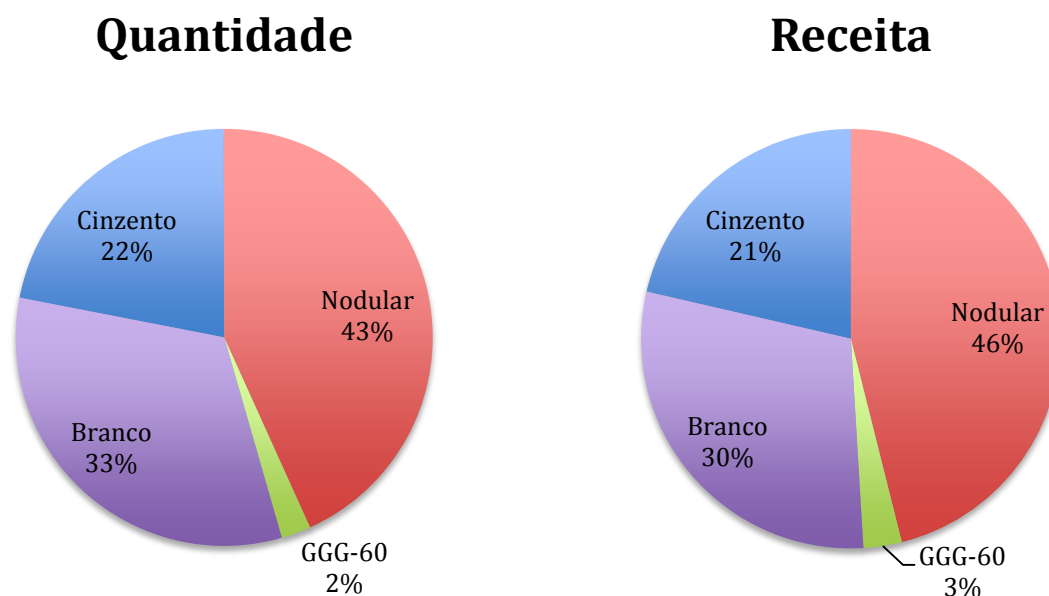
Para ter uma ideia simplificada do segmento de vendas de peças e equipamentos nesse setor (Cerâmica Vermelha), foram criados os mesmos tipos de gráficos, mas os dados das Figuras 21 e 22 representam o preço médio semestral ponderado e a somatória das quantidades semestrais fundidas. Desta maneira, é possível notar as tendências dos crescimentos do preço médio semestral do FoFo (+26,42%) e da quantidade (+36.75%).

Figura 23 – Variação dos preços e das quantidades de Julho de 2006 à Junho de 2013.



A Figura 23 exhibe as taxas de variação dos Preços e das Quantidades para cada tipo ferro, assim como a variação geral da venda de produtos de FoFo. Desta maneira, fica evidente que a política de venda voltada às peças de FoFo Branco se destacou da média. A partir dessa estratégia de venda, a qual iniciou-se no segundo semestre de 2011, pode ser quantificado a proporção da produção dos FoFos.

Figura 24 – Proporções das quantidades fundidas e das receitas geradas por cada tipo de FoFo.



Com esses últimos gráficos da Figura 24, é possível notar a importância que cada tipo de ferro tem para o linha de fundição e, conseqüentemente, a relevância que esses tipos de ferro tem para a receita. O FoFo Nodular tem a maior fatia da receita (46%), em seguida está o Branco (30%) e o Cinzento (21%). Por último, e com menor importância é o GGG-60 (3%). Essas divisões de quantidade e receitas serão importantes para que seja feita uma previsão das vendas de uma maneira que condiz com o cenário atual da empresa.

5 MODELAGEM DA INCERTEZA EM ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Embora existam alguns registros isolados da utilização da SMC em datas bastante anteriores a de 1944, o desenvolvimento sistemático do método ocorreu por volta desta data, durante a Segunda Guerra Mundial, sendo usada como ferramenta de pesquisa no Projeto Manhattan para a construção da bomba atômica. Tinha como propósito chegar a soluções aproximadas de problemas referentes à difusão randômica de nêutrons no material nuclear, através de simulações. O nome Monte Carlo foi dado por um de seus criadores, o matemático austríaco *Stanislaw Ulam*. Alguns autores mencionam que o nome Monte Carlo foi dado pela similaridade entre a simulação estatística e a principal atividade da cidade de Monte Carlo (capital do principado de Mônaco), um grande centro de jogos de azar.

Os primeiros estudos envolvendo Simulação de Monte Carlo e avaliação de investimentos de capital foram feitos por David B. Hertz e publicados em um artigo na revista *Harvard Business Review* em 1964.

A definição de SMC varia segundo os diferentes enfoques dos autores, uma vez que se guiam por diferentes objetivos. Contudo, o que se pode dizer é que a simulação de Monte Carlo consiste em uma técnica que determina a possível distribuição dos resultados de um processo, a partir de valores selecionados randomicamente das variáveis de entrada. Geralmente as variáveis de entrada representam as variáveis de decisão ou opções que os gerentes têm a mão para verificar determinado resultado (HUDSON e TILLEY, 2014).

Para ARUNRAJ *et al.* (2013), a técnica de simulação de Monte Carlo é um método abrangente, onde as formas de investigação estão baseadas no uso de números randômicos e estatística de probabilidade, tendo aplicações em diferentes ramos da ciência. Para que esteja presente em um estudo, é necessário apenas que este faça uso de números aleatórios na verificação do problema.

A técnica de simulação de Monte Carlo pode ser útil auxiliando as técnicas de decisões de investimentos (DIAS, 1996; HAAS, 1997). A simulação calcula o valor esperado e a dispersão (desvio padrão) de uma variável (*Valor Presente líquido*) considerando a faixa de variação e a distribuição de probabilidades de um conjunto de parâmetros incertos.

O método de simulação de Monte Carlo gera, continuamente e aleatoriamente, números a fim de criar vários cenários de eventos possíveis de acontecerem. Essa geração “randômica” isenta os números de uma inclinação mais otimista ou pessimista do autor da projeção. Cada geração de novos valores corresponde a um evento ou cenário provável de ocorrer, que é inserido em uma distribuição de probabilidade. A disposição desses eventos em uma distribuição possibilita a avaliação da probabilidade de ocorrência de cada evento, através de medidas de estatística descritiva, como a média e o desvio padrão (VARGAS *et al.*, 2014).

Em uma projeção, identificam-se as variáveis que serão geradas aleatoriamente. As variáveis aleatórias normalmente apresentam seus possíveis valores dentro de uma faixa identificada por um valor mínimo e um máximo. Além dessas variáveis, existem variáveis independentes que, ou são constantes (desvio padrão igual a zero) ou variam de outra forma, independentemente das variáveis inicialmente identificadas.

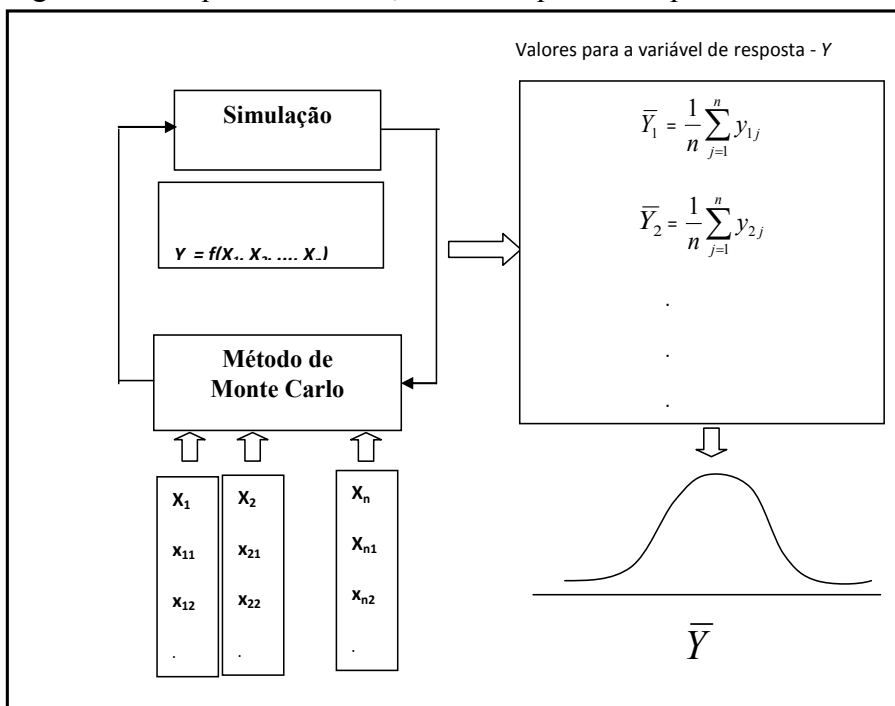
Após a caracterização de cada variável do problema, inicia-se uma geração de números aleatórios, respeitando a faixa adotada para cada variável independente. Faz-se interessante ressaltar que essa geração pode ser efetuada através de tabelas de números aleatórios ou mais comumente através de geração computacional. Os recursos computacionais disponíveis atualmente permitem que esse método seja facilmente utilizado e seus resultados sejam apresentados de várias formas, inclusive graficamente.

Estes números são usados para selecionar os valores de cada variável de entrada, durante a montagem de cenários. A geração desses números aleatórios pode ser classificada em três grupos:

- ✓ **Aleatórios:** Os números aleatórios são selecionados por meios não determinísticos, que não envolvem algoritmos ou funções, e normalmente são obtidos por intermédio de eventos naturais ou físicos (SOBOL, 1994);
- ✓ **Pseudo-aleatórios:** São obtidos por meio de algoritmos, de tal forma que apresentem um ciclo de repetição tão alto quanto possível, de modo a simular uma distribuição verdadeiramente randômica. Neste grupo, enquadram-se os métodos de congruência linear abordados por Gentle (1998);
- ✓ **Quase-aleatórios:** Conhecidos como sequências de baixa discrepância, são também obtidos por procedimentos matemáticos (BEZERRA e CARMONA, 2001).

A dúvida que surge é: “como planejar um estudo de análise financeira, utilizando a Simulação de Monte Carlo?”. A Figura 25 apresenta as etapas necessárias para o projeto de análise financeira utilizando a SMC.

Figura 25 – Esquema da SMC, com enfoque nas etapas.



Como exemplo da aplicação da simulação de Monte Carlo, apresentado na Figura 25, pode-se considerar um projeto de investimento em uma geradora de energia, que pode ser, por exemplo, o investimento em aumento de capacidade pela aquisição de mais um equipamento ou a instalação de mais uma planta geradora. Neste caso, primeiramente é feita uma análise determinística, que tem o objetivo de descobrir quais são as variáveis de entrada que mais impactam na viabilidade do projeto, que são seleção de vendas (contratos realizados), seleção de custos fixos¹ e os custos variáveis.

[1] Aqui pode ser questionada a nomenclatura custo *fixo* e sua utilização no modelo como distribuição de probabilidade. Contudo, vale ressaltar que os custos fixos podem variar dependendo do projeto que está sendo analisado, por isto os custos fixos foram incluídos no exemplo como sendo uma distribuição de probabilidade.

