



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES**

**Análise da Implantação de uma Fábrica de Vidros Planos no Nordeste do
Brasil com a Aplicação de Teoria das Opções Reais.**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

FRANCISCO GENARO RAPOSO CONTE
Orientador: Prof. José Lamartine Távora Junior

RECIFE, JULHO/2011.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES.**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DE**

FRANCISCO GENARO RAPOSO CONTE

“Análise da Implantação de uma Fábrica de Vidros Planos no Nordeste do Brasil com a
Aplicação de Teoria das Opções Reais.”.

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do
primeiro, considera o candidato FRANCISCO GENARO RAPOSO CONTE _____

Recife, ___ de _____ de _____.

Prof. JOSÉ LAMARTINE TÁVORA JUNIOR, D.Sc. (PIMES/UFPE)

Prof. MARCOS ROBERTO GOIS DE OLIVEIRA (PIMES/UFPE)

Prof. MÁRCIO DAS CHAGAS MOURA (PPGEP/UFPE)

À minha irmã,
exemplo de perseverança e superação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus pela saúde e pelas oportunidades que tenho tido em minha vida. Agradeço também a minha amada esposa Marcela pela compreensão nos momentos de ausência. Não posso esquecer-me da minha família: meus pais e minha irmã, agradeço pelo amor incondicional e por todo apoio que me foi dado durante este percurso.

Agradeço ao Professor Lamartine, que me deu a oportunidade de compartilhar dos seus conhecimentos e pela disponibilidade quando das minhas solicitações. Agradeço ao meu primo Francisco pelo apoio nas horas de aflição.

Ao Grupo Cornélio Brennand pelo incentivo e patrocínio.

RESUMO

CONTE, F.G.R. **Análise da implantação de uma fábrica de vidros planos no nordeste do Brasil com a aplicação de Teoria das Opções Reais** . 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa de Pós-graduação em Economia - PIMES, UFPE, Recife.

Neste trabalho apresenta-se um setor da indústria ainda muito concentrado dada as fortes barreiras de entradas como: tecnologia do processo produtivo muito pouco difundida, intensividade de capital, mercado dominado por poucos e grandes *players* entre outras. A justificativa deste tema, dar-se exatamente pelo fato de o Brasil ser um país em franca expansão econômica principalmente nos setores da construção civil, onde a indústria de vidro plano tem forte atuação. Nesta dissertação faz-se uma apresentação da estrutura de mercado de vidro plano no mundo e especialmente no Brasil, foco do estudo para possibilidade de implantação de uma indústria de vidros planos. Apresenta-se neste estudo uma avaliação do investimento sob a ótica da TOR – Teoria das Opções Reais que agrega valores as tradicionais análises de investimento em especial ao VPL – Valor Presente Líquido. Tendo em vista a relevância dos riscos e incertezas associados aos projetos de grande porte e longos prazos, os métodos tradicionais não refletem a realidade ou podem deixar lacunas, possibilitando interpretações errôneas sobre a possibilidade de investimento ou não no projeto. Para dar sustentação as análises da TOR, também foram utilizadas: Simulações Monte Carlo para as simulações e Regra E-V de Markowitz para cálculo da volatilidade

Palavras-chaves: Vidro Plano, Mercado, Teoria das opções reais e Investimento.

ABSTRACT

CONTE, F.G.R. **Análise da implantação de uma fábrica de vidros planos no nordeste do Brasil com a aplicação de Teoria das Opções Reais** . 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa de Pós-graduação em Economia - PIMES, UFPE, Recife.

This paper presents an industry sector which is still very concentrated given the strong barriers to entry such: as technology of the production process very little known, capital intensity, market dominated by a few large players and others. The justification of this issue, give precisely because Brazil is a country where booming economic sectors especially in construction where the flat glass industry has a strong presence. This dissertation is a presentation of the structure of flat glass market in the world and especially in Brazil, the focus of study for possible implementation of a flat glass industry. Presents a study evaluating the investment from the perspective of TOR - Theory of Real Options that add value to traditional investment analysis particularly the NPV - Net Present Value. Given the significance of risks and uncertainties associated with large projects and long term, traditional methods do not reflect reality or can leave gaps, allowing misunderstandings about the possibility of investing in the project or not. To support the analysis of the TOR, were also used: Monte Carlo Simulations for the simulations and EV Markowitz Rule for calculating the volatility.