Admitindo que o critério de decisão a respeito da viabilidade do projeto seja a *TIR (Taxa Interna de Retorno)*, cada variável de entrada pode ser definida como uma variável aleatória, com sua respectiva distribuição de probabilidade (Normal, Weibull ou beta). A partir destas distribuições podem-se gerar os cenários, combinando-se aleatoriamente as variáveis de entrada, de acordo com sua distribuição de probabilidade, e medindo-se a *Taxa Interna de Retorno*. Deste modo, pode-se obter um conjunto de possíveis valores para a *TIR*, que pode ser considerada como uma variável aleatória, com distribuição de probabilidade apropriada. De posse desta distribuição é possível verificar a probabilidade de determinada faixa de resultado ocorrer, assim como os riscos de que uma faixa de resultados negativos ocorra. Essa sistemática considera, então, os aspectos relevantes do risco associado e diminui a influência subjetiva do projetista.

5.1 ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DO MÉTODO

Os diversos trabalhos publicados que fazem uso da simulação de Monte Carlo não apresentam uma sequência padronizada de aplicação ou seguem algum *tutorial*. No entanto, através da pesquisa realizada pode-se dizer que há certa uniformidade quanto a algumas etapas do método, entre as quais se pode destacar: definição de parâmetros ou variáveis de entrada fortemente correlacionados com a saída do modelo, confecção de uma estatística descritiva das variáveis de entrada definidas anteriormente, montagem dos cenários, através da combinação aleatória das variáveis de entrada (representadas por distribuição de probabilidades) e, finalmente a descrição das variáveis de saída como distribuição de probabilidade (ARUNRAJ *et al.*, 2013; HUDSON e TILLEY, 2014).

Segundo Hertz (1964), na análise de risco a utilização do método de simulação de Monte Carlo requer a passagem pelas seguintes etapas: Confecção do *design* do modelo de análise de risco, definição da distribuição das incertezas do problema analisado, modelagem da dependência entre as incertezas do modelo e, finalmente a apresentação e interpretação dos resultados obtidos.

O aumento da utilização da simulação de Monte Carlo se deu graças ao desenvolvimento de softwares que fazem uso do método. Além disso, a SMC pode ser implementado no *MsExcel*® e existem alguns softwares que executam a SMC: *Crystal Ball*® e *@Risk*®. As seções que seguem discutem cada etapa para a realização da simulação de Monte Carlo em ambientes computacionais.

5.1.1 Confeção de um modelo de análise de risco

Durante a confecção do modelo, a consideração mais importante é que o modelo seja capaz de fornecer as informações necessárias à tomada de decisão. O modelo deve ser flexível para permitir adaptações, além de apresentar rótulos e comentários para facilitar a sua utilização. As variáveis de entrada, mesmo as que não apresentam uma distribuição de probabilidade (determinística), devem ser colocadas em um lugar visível na planilha de trabalho, ao invés de serem utilizadas dentro de fórmulas ou implícitas em cálculos. É importante lembrar que as variáveis de incerteza podem aparecer em várias partes do modelo, devendo ser vinculadas apenas a uma única célula, evitando falhas na construção do modelo. É recomendada a prática da elaboração de um diagrama que represente o modelo permitindo aos demais integrantes da equipe de análise de viabilidade comentários e aprovação.

É recomendado, ainda que o problema seja separado em pequenos componentes. Este desmembramento torna a lógica do modelo mais aparente. Por exemplo, para o caso de um gerente de marketing que deseja prever o volume de vendas do próximo período, se ele quebrar as vendas por produto, região, etc., permite a apresentação de planos de vendas instantaneamente. Assim sendo, o desmembramento pode revelar a relação de dependência que não é simples de ser percebida.

No processo de simulação, segundo Haas (1997), a confecção do projeto geralmente é realizada em uma reunião com as pessoas envolvidas nesse projeto ou plano de investimento. O mesmo autor fornece um exemplo para esta etapa do projeto: considerando um industriário do setor químico, que deseja investir em aumento de capacidade da indústria de fornecimento de produtos. Deste modo, o primeiro passo adotado por este gerente consiste em reunir a gerência ou chefia dos departamentos e definir os principais parâmetros ou variáveis de entrada que são necessários para se estimar o *Valor Presente Líquido* do empreendimento. As principais variáveis de entrada selecionadas foram: tamanho do mercado, preço de venda, taxa de crescimento do mercado, investimento requerido, valor residual do investimento, custos operacionais, custos fixos, tempo de uso da instalação. Embora este exemplo seja uma situação típica nas empresas, cabe ressaltar que se trata de uma análise subjetiva, ainda que feita por quem está diretamente ligado ao processo.

Para Spiney e Wats (1996), um enfoque menos subjetivo e mais rigoroso, consiste em estipular uma medida de correlação entre as variáveis de entrada e a informação de saída. Segundo o mesmo autor, geralmente se utiliza análise de sensibilidade para verificar o grau de dependência da resposta do modelo com cada variável de entrada. Esta análise de sensibilidade permite reduzir o número de variáveis dentro do modelo, diminuindo, assim, o esforço necessário para se obter informações a respeito da incerteza, uma vez que isto será feito somente para as variáveis que realmente tem forte impacto sobre o resultado.

5.1.2 Modelagem da variável dependente

Para o projeto de expansão das atividades da indústria, a variável dependente é o *Valor Presente Líquido*, que é calculado utilizando-se o fluxo de caixa do empreendimento, descontado a uma taxa de juros. O fluxo de caixa do empreendimento depende do investimento, das quantidades vendidas dos produtos e impostos, como pode ser verificado na equação 4, sendo que cada componente deste constitui uma variável independente, afetada de incerteza.

$$FC_t = (\text{Lucro antes de impostos } (p, q)_t - dep_t - IRPJ_t) + dep \quad (4)$$

Sendo:

FC_t = Fluxo de caixa na data t ;

dep = Depreciação na data t ;

$IRPJ_t$ = Imposto de Renda de Pessoa Jurídica na data t .

A parcela *lucro antes de impostos* $(p, q)_t$ é função da quantidade do produto e do preço. É difícil afirmar que os preços e as quantidades não vão se alterar. Deste modo, a próxima etapa consiste em modelar estatisticamente as incertezas do preço, quantidades e da taxa de desconto.

5.1.3 Coleta de dados e definição da incerteza das variáveis independente

Segundo Vargas et al. (2014) neste ponto é importante definir o método que retrate as distribuições para as variáveis incertas dentro de um modelo de análise de risco. Vários tipos de

distribuição podem ser usados. De acordo com Laubsch e Ulmer (2001), dentre as principais vantagens da aplicação do método de Monte Carlo está a possibilidade de que os dados de entrada sejam tratados, não de forma determinística, mas como uma distribuição de valores. Deste modo, a análise proporcionada pela simulação de Monte Carlo é mais rica em relação a algumas técnicas existentes, graças à montagem de cenários que são geradas em função dos valores que as variáveis de entrada podem assumir, respeitando a distribuição de probabilidade associada a cada variável.

Sobol (1994) apresenta os tipos de distribuição mais utilizados na modelagem de incerteza de algumas variáveis. Deste modo, o Apêndice A apresenta as características das distribuições de probabilidade.

A principal questão a ser discutida, nesta fase é a como determinar a distribuição dos dados de entrada, em uma análise que utilize a simulação de Monte Carlo. A primeira abordagem, ou seja, a utilização de técnicas de inferências estatísticas consiste em atribuir aos dados uma distribuição teórica, como Exponencial, Normal ou Poisson, e realizar os testes de hipóteses para determinar o quanto a distribuição se ajusta aos dados. Quando um valor aceitável para o parâmetro que verifica o ajuste da distribuição dos dados à curva selecionada é atingido, escolhe-se esta distribuição para gerar os valores aleatórios para as variáveis de entrada. Uma segunda abordagem utiliza diretamente os dados para definir a distribuição empírica sem representá-los por formas teóricas de distribuição. Deste modo, durante a simulação, as variáveis são retiradas diretamente da distribuição empírica.

Quando há a possibilidade de escolha, é recomendável utilizar a primeira abordagem, por duas razões: quando se utiliza a distribuição empírica, esta é baseada em uma coleção finita de pontos, e pode ocorrer que diferentes observações conduzam a diferentes distribuições empíricas, ou seja, determinados valores que a variável aleatória pode assumir podem não ser considerados. Com a utilização da distribuição teórica, este erro é eliminado, pois estas distribuições são menos sensíveis a tais comportamentos das variáveis do sistema. Além disso, um dos objetivos da simulação é inferir sobre o comportamento do sistema, caso a variável de entrada assumam um determinado valor extremo, que pode não ser considerado por uma distribuição empírica, mas que pode ser facilmente determinado por uma distribuição teórica.

Mas como determinar a distribuição de probabilidade? Geralmente, o método utilizado é o teste de aderência, que nada mais é que um teste de hipótese, na forma:

- ✓ H_0 : Os dados seguem a distribuição escolhida
- ✓ H_1 : Os dados não seguem a distribuição escolhida.

Deste modo, para os produtos da metalúrgica, utilizando o software *Minitab*®, versão 14, os resultados do teste de aderência estão resumidos no Quadro 1, considerando um *P-Value* maior que 0,05.

Quadro 1 – Caracterização das variáveis independentes

Produto	Variáveis			
Cinzeno	Preço - [R\$]		Quantidade-[Kg]	
	Normal		Gama	
	Média	8,55	Alfa	1,83387
	Desvio	1,057	Beta	288,5751
GGG60	Preço - [R\$]		Quantidade-[Kg]	
	LogNormal		Gama	
	Média	2,518	Alfa	1,94929
	Desvio	0,1029	Beta	69,53818
Cilindros	Preço - [R\$]		Quantidade-[Kg]	
	Normal		Gama	
	Média	9,182	Alfa	2,92599
	Desvio	1,054	Beta	264,7007
Taxa de juros	Normal			
	Média	7,0%		
	Desvio	2,0%		

5.1.4 Geração de cenários da SMC

A geração de cenários utilizados pela simulação de Monte Carlo consiste em uma das suas principais vantagens em relação a alguns métodos de análise de risco. Para alguns autores a ideia de que o passado vai se repetir, de alguma forma, no presente ou no futuro é uma abordagem até certo ponto ingênua, mas consiste no único meio de realizar determinadas análises, principalmente em mercados financeiros (LAUBSCH e ULMER, 2001). Deste modo, a crítica sobre a utilização de valores históricos para a tomada de decisão, realizada por alguns autores é, de certo modo, atenuada no processo de Monte Carlo. Na verdade, este método, não considera que o passado se repetirá fielmente no presente/futuro, mas que a combinação de situações que

desencadearam determinadas respostas no sistema ou projeto, pode ocorrer combinada com outras, que ocorreram em épocas diferentes. Portanto, o método de Monte Carlo utiliza a geração de cenários, com base em métodos aleatórios, de modo a obter uma gama de respostas, a serem tratadas estatisticamente no processo de tomada de decisão.