Key words: Float glass, Market, Theory of Real Options and Investment.

LISTA DE ABREVIATURAS

VPL	Valor Presente Líquido
NVP	Net Present Value
TIR	Taxa Interna de Retorno
IRR	Internal Return Rate
DCF	Discounted Cash Flow
PBT	Payback Time
TOR	Teoria das Opções Reais
SMC	Simulação Monte Carlo
GN	Gás Natural
EUA	Estados Unidos da América
NE	Nordeste

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 – Vidros gerados pela natureza.....	4
Figura 2-2 – Vitral do Mercado Municipal de Cantareira São Paulo.....	5
Figura 2-3 – Vidros Egito 1.500 a.c.	6
Figura 2-4 – Processo Manchão.	7
Figura 2-5 – Processo Crown.	8
Figura 2-6 – Processo Massa de pizza.....	9
Figura 2-7 – Processo Fourcault.....	10
Figura 2-8 – Processo Colburn.	10
Figura 2-9 – Processo Pittsburg.....	11
Figura 2-10 – Processo Laminado.	11
Figura 2-11 – Figura esquemática do processo float.....	12
Figura 2-12 – Forno de vidro float.	13
Figura 2-13 – Foto externa do Tin Bath ou banho de estanho.	13
Figura 2-14 – Foto interna do Tin Bath ou banho de estanho.	14
Figura 2-15 – Foto esquemática do Bath ou banho de estanho.	14
Figura 2-16 – Foto estenderia para alívio de tensões do vidro.....	15
Figura 2-17 – Foto área de resfriamento.	15
Figura 2-18 – Estados físicos.	16
Figura 2-19 – Componentes do vidro.	17
Figura 2-20 – Consumo per capta e o mundo.....	19
Figura 2-21 – Divisão do mercado mundial (Demanda).....	20
Figura 2-22 – Produção brasileira de vidro plano (float).....	21
Figura 2-23 – Divisão do mercado de vidro plano por segmento.....	22
Figura 2-24 – Evolução do mercado brasileiro de vidro plano.....	23
Figura 2-25 – SWOT da implantação da indústria no NE do Brasil.....	25
Figura 3-1 – Ferramentas e Tratamento dos Riscos.....	27
Figura 3-2 – Composição do Capital.....	30
Figura 3-3 – Árvore binomial de 01 passo: valores futuros do ativo probabilidades de ocorrência.	42
Figura 3-4 – Árvore binomial de 01 passo: valores futuros das opções e probabilidades de ocorrência.	43
Figura 3-5 – Arvore binomial: Carteira hedge.....	43
Figura 3-6 – Cálculo dos prováveis valores futuros do ativo-objeto.....	45
Figura 3-7 – Cálculo dos valores futuros da opção.	46
Figura 3-8 – Calculo remissivo do valor da opção.....	46
Figura 3-9 – Árvore com 03 passos.....	46
Figura 3-10 – Cálculo remissivo do valor da opção em relação aos prováveis valores finais.	47
Figura 4-1 – Divisão do Mercado brasileiro.....	62
Figura 4-2 – Cálculo dos prováveis valores futuros do ativo-objeto.....	66
Figura 4-3 – Cálculo dos valores futuros da opção.	66
Figura 4-4 – Calculo remissivo do valor da opção.....	67
Figura 4-5 – Árvore de 3 passos.....	67
Figura 5-1 – Modelagem variável Investimento Caso 1.....	73
Figura 5-2 – Modelagem variável Preço de venda Caso 1.....	74
Figura 5-3 – Modelagem variável Gás natural - Caso 1.....	75
Figura 5-4 – Modelagem variável Custo da barrilha Caso 1.....	76
Figura 5-5 – Distribuição de probabilidade VPL Caso 1.....	77