A questão abordada na geração de cenários consiste em determinar um método ou procedimento para a geração aleatória de cenários. Na verdade, as técnicas utilizadas para a geração de cenários consistem em utilizar procedimentos de amostragem. Duas questões envolvem esta fase do método de Monte Carlo: a primeira consiste em determinar o método de amostragem e a segunda envolve o número de rodadas de simulação necessárias. Atualmente, segundo afirmam vários autores (SPINNEY e WATTS, 1996; JANSEN *et al.*, 2014; VARGAS *et al.*, 2014), o método de amostragem tem impacto na precisão e na rapidez de convergência, e consequentemente influencia no número de rodadas de simulação necessárias.

Para Arunraj (2013) o processo de amostragem pode ser definido como uma técnica de extração de um subconjunto, por algum método, da população. Normalmente, a população constitui o universo de estudo, ou seja, o conjunto de dados. Evidentemente, a amostra deve apresentar as principais características da população. Segundo o mesmo autor, o processo de amostragem consiste em determinar uma população, chamado conjunto L , e a partir das técnicas existentes gerar subconjuntos A_1, A_2, \dots, A_m . A relação que existe entre estas amostras e o a população é a seguinte: $A_1 \subseteq L, A_2 \subseteq L, \dots, A_m \subseteq L$. Geralmente, a geração de cenários utiliza as técnicas de amostragem aleatória simples.

5.1.5 Amostragem aleatória simples

A amostragem aleatória simples consiste no método de construção de amostras, utilizando-se números aleatórios (LAW e KELTON, 1982). Para Hudson e Tilley (2014), o processo de geração de amostras em uma simulação de Monte Carlo consiste em selecionar um ponto em um espaço n -dimensional. Deste modo, para uma determinada variável aleatória X , que possui uma função distribuição acumulada F que relaciona particulares valores de X com um número real R_i e $[0,1]$, a amostragem aleatória consiste em determinar, com base na equação 4, um ponto em um hipercubo unitário, definido pelo vetor expresso na equação 5.

$$R_i = F(x_i), \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (4)$$

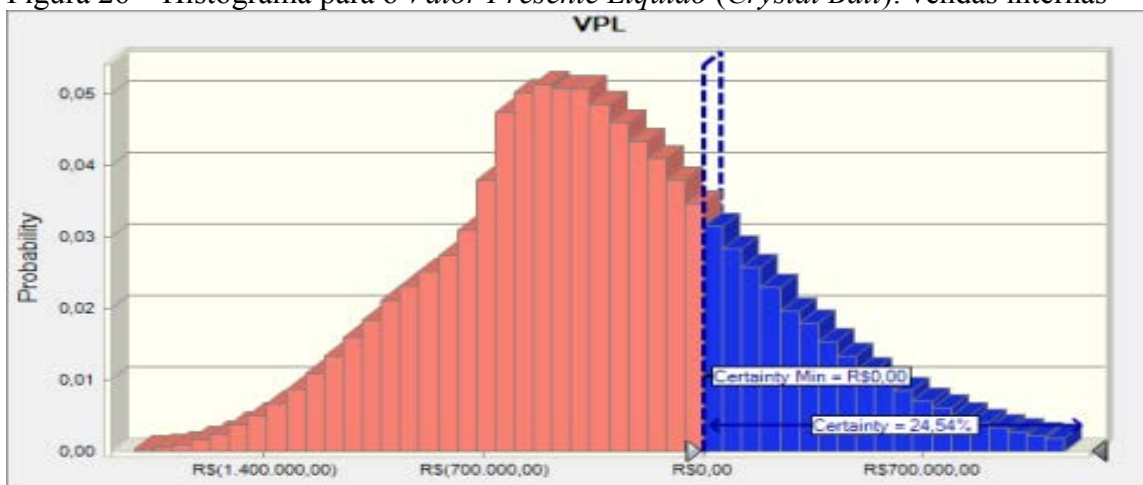
$$\vec{R} = (R_1, R_2, \dots, R_n), \quad R_i \in [0,1], \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (5)$$

Para a análise do investimento de expansão da siderurgia, os números aleatórios foram gerados a partir da função *ALEATÓRIO()* do *MSExcel*[®]. Com os números aleatórios é feita a amostragem aleatória, como por exemplo, para a variável *Preço Cinzento* a distribuição é normal com média R\$8,55 e desvio R\$1,057, logo se o aleatório for 0, 50 o valor selecionado é R\$8,55, através da função *INVNORM* do *MSExcel*[®]. Repetindo este processo para as demais variáveis, em um total de cinco mil iterações, pode-se estimar a distribuição do *VPL*.

5.1.6 Apresentação e interpretação dos resultados

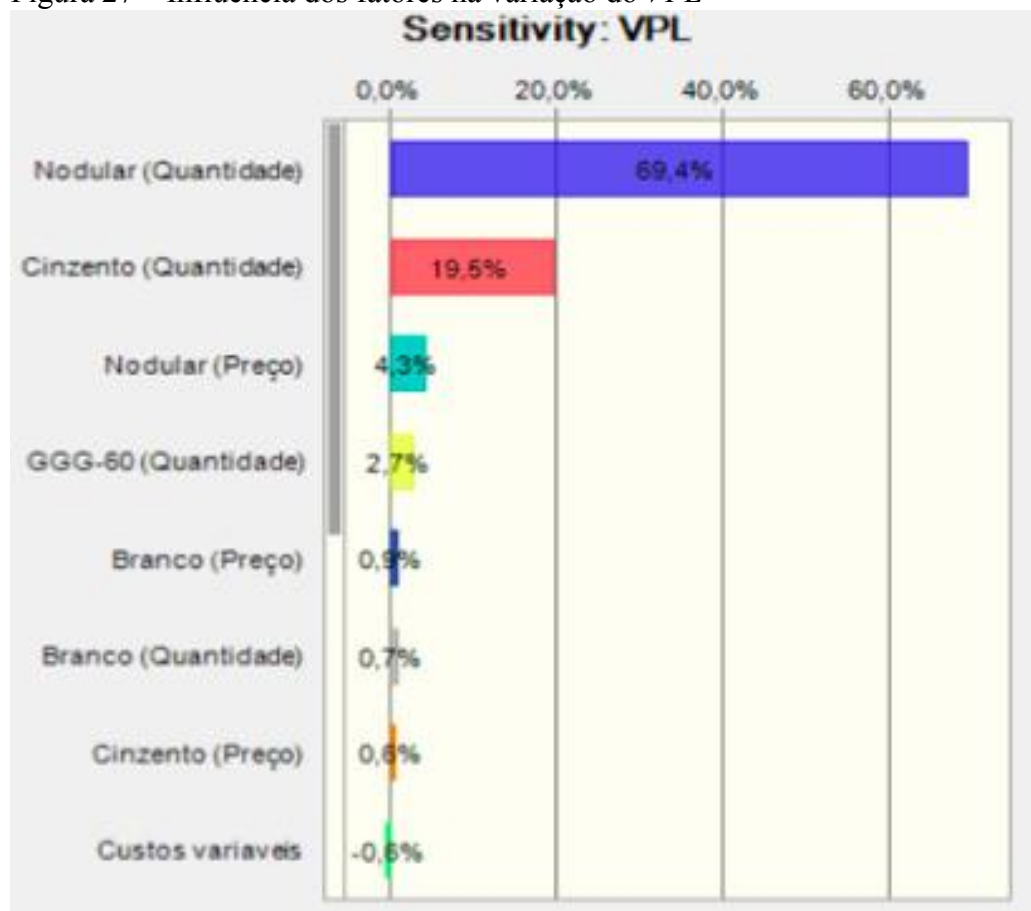
Com a execução das simulações é possível obter os valores do *Valor Presente Líquido* do fluxo de caixa da expansão da fundição. Inicialmente, foi gerada a primeira simulação (500.000 iterações) somente para as vendas internas com o uso do *Crystal Ball*[®] para que fosse descoberto o perfil dos cenários possíveis (Figura 26), além de levantar as principais variáveis que afetavam o *VPL* do projeto – a análise de sensibilidade, assim como o relatório de toda a simulação se encontram na Figura 27.

Figura 26 – Histograma para o *Valor Presente Líquido* (*Crystal Ball*): vendas internas



Como já havia sido previsto pelos especialistas da área e, posteriormente, confirmado pela SMC, se o projeto atendesse somente a demanda interna da empresa, provavelmente esse investimento seria descartado. Maiores informações sobre essa simulação estão no Apêndice B.

Figura 27 – Influência dos fatores na variação do *VPL*



Fonte: Análise de sensibilidade das vendas internas

Com a análise de sensibilidade das vendas internas foi possível enxergar que apenas quatro (Quantidade de Nodular, Quantidade de Cinzento, Quantidade de GGG-60 e o Preço do Nodular), das quinze variáveis, representavam 95,9% de toda a variação do *VPL*. Essa convergência das influências facilitou a criação da segunda simulação no *MSExcels*[®], uma vez que foram desconsideradas as variáveis de menor influência (Custos fixos e variáveis, Despesas fixas e variáveis, Valor de liquidação do ativo e Investimento inicial) no retorno do dinheiro investido. Após esse processo, as vendas externas foram somadas ao fluxo de caixa.

Os dados relativos à segunda simulação foram importados para o software *Minitab*[®] e foi construído o histograma para o *Valor Presente Líquido (VPL)* através da função *Graph*, exibido na Figura 28. Já a Figura 29 apresenta distribuição empírica acumulada do *VPL*, sendo possível determinar a probabilidade acumulada de ser igual menor que zero.