Figura 5-6 – Frequência cumulativa de probabilidade do VPL	77
Figura 5-7 – Tornado caso 1	78
Figura 5-8 – Árvore Binomial do $VPL_{PROBABILISTICO}$ – Caso 1	79
Figura 5-9 – Árvore Regressiva Caso1	79
Figura 5-10 – Modelagem variável Investimento Caso 2	81
Figura 5-11 – Modelagem variável Preço de venda Caso 2	82
Figura 5-12 – Modelagem variável custo do gás natural Caso 2	82
Figura 5-13 – Modelagem variável Custo da barrilha Caso 2	83
Figura 5-14 – Frequência cumulativa do VPL – Caso2	84
Figura 5-15 – Árvore Binomial do $VPL_{PROBABILISTICO}$ – Caso 2	85
Figura 5-16 – Árvore Regressiva Caso2	85
Figura 5-17 – Modelagem variável Investimento Caso 3	87
Figura 5-18 – Modelagem variável Preço de venda Caso 3	87
Figura 5-19 – Modelagem variável Custo do gás natural Caso 3	88
Figura 5-20 – Modelagem variável Custo da barrilha Caso 3	88
Figura 5-21 – Frequência cumulativa VL – Caso 3	90
Figura 5-22 – Árvore Binomial do $VPL_{PROBABILISTICO}$ – Caso 3	91
Figura 5-23 – Árvore Regressiva Caso 3	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Fatores de influência no valor da opção	39
Tabela 5.1 – VPL tradicional.....	72
Tabela 5.2 – Simulação variável de entrada Investimento – Caso 1	73
Tabela 5.3 – Simulação variável de entrada Preço de venda – caso 1	74
Tabela 5.4 – Simulação variável de entrada custo do gás natural – caso 1	75
Tabela 5.5 – Simulação variável de entrada custo da tonelada da barrilha – caso 1	76
Tabela 5.6 – Estatística – caso 1	76
Tabela 5.7 – Resumo da Simulação Monte Carlo	78
Tabela 5.8 – VPL tradicional com a crise americana	80
Tabela 5.9 – VPL tradicional esperado após a crise (Caso 2)	81
Tabela 5.10 – Resultados estatísticos caso 2.	83
Tabela 5.11 – Resumo da Simulação Monte Carlo Caso 2 – após a crise.....	84
Tabela 5.12 – VPL tradicional com antes da crise sem precedentes	86
Tabela 5.13 – VPL tradicional após a crise sem precedentes.....	86
Tabela 5.14 – Resultados estatísticos caso 3.	88
Tabela 5.15 – Resumo da Simulação Monte Carlo Caso 3	90

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVO	14
1.3	ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	15
2	INVESTIMENTO EM VIDRO PLANO	4
2.1	HISTÓRICO DO VIDRO.....	4
2.1.1	HISTÓRIA DO VIDRO NO BRASIL	6
2.2	EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VIDRO PLANO.....	7
2.2.1	PROCESSO FLOAT	11
2.3	DEFINIÇÃO DE VIDRO	15
2.4	MERCADO DE VIDRO PLANO NO MUNDO	18
2.4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS MERCADOS MUNDIAIS	19
2.5	MERCADO DE VIDRO PLANO NO BRASIL	20
2.5.1	CRESCIMENTO DO MERCADO DE VIDRO PLANO BRASILEIRO	21
2.5.2	CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE VIDROS PLANOS BRASILEIRO.....	23
2.6	SWOT - NORDESTE LOCAL PARA IMPLANTAÇÃO.....	25
3	REFERENCIAL TEÓRICO	27
3.1	MÉTODO DO FDC –FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	28
3.1.1	MÉTODO DO VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO	28
3.1.2	MÉTODO DA TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO.....	30
3.1.3	LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS TRADICIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS.....	31
3.2	SITUAÇÃO DE RISCO E INCERTEZA	32
3.2.1	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – INCERTEZA	32
3.2.2	ANÁLISE DE CENÁRIOS – INCERTEZA	33
3.2.3	REGRA E – V DE MARKOWITZ PARA CÁLCULO DA VOLATILIDADE – RISCO	34
3.2.4	SIMULAÇÃO MONTE CARLO	35
3.3	TEORIA DAS OPÇÕES REAIS – TOR	36
3.3.1	OPÇÕES FINANCEIRAS	38
3.3.2	OPÇÕES REAIS COM A ESTRATÉGIA DA FLEXIBILIDADE GERENCIAL	40
3.3.3	MODELO BINOMIAL PARA PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES.....	41
3.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	47
4	METODOLOGIA	62
4.1	DETERMINAÇÃO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO DO PROJETO DE INVESTIMENTO	63