Figura 28 – Histograma para o *Valor Presente Líquido (Minitab)*

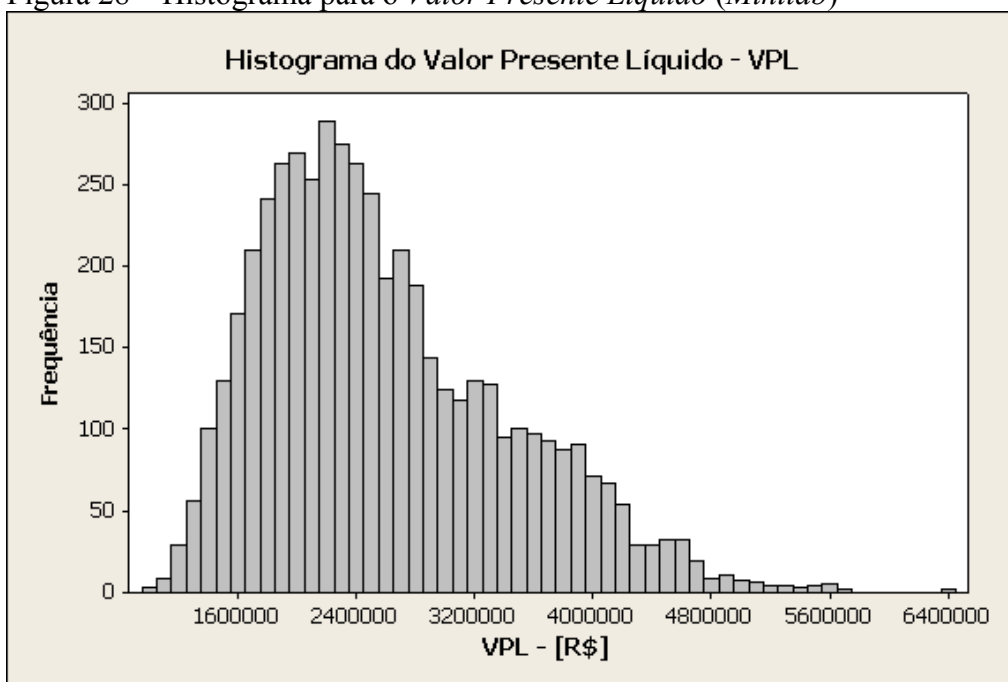
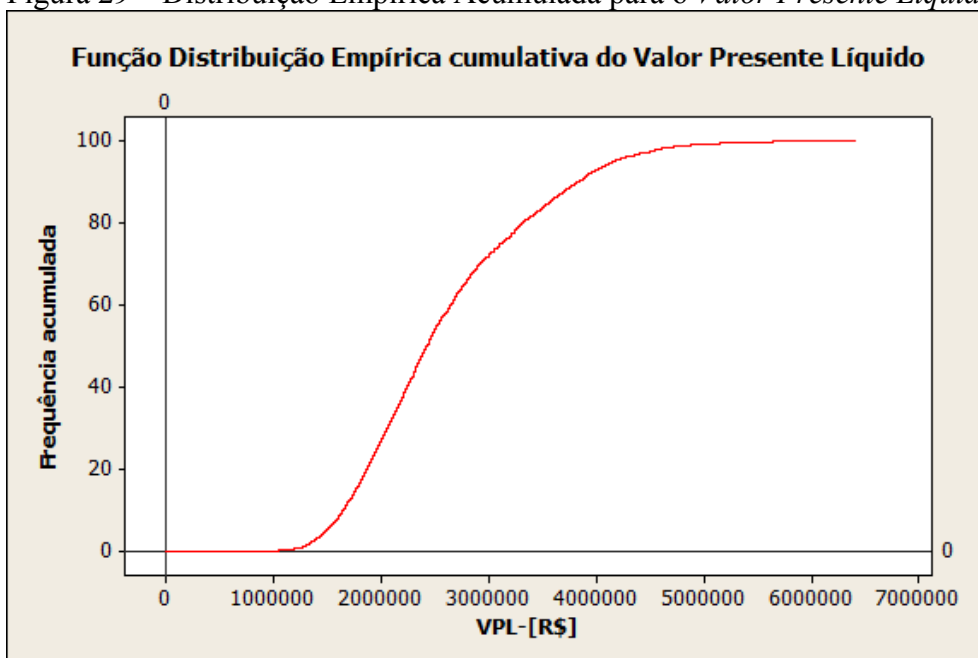
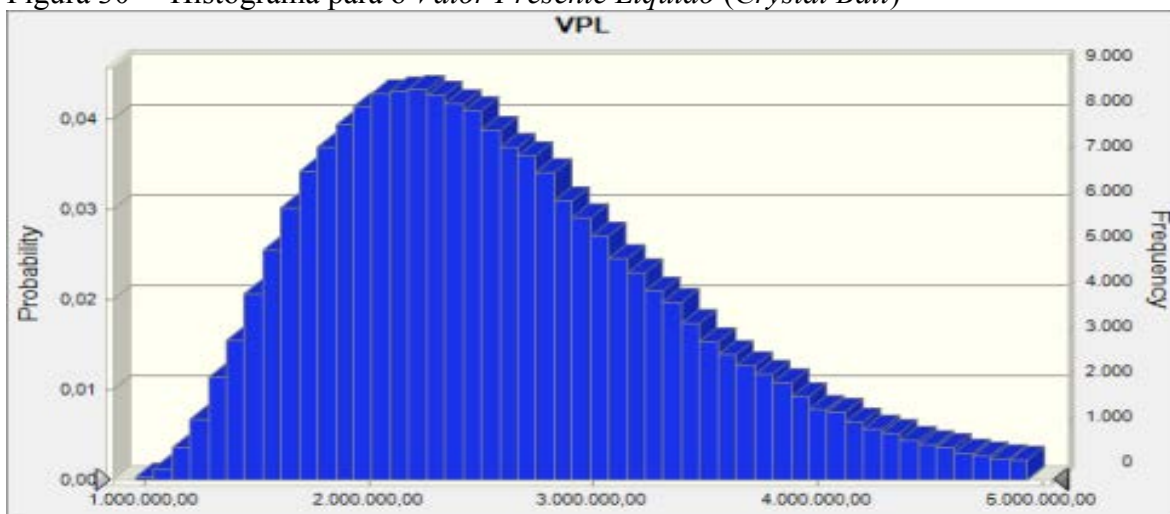


Figura 29 – Distribuição Empírica Acumulada para o *Valor Presente Líquido*



A Figura 30 apresenta a distribuição do *VPL* gerado pelo *Crystal Ball*® com 200.000 iterações. Neste caso, o programa utilizou a função *Fit Distribution* para os *VPL* de cinco mil cenários aleatórios fornecidos pelo *MSExcel*®.

Figura 30 – Histograma para o *Valor Presente Líquido* (*Crystal Ball*)



Por sua vez, as Figuras 31 e 32 apresentam o histograma e a distribuição empírica acumulada gerados pela mesma simulação, entretanto, os valores obtidos foram para as *Taxas Internas de Retorno* (*TIR*).

Figura 31 – Histograma para a *Taxa Interna de Retorno* (*Crystal Ball*)

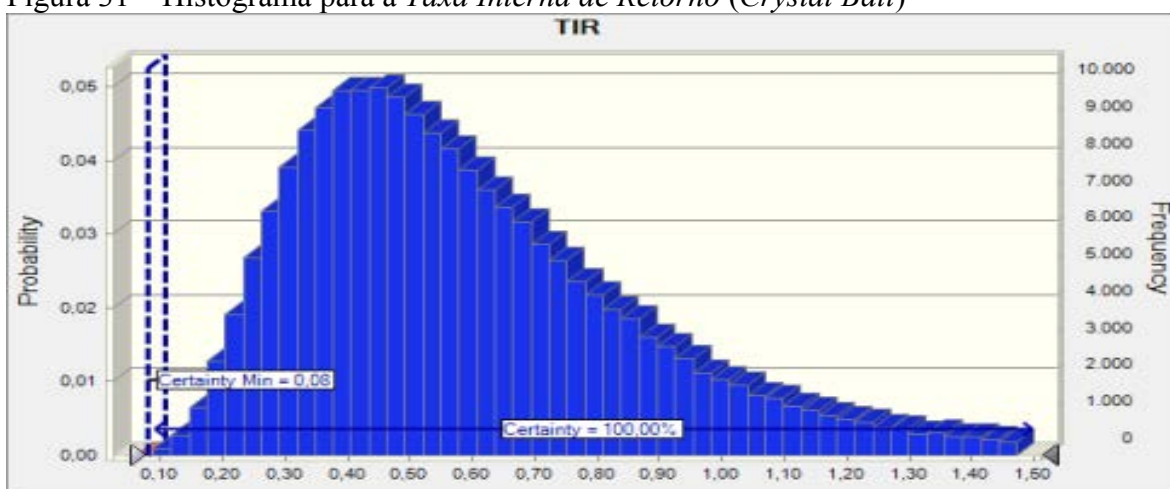
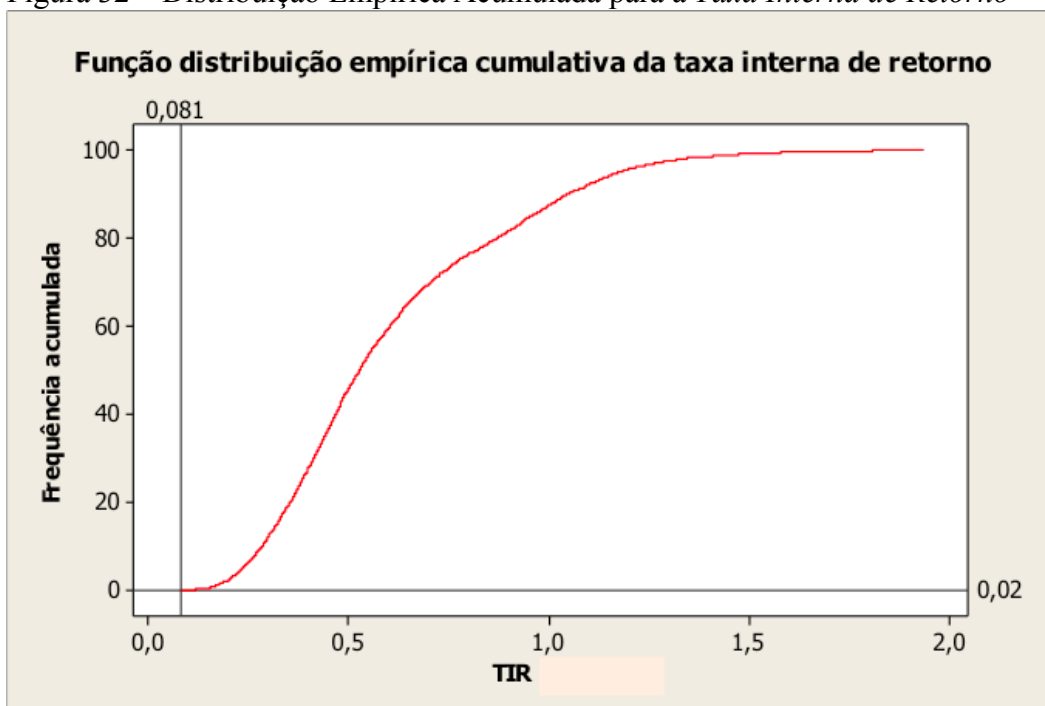


Figura 32 – Distribuição Empírica Acumulada para a *Taxa Interna de Retorno*



Com a distribuição empírica acumulada para o *Valor Presente Líquido*, é possível obter a probabilidade do *VPL* ser inferior a zero. Neste caso, não existe a probabilidade do *VPL* ser inferior a zero, ou seja, o projeto agregará valor à empresa. Esta probabilidade é boa ou ruim? Depende dos padrões adotados pela empresa. Neste caso, mesmo que a empresa decida que a mínima probabilidade do projeto agregar valor a empresa é de 99%, o projeto deve ser aceito. A porcentagem de cenários que acederam a *Taxa Mínima de Atratividade* da empresa (8,05% a.a.) foi de aproximadamente 0,004% pelo *Crystal Ball*® e de 0,02% pelo *MSExcels*®.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a simulação de Monte é possível obter cenários e obter a distribuição de probabilidade para a variável dependente, no caso o *Valor Presente Líquido*. A aplicação realizada neste capítulo possibilitou verificar que o investimento tem potencial de ser aprovado, só dependendo dos padrões adotados pela empresa.

6 CONCLUSÃO

O objetivo inicial da empresa era de que a nova linha abastecesse somente a produção interna já existente, entretanto esse cenário foi considerado arriscado. Como solução, foram criadas as projeções de vendas externas para o mercado. Essas previsões feitas estão abaixo da capacidade produtiva do empreendimento – com as previsões de crescimento das vendas internas e geração de vendas externas, a empresa fundirá, mensalmente, 25 toneladas de metal, visto que seu gargalo produtivo está próximo de 80 toneladas mensais. Desta maneira, a fundição será capaz de aumentar sua produção caso haja aumento da demanda prevista.

Como parte da construção do fluxo de caixa do projeto, todos os dados foram pesquisados visando a construção desse estudo para que fosse elaborada a análise de viabilidade econômica. Para que a coleta dos dados fosse o confiável e adequada, essa etapa necessitou de uma atenção especial, porque desde a cotação dos equipamentos e materiais à busca dos dados internos de vendas foram a base para o resultado da simulação fosse o mais confiável possível.

Identificou-se que o projeto de construção de uma fundição de FoFo nos parâmetros previstos é economicamente viável para a empresa, caso ela abra sua produção para o mercado de peças fundidas, mesmo apresentando uma margem de lucro menor nesse canal de vendas. Pela SMC construída no *MSExcels*[®] e repetida no *Crystal Ball*[®], a probabilidade de o *VPL* ser positivo é de 100% e a probabilidade de a *TIR* ser maior do que a *TMA* é de 99,99%. Ou seja, o investimento nesse projeto é extremamente seguro.

Considerando uma vida útil de 7 anos para o investimento, o pior cenário para a empresa é de retorno igual a R\$960 mil (*VPL*), assim como uma *TIR* de 5,89% a.a. Por outro lado, o melhor cenário dessa simulação apresenta um *VPL* de R\$9,3 milhões e uma *TIR* de 576% a.a. Porém, os valores mais prováveis do *VPL* e da *TIR* são, respectivamente, R\$2,6 milhões e 60,3% a.a.

Através do software *Crystal Ball*[®] foi possível identificar como as variáveis estocásticas afetavam a resposta (*VPL*). Conseqüentemente, foi constatado que as variáveis de maior influência no *VPL* do projeto são a Quantidade de Nodular fundido (69,4%) e Quantidade de Cinzento (19,5%). Todas as variações geradas pelas distribuições estatísticas dos outros fatores são de baixa importância. Em outras palavras, a variação desses fatores não afeta o resultado de maneira considerável, tal como as Quantidades de Nodular e de Cinzento.

A construção da SMC para o fluxo de caixa probabilístico e com as previsões de vendas externas foi complexo. Além do aumento nas vendas ter sido gradual, foram ponderados o efeito da inflação dos insumos, o aumento do custo da mão de obra, os aumentos dos preços de venda, entre outros. A inserção dos efeitos da inflação foi necessária, porque a vida útil do projeto é longa (sete anos). Desta maneira, foi mais fácil implementar a SMC dentro do próprio *MSExcels*[®], uma vez que havia uma grande correlação entre as planilhas criadas dentro do mesmo arquivo. Entretanto, o software *MSExcels*[®] impossibilitou um alto número de simulações (5.000) quando comparado com o *Crystal Ball*[®] (500.000), já que a planilha ficou sobrecarregada com o alto número de variáveis estocásticas e pela complexidade dos fluxos de caixas com 84 meses (sete anos).

A construção de uma SMC no *MSExcels*[®] é mais complicada pelo fato de ser manual. Todas as variáveis estocásticas nessa simulação devem ser geradas uma a uma. Por outro lado, no *Crystal Ball*[®] a simulação foi mais rápida, uma vez que o próprio *software* apresenta ferramentas para identificação das distribuições estatísticas e o software só gera os resultados quando solicitado.

6.1 CONTINUAÇÃO DA PROJETO

Como possibilidade de trabalhos futuros, sugere-se que seja elaborado o planejamento da implantação desse projeto com a estruturação das etapas, cronograma, contratação das equipes necessárias, escolha do melhor *layout* produtivo, até a entrega da fábrica em regime estável de produção.

6.2 ELABORAÇÃO DE UMA SMC

A outra proposição é de que seja feita a elaboração de uma SMC com a adição dos efeitos da inflação nas variáveis custos e preços de venda, por exemplo. Além de adicionar a inflação, sugere-se que ela seja inserida no fluxo de caixa de maneira estocástica, para que possa ser identificado qual é a interferência desse fator nas respostas do *VPL* e da *TIR*.

REFERÊNCIAS

ADVFN. *Taxa Selic*. Disponível em: <<http://br.advfn.com/indicadores/taxa-selic>>. Acesso em: 08 de ago. 2013.

ARUNRAJ, N.S., MANDAL, S., MAITI, J., *Modelling uncertainty in risk assessment: an integrated approach with fuzzy set theory and Monte Carlo simulation*. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 55, pp. 242 – 255, Elsevier Science, 2013.

BEZERRA, F. L. O.; CARMONA, C. U. M. *Avaliação da Estimativa do Risco de Mercado de Ações e Opções de Compra da Petrobras Utilizando a Metodologia Value at Risk (VaR) com Simulação de Monte Carlo*. EnANPAD, 2001.

BNDES. *Guia de orientação do apoio financeiro do BNDES*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Orientador/index.html>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

CETESB. *Procedimentos necessários para retirada do Licenciamento Ambiental*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/licenciamento-ambiental/1-pagina-inicial>>. Acesso em: 15 de out. 2013.

D'AVILA FILHO, B. M. *Desenvolvimento de estudos para a elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de Geologia, Mineração e Transformação. Relatório técnico 61: Perfil da Fundação*. Ministério de Minas e Energia. Ago. 2009. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/ins/Ant2001/1998/in16298ane1.htm>>. Acesso em: 30 de ago. 2013.

DIAS, M. A. G. *Investimento sob Incerteza em Exploração de Petróleo*. Dissertação (Mestrado em Eng. Industrial), PUC, Rio de Janeiro, agosto de 1996.

GENTLE, J. E. *Random number generation and Monte Carlo methods*. New York: Springer-Verlag, 1998.

GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira*. 7^a ed. São Paulo: HARBRA Ltda., 2002. P1-841.

HAAS, C. N. *Importance of Distributional Form in Characterizing Inputs to Monte Carlo Risk Assessments*. **Risk Analysis**, Vol. 17, No.1, Elsevier Science, 1997.

HERTZ, D. B. *Risk analysis in capital investment*. Harvard Business Review, Jan./Feb. 1964.

HUDSON, A., TILLEY, D. R., *Assessment of uncertainty in energy evaluations using Monte Carlo simulations*. **Ecological Modelling**, Vol. 271, p. 52 – 61, Elsevier Science, 2014.

INDEX MUNDI. *Preço mensal do minério de ferro – Real brasileiro por tonelada métrica seca*. Disponível em:<<http://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=min%C3%A9rio-de-ferro&meses=120&moeda=brl>>. Acesso em: 14 de ago. 2013.

JANSEN, K.; LEOVEY, H.; AMON, A.; GRIEWANK, A.; MÜLLER-PREUSSKER, M. *Quasi-monte carlo methods for lattice systems: A first look*. **Computer Physics Communications**, Vol. 30, pp. 153 – 164, Elsevier Science, 2014.

LAUBSCH, A. J., ULMER, A. *Risk Management – A Practical Guide*. Riskmetrics Group, 2001. Disponível em:<www.riskmetrics.com>. Acesso em: 27 de ago. 2013.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation modeling and analysis*. New York: Mc Graw-Hill, 1982.

O GLOBO. *Poupança fecha 2012 com o pior rendimento em 45 anos*. Disponível em:<<http://oglobo.globo.com/economia/poupanca-fecha-2012-com-pior-rendimento-em-45-anos-7156230>>. Acesso em: 06 de dez. 2013.

OLIVEIRA, L. F. A.; PACHECO, N. O.; SILVEIRA, R. R. *A análise da viabilidade econômico-financeira de investimento: o caso de um consultório odontológico em*

Natal/RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, n° XXXI, 2011, Belo Horizonte. Anais do ENEGEP. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011.P1-13.

OSBORNE, M. J. A resolution to the NPV-IRR debate? *The Quarterly Review of Economics and Finance*, London, Vol. 50, P234-239, Elsevier Science, Jan. 2010.

RIBEIRO, R. B.; GABRIEL, F. S.; RIBEIRO, K. C. S. *Influência das variáveis macroeconômicas sobre o retorno das ações da Petrobrás S.A.* In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, n° XXXII, 2012, Bento Gonçalves. Anais do ENEGEP. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2012.P1-13.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, B. D.; BRADFORD, D. J. *Princípios de administração financeira*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000. P1-523

SAMANEZ, C. P. *Gestão de investimentos e geração de valor*. 1ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. P1-382.

SOBOL, I. M. *A primer for the Monte Carlo Method*. USA: CRC Press LLC, 1994.

SPINNEY, P. J., WATS, G. C. *Monte Carlo simulation techniques and electricity utility resource decision*. *Energy Policy*, Elsevier Science, 1996.

VARGAS, P.J., KOPPE, J.C., PÉREZ, S., *Tunnelling and Underground Space Technology*. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, pp. 203 – 209, Elsevier Science, 2014.

APÊNDICE A – DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS E SEUS PARÂMETROS

(Adaptado de SOBOL, 1994)

Uniforme	U(a,b)
Possibilidade de Aplicações	Usada como um primeiro modelo para uma quantidade que é sentida com o sendo aleatoriamente variando entre dois valores a e b , mas poucas informações são conhecidas. A distribuição U (0,1) é essencial para a geração de variáveis aleatórias em outras distribuições.
Densidade de probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{se } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$
Distribuição acumulada	$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{se } b < x \end{cases}$
Parâmetros	a e b números reais com $a < b$; a e b são parâmetros de escala.
Escala	$[a,b]$
Média	$\frac{a+b}{2}$
Variância	$\frac{(b-a)^2}{12}$
Moda	Não existe um único valor
Comentários	<ol style="list-style-type: none"> 1. A distribuição U (0,1) é um caso especial da distribuição beta (quando $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$). 2. Se X é distribuído como U(0,1) e $[x, x + \Delta x]$ é um sub-intervalo de $[0,1]$ com $\Delta x \geq 0$: $P\{X \in [x, x + \Delta x]\} = \int_x^{x+\Delta x} 1 dx = (x + \Delta x) - x = \Delta x$
Exponencial	expo(β)
Possibilidade de Aplicações	Utilizada para representar tempos entre eventos independentes, como por exemplo, tempo de chegada de clientes em uma empresa prestadora de serviço, que ocorre a uma taxa constante.
Densidade de probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \left(\frac{1}{\beta}\right) e^{-x/\beta} & \text{se } x \geq 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$

Distribuição acumulada	$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} & \text{se } x \geq 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$
Parâmetros	Parâmetro de escala $\beta > 0$
Escala	$[0, \infty)$
Média	β
Variância	β^2
Moda	0
Comentários	<ol style="list-style-type: none"> 1. A distribuição expo (β) é um caso especial da distribuição Gamma e Weibull (quando o parâmetro de forma $\alpha = 1$ e o parâmetro de escala é β em ambos os casos). 2. Se X_1, X_2, \dots, X_m são variáveis aleatórias independentes expo(β), então X_1, X_2, \dots, X_m pode ser aproximada por uma distribuição gamma(m, β), também chamada de distribuição m-Erlang. 3. A distribuição exponencial é a única distribuição contínua com propriedade de memorização.
Gamma	gamma(α, β)
Possibilidade de Aplicações	Tempo para completar algumas tarefas.
Densidade de probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\Gamma(\alpha)} & \text{se } x \geq 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$ <p>Sendo $\Gamma(\alpha)$ a função Gamma, definida para $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$ para qualquer número real $z > 0$. Algumas propriedades da função gamma: $\Gamma(z+1) = z\Gamma(z)$ para qualquer $z > 0$; $\Gamma(k+1) = k!$ para qualquer valor de k não negativo. $\Gamma(k+1/2) = \sqrt{\pi} \cdot 1.3.5 \dots (2k-1)/2k$ para qualquer valor positivo inteiro para k. $\Gamma(1/2) = \sqrt{\pi}$</p>
Distribuição acumulada	<p>Se α não é um número inteiro, não existe forma definida para a distribuição. Se α é um número inteiro positivo, então:</p> $F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} \sum_{j=1}^{\alpha-1} \frac{(x/\beta)^j}{j!} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$
Parâmetros	Parâmetro de forma $\alpha > 0$, parâmetro de escala $\beta > 0$
Escala	$[0, \infty)$
Média	$\alpha \beta$

Variância	$\alpha \beta^2$
Moda	$\beta (\alpha - 1)$ se $\alpha \geq 1$, 0 se $\alpha < 1$
Comentários	<ol style="list-style-type: none"> 1. expo (β) e gamma ($1, \beta$) são a mesma distribuição. 2. Para um valor inteiro positivo m, a distribuição gamma (m, β) é chamada de distribuição m-Erlang (β). 3. A distribuição <i>k-quadrado</i> com k graus de liberdade é a mesma que a distribuição gamma($k/2, 2$). 4. Se X_1, X_2, \dots, X_m são variáveis aleatórias independentes com X_i podendo ser expresso pela distribuição gamma(α, β), então X_1, X_2, \dots, X_m pode ser aproximada por uma distribuição gamma($\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_m, \beta$), também chamada de distribuição m-Erlang. 5. Se X_1 e X_2 são variáveis aleatórias independentes com X_i aproximada gamma(α, β), então $X_1/(X_1+X_2)$ pode ser aproximado por uma distribuição beta (α_1, α_2) $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = \begin{cases} \infty & \text{se } \alpha < 1 \\ \frac{1}{\beta} & \text{se } \alpha = 1 \\ 0 & \text{se } \alpha > 1 \end{cases}$
Weibull	Weibull(α, β)
Possibilidade de Aplicações	Largamente utilizadas em modelos de confiabilidade e tempo para completar algumas tarefas.
Densidade de probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{(-x/\beta)^{\alpha}} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$
Distribuição acumulada	$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{(-x/\beta)^{\alpha}} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$
Parâmetros	Parâmetro de forma $\alpha > 0$, parâmetro de escala $\beta > 0$
Escala	$[0, \infty)$
Média	$\frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$
Variância	$\frac{\beta^2}{\alpha} \left\{ 2\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \right]^2 \right\}$
Moda	$\begin{cases} \beta \left(\frac{\alpha-1}{\alpha} \right)^{1/\alpha} & \text{se } \alpha \geq 1 \\ 0 & \text{se } \alpha < 1 \end{cases}$
Comentários	1. expo (β) e Weibull ($1, \beta$) são a mesma distribuição.

	<p>2. X pode ser aproximado por uma distribuição Weibull (α, β) se e somente se X_α puder ser expresso por uma distribuição $\exp(\beta\alpha)$.</p> <p>3. O logaritmo natural de uma variável aleatória Weibull tem uma distribuição conhecida como valor extremo ou Distribuição de Gumbel.</p> <p>4. Conforme $\alpha \rightarrow \infty$, a distribuição Weibull se torna degenerada em β. Deste modo, distribuição densidade Weibull para um elevado valor de α, tem um pico na moda.</p> $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = \begin{cases} \infty & \text{se } \alpha < 1 \\ \frac{1}{\beta} & \text{se } \alpha = 1 \\ 0 & \text{se } \alpha > 1 \end{cases}$
Normal	Normal (μ, σ)
Possibilidade de Aplicações	Representa quantidades, como por exemplo, medidas de erros, que são resultantes da soma de uma vasta quantidade de outros fatores (em virtude do teorema central do limite).
Densidade de probabilidade	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{para qualquer valor real de } x$
Distribuição acumulada	Não existe uma forma definida
Parâmetros	Parâmetro de location $\mu \in (-\infty, \infty)$, parâmetro de escala $\sigma > 0$.
Escala	$(-\infty, \infty)$
Média	μ
Variância	σ^2
Moda	μ
Comentários	<p>1. Se duas variáveis aleatórias são não correlacionadas, elas são independentes. Para as outras distribuições isto não ocorre.</p> <p>2. Suponha que a união da distribuição X_1, X_2, \dots, X_m é uma normal multivariada e $\mu_i = E(X_i)$ e $C_{ij} = \text{Cov}(X_i, X_j)$. Então para qualquer número real a, b_1, b_2, \dots, b_m, a variável aleatória $a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m$ pode ser uma distribuição normal com</p> <p>média $\mu = a + \sum_{i=1}^m b_i \mu_i$ e a variância pode ser dada por</p> $\sigma^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m b_i b_j C_{ij}$ <p>. Note que não é necessário assumir independência do X_i. Se o as variáveis são independentes ,</p>

	$\sigma^2 = \sum_{i=1}^m b_i^2 \text{Var}(X_i)$ <p>então</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. A distribuição $N(0,1)$ é frequentemente chamada de distribuição normal padronizada. 4. Se X tem uma distribuição normal $N(\mu, \sigma^2)$, então X tem uma distribuição Lognormal com parâmetros μ e σ, denotada por $LN(\mu, \sigma^2)$. 5. Se X pode ser aproximado por uma normal $N(0,1)$, se Y tem uma distribuição Qui-quadrado, com k graus de liberdade, e se X e Y são independentes, então $X/\sqrt{Y/k}$ tem uma distribuição t, com k graus de liberdade (as vezes chamada Distribuição t Students).
Lognormal	$LN(\mu, \sigma^2)$
Possibilidade de Aplicações	Representa quantidades, como por exemplo, erros de medidas que são resultados de um grande número de outras quantidades.
Densidade de probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \frac{-(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$
Distribuição acumulada	Sem uma forma definida
Parâmetros	Parâmetro de forma $\sigma > 0$, parâmetro de escala $\mu \in (-\infty, \infty)$
Escala	$[0, \infty)$
Média	$e^{\mu + \sigma^2/2}$
Variância	$e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$
Moda	
Comentários	<ol style="list-style-type: none"> 1. expo (β) e Weibull (I, β) são a mesma distribuição. 2. X pode ser aproximado por uma distribuição Weibull (α, β) se e somente se X_α puder ser expresso por uma distribuição $\exp(\beta\alpha)$. 3. O logaritmo natural de uma variável aleatória Weibull tem uma distribuição conhecida como valor extremo ou Distribuição de Gumbel. 4. Conforme $\alpha \rightarrow \infty$, a distribuição Weibull se torna degenerada em β. Deste modo, distribuição densidade Weibull para um elevado valor de α, tem um pico na moda. $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = \begin{cases} \infty & \text{se } \alpha < 1 \\ \frac{1}{\beta} & \text{se } \alpha = 1 \\ 0 & \text{se } \alpha > 1 \end{cases}$

Beta	beta(α_1, α_2)
Possibilidade de Aplicações	Usada para modelagem de sistemas, quando não se dispõe de dados. É utilizada para uma proporção aleatória, como por exemplo, a proporção de itens defeituosos em um lote de peças.
Densidade de probabilidade	$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha_1-1}(1-x)^{\alpha_2-1}}{B(\alpha_1, \alpha_2)} & \text{se } 0 < x < 1 \\ 0 & \text{para outros valores de } x \end{cases}$ <p>Sendo $B(\alpha_1, \alpha_2)$ a função beta, definida por:</p> $B(z_1, z_2) = \int_0^1 t^{z_1-1}(1-t)^{z_2-1} dt$ <p>Para qualquer número real $z_1 > 0$ e $z_2 > 0$. Algumas propriedades da função beta:</p> $B(z_1, z_2) = B(z_2, z_1) \text{ e } B(z_1, z_2) = \frac{\Gamma(z_1)\Gamma(z_2)}{\Gamma(z_1 + z_2)}$
Distribuição acumulada	Não apresenta uma forma definida. Se ambos α_1 e α_2 é um inteiro positivo, uma expansão binomial pode ser usada para obter $F(x)$, a qual será um polinômio em x , e as raízes de x serão, em geral, número reais positivos variando de 0 a $\alpha_1 + \alpha_2 - 1$
Parâmetros	Parâmetros de forma $\alpha_1 > 0$ e $\alpha_2 > 0$
Escala	[0,1]
Média	$\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}$
Variância	$\frac{\alpha_1 \alpha_2}{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 (\alpha_1 + \alpha_2 + 1)}$
Moda	$\begin{cases} \frac{\alpha_1 - 1}{\alpha_1 + \alpha_2 - 2} & \text{se } \alpha_1 > 1 \quad \alpha_2 > 1 \\ 0 \text{ e } 1 & \text{Se } \alpha_1 < 1 \quad \alpha_2 < 1 \\ 0 & \text{se } \alpha_1 < 1 \quad \alpha_2 \geq 1 \quad \alpha_2 = 1 \quad \alpha_2 > 1 \\ 1 & \text{se } \alpha_1 \geq 1 \quad \alpha_2 < 1 \\ \text{não existe um valor} & \alpha_1 = \alpha_2 = 1 \end{cases}$
Comentários	<ol style="list-style-type: none"> 1. $U(0,1)$ e beta (1,1) são a mesma distribuição. 2. Se X_1 e X_2 são variáveis aleatórias independentes, com X_1 de distribuição gamma (α_1, β), então $X_1/(X_1 + X_2)$ pode ser aproximado por uma distribuição beta (α_1, α_2).

APÊNDICE B – RELATÓRIO DO CRYSTAL BALL: VENDAS INTERNAS

Crystal Ball Report - Full
Simulation started on 09/11/2013 at 0:19
Simulation stopped on 09/11/2013 at 0:28

Run preferences:	
Number of trials run	500,000
Monte Carlo	
Random seed	
Precision control on	
Confidence level	95.00%
Run statistics:	
Total running time (sec)	546.34
Trials/second (average)	915
Random numbers per sec	13,728
Crystal Ball data:	
Assumptions	15
Correlations	0
Correlated groups	0
Decision variables	0
Forecasts	1

Forecasts

Worksheet: [Pasta1]SMC

Forecast: VPL

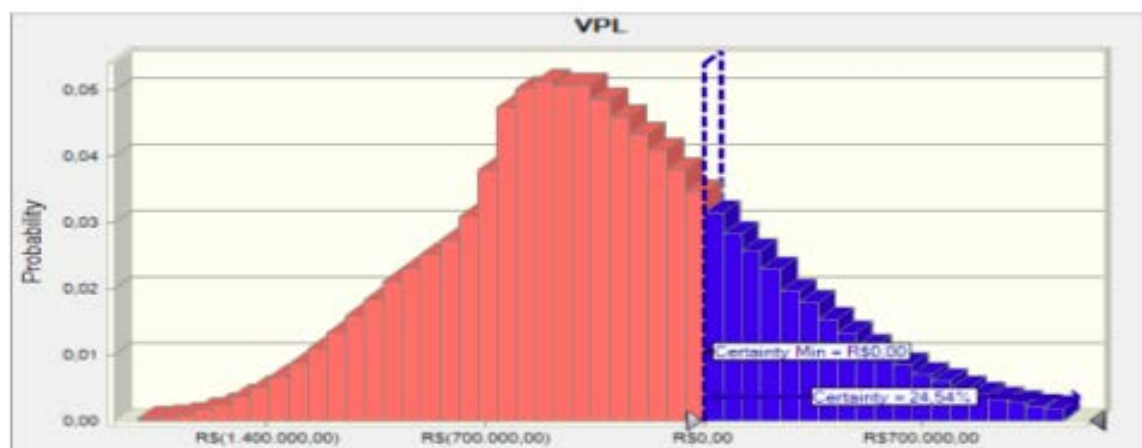
Summary:

Certainty level is 24,5372%
Certainty range is from R\$0,00 to +Infinito
Entire range is from R\$(2.124.096,30) to R\$3.077.937,53
Base case is R\$(1.203.794,76)
After 500.000 trials, the std. error of the mean is R\$748,52

Forecast: VPL

Summary:

Certainty level is 24,5372%
Certainty range is from R\$0,00 to +Infinito
Entire range is from R\$(2.124.096,30) to R\$3.077.937,53
Base case is R\$(1.203.794,76)
After 500.000 trials, the std. error of the mean is R\$748,52



Statistics:	Forecast values
Trials	500,000
Base Case	R\$(1,203,794.76)
Mean	R\$(330,778.90)
Median	R\$(366,671.90)
Mode	---
Standard Deviation	R\$529,284.12
Variance	R\$280,141,681,019.57
Skewness	0.3795
Kurtosis	3.45
Coeff. of Variability	-1.60
Minimum	R\$(2,124,096.30)
Maximum	R\$3,077,937.53
Range Width	R\$5,202,033.83
Mean Std. Error	R\$748.52

Forecast: VPL (cont'd)

Percentiles:	Forecast values
0%	R\$(2,124,096.30)
10%	R\$(993,201.61)
20%	R\$(754,607.19)
30%	R\$(605,157.06)
40%	R\$(486,009.94)
50%	R\$(366,672.58)
60%	R\$(238,530.13)
70%	R\$(92,828.64)
80%	R\$88,672.33
90%	R\$357,841.70
100%	R\$3,077,937.53

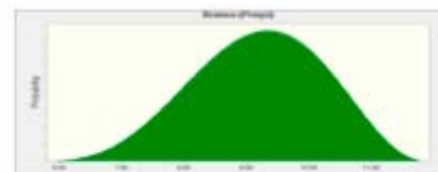
Worksheet: [Pasta1]SMC

Assumption: Branco (Preço)

Cell: C5

Beta distribution with parameters:

Minimum	5.46
Maximum	11.94
Alpha	4.856620819
Beta	3.6048073

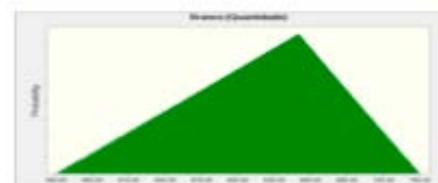


Assumption: Branco (Quantidade)

Cell: E5

Triangular distribution with parameters:

Minimum	450.00
Likeliest	650.00
Maximum	750.00

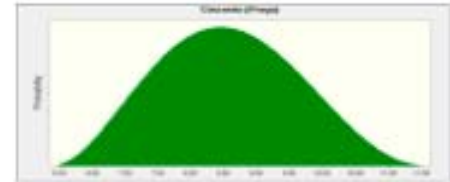


Assumption: Cinzento (Preço)

Cell: C2

Beta distribution with parameters:

Minimum	5.84
Maximum	11.72
Alpha	3.118209846
Beta	3.65525344

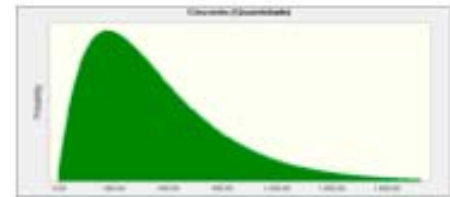


Assumption: Cinzento (Quantidade)

Cell: E2

Gamma distribution with parameters:

Location	-14.31
Scale	267.27
Shape	2.03358734

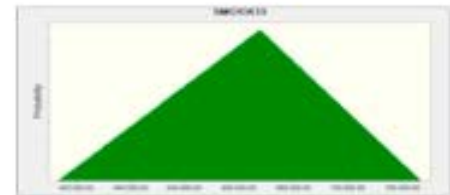


Assumption: CK13

Cell: CK13

Triangular distribution with parameters:

Minimum	400,000.00
Likeliest	623,000.00
Maximum	800,000.00

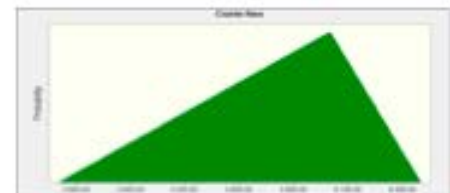


Assumption: Custo fixo

Cell: F7

Triangular distribution with parameters:

Minimum	3,500.00
Likeliest	5,000.00
Maximum	5,500.00

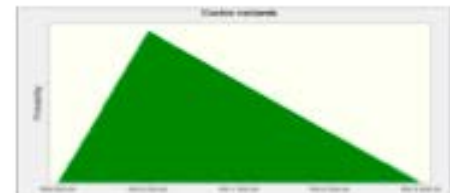


Assumption: Custos variaveis

Cell: F8

Triangular distribution with parameters:

Minimum	R\$9,000.00
Likeliest	R\$10,000.00
Maximum	R\$13,000.00



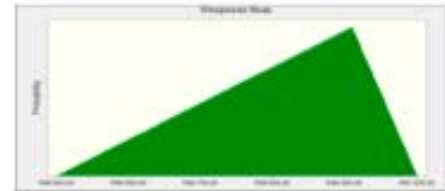
Assumption: Despesas fixas

Cell: F9

Triangular distribution with parameters:

Minimum
Likeliest
Maximum

R\$6,500.00
R\$6,910.00
R\$7,000.00



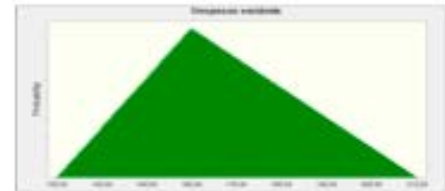
Assumption: Despesas variáveis

Cell: F10

Triangular distribution with parameters:

Minimum
Likeliest
Maximum

130.00
160.00
210.00



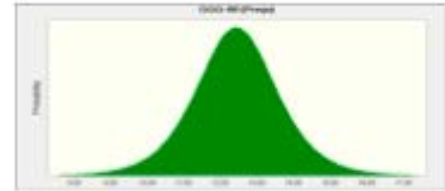
Assumption: GGG-60 (Preço)

Cell: C4

Logistic distribution with parameters:

Mean
Scale

12.44
0.71



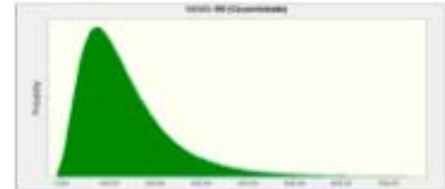
Assumption: GGG-60 (Quantidade)

Cell: E4

Lognormal distribution with parameters:

Location
Mean
Std. Dev.

-36.71
136.39
101.30



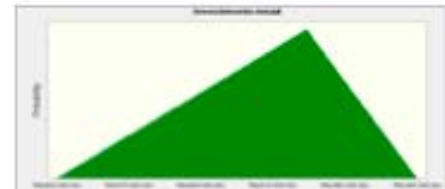
Assumption: Investimento inicial

Cell: B6

Triangular distribution with parameters:

Minimum
Likeliest
Maximum

R\$(600,000.00)
R\$(495,850.00)
R\$(450,000.00)

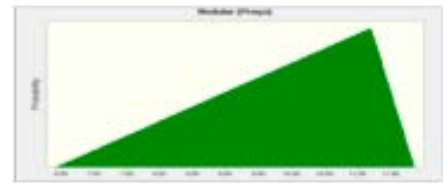


Assumption: Nodular (Preço)

Cell: C3

Triangular distribution with parameters:

Minimum	6.41
Likeliest	11.19
Maximum	11.85

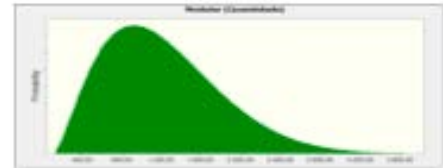


Assumption: Nodular (Quantidade)

Cell: E3

Beta distribution with parameters:

Minimum	110.79
Maximum	4,922.34
Alpha	2.538642707
Beta	8.553541254



Assumption: TMA

Cell: B8

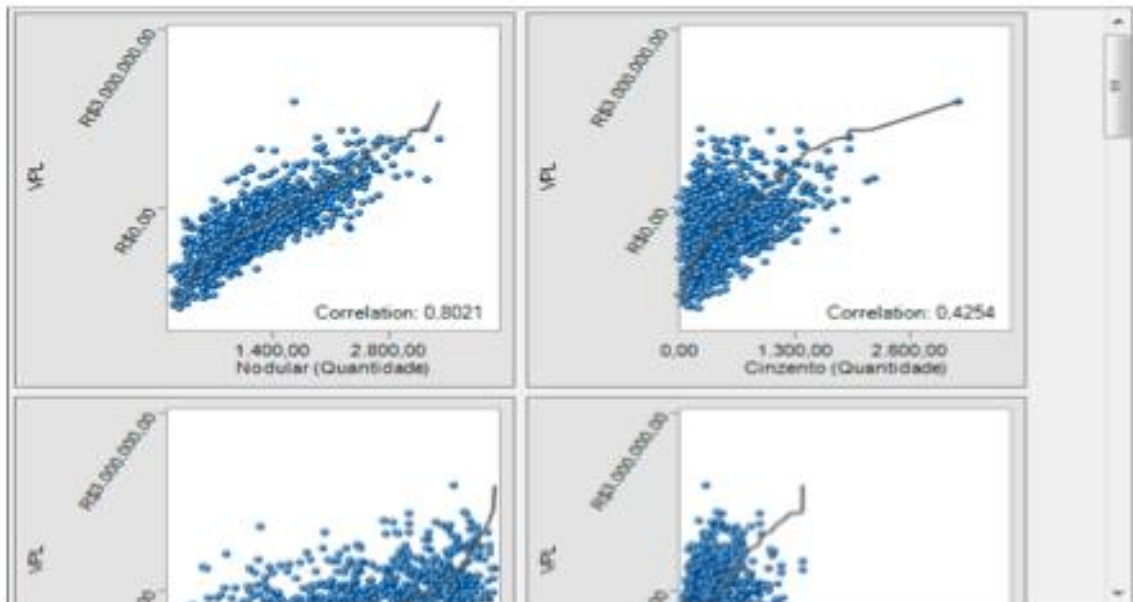
Normal distribution with parameters:

Mean	0.659%
Std. Dev.	0.200%



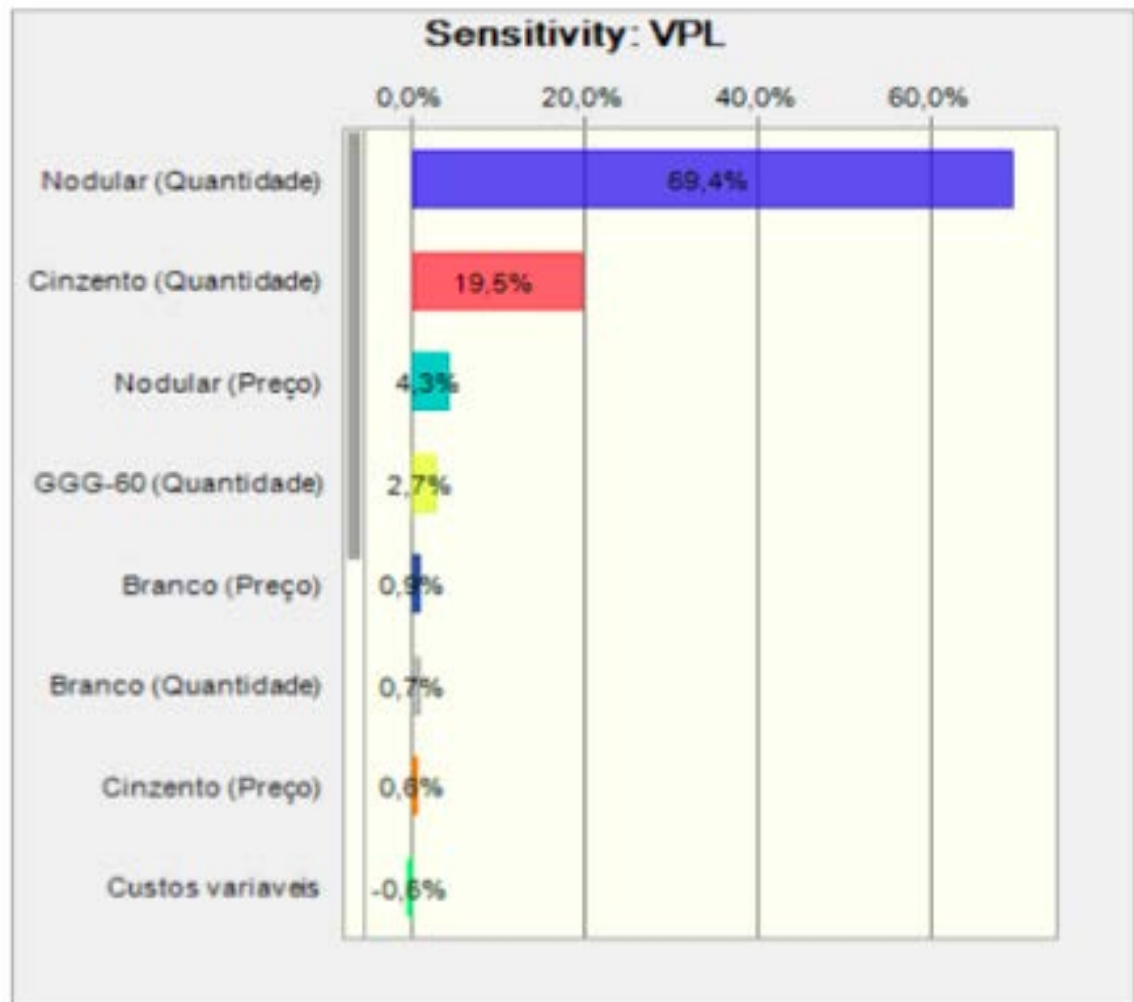
Scatter Charts

Scatter Chart: VPL

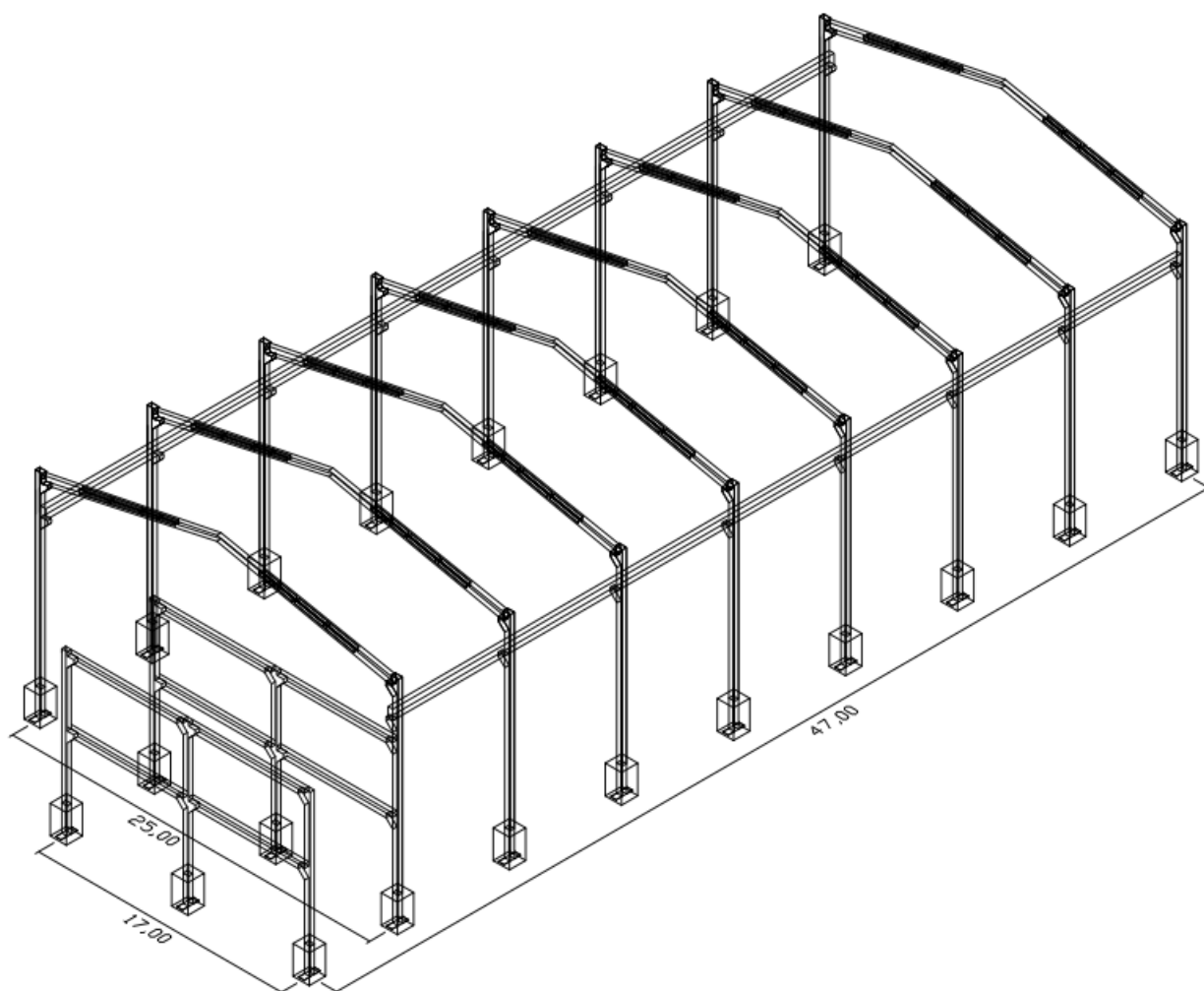


End of Scatter Charts

Sensitivity Charts

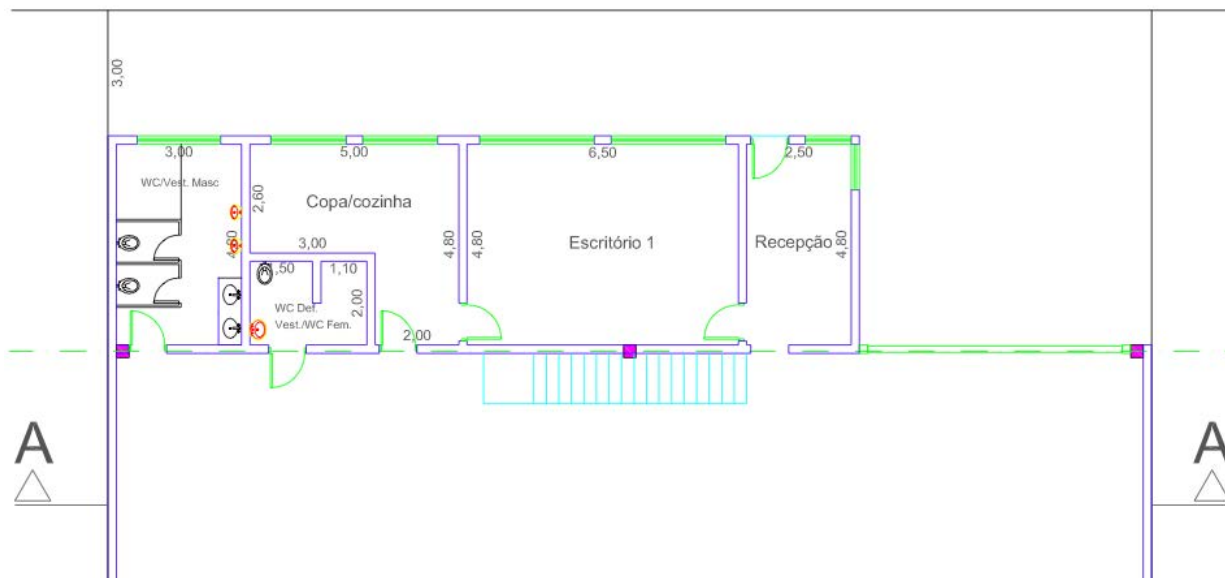


End of Sensitivity Charts

ANEXO A – VISTA TRIDIMENSIONAL DO GALPÃO

ANEXO B – VISTAS SUPERIORES DO ESCRITÓRIO

Vista superior do 1º piso



Vista superior do 2º piso