4.2	MODELAGEM DAS INCERTEZAS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO MONTE CARLO;	64
4.3	OBTENÇÃO DA VOLATILIDADE ATRAVÉS DA REGRA E-V MARKOWITZ;	65
4.4	APLICAÇÃO DO MODELO DE PRECIFICAÇÃO BINOMIAL E CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE BINOMIAL	66
4.5	ANÁLISE DAS OPÇÕES REAIS	67
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	70
5.1	PASSOS PARA ANÁLISE DO PROJETO ATRAVÉS DA TOR	70
5.1.1	DETERMINAÇÃO DO VPL DO PROJETO DE INVESTIMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE VIDROS PLANOS	71
5.1.2	APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO MONTE CARLO	71
5.1.3	VOLATILIDADE REGRA E – V DE MARKOWITZ	71
5.1.4	PRECIFICAÇÃO ATRAVÉS DO MODELO BINOMIAL – ARVORE BINOMIAL	71
5.1.5	ANÁLISE DAS OPÇÕES REAIS	71
5.2	ANÁLISE DE CASOS	72
5.2.1	CASO 1: IMPLEMENTAR O PROJETO	72
5.2.2	CASO 2: POSTERGAR O PROJETO	80
5.2.3	CASO 3: CANCELAR O PROJETO	86
5.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO	92
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	93
6.1	LIMITAÇÕES	94
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	94
	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	95
	<i>APÊNDICE I – ÁRVORES DOS CASOS</i>	Erro! Indicador não definido.
	<i>APÊNDICE II – TORNADO DOS CASOS</i>	100
	<i>APÊNDICE III – FLUXO DE CAIXA DOS CASOS</i>	103
	<i>APÊNDICE IV – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS CASOS</i>	106

1 INTRODUÇÃO

Podemos caracterizar vidro float como o vidro proveniente do processo onde, o vidro líquido verte sobre uma piscina de estanho, também no estado líquido, originando daí, um vidro com superfície quase que totalmente plana. Este tipo de vidro chamado também de vidro plano são utilizados em janelas, automóveis, móveis, eletrodomésticos...

A descoberta do vidro data de aproximadamente 2.500 a.c. conforme coloca Ribeiro (1999), onde acredita-se que mercadores fenícios acidentalmente quando faziam uma fogueira na praia para pernoitar, viram pela primeira vez um líquido transparente escorrendo, isso se deu quando estes apoiaram suas panelas sobre blocos de nitrato de sódio e que misturados ao fogo e areia originaram o que hoje chamamos de vidro. O vidro possui várias aplicações e diversos processos para obtenção do mesmo, neste estudo iremos nos deter ao chamado vidro plano ou vidro *float*, que recebe este nome em razão do processo desenvolvido pelos irmãos *Pilkington*, na década de 1950, em que o vidro líquido flutua sobre um banho de estanho líquido.

O mercado de vidros planos é um mercado bastante fechado, dado o fato de a tecnologia ser muito pouco disseminada e ser um processo intensivo de capital, além do que quando se fala em investimentos numa fábrica de vidros *float*, tem-se que levar em consideração todas as variáveis que atuam na oscilação da demanda de mercado, pois um forno de vidro plano tem uma vida útil média de 14 anos, ou seja, depois que se inicia a produção com um forno de vidros planos tem-se que ter o mercado receptivo durante os próximos 14 anos já que é um processo contínuo sem possibilidade de interrupção.

No Brasil, existem apenas dois produtores de vidros planos: Cebrace e Guardian com 4 e 2 unidades respectivamente, onde todas estas unidades estão localizadas no eixo sul – sudeste do Brasil, distante em média 3.000 km do nordeste e 5.000 km da região norte. A Cebrace é uma *joint venture* entre dois grandes produtores mundiais: Pilkington e Saint-Gobain que juntos possuem cerca de 70% da produção brasileira de vidros planos.

Com o forte crescimento da região nordeste dados os programas de incentivos do governo federal, como por exemplo: o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, como Minha Casa Minha Vida, tem-se um deslocamento do PIB do nordeste quando comparado com o do Brasil. Comportamento semelhante tem o crescimento do mercado de vidro plano no Brasil que historicamente nos últimos 10 anos tem crescido entre 1,8 a 2,2 vezes o PIB, um

exemplo disto foi o ano de 2010 onde tivemos um PIB de 7,6% e o mercado de vidro plano cresceu em torno de 15%. IAMM (2009)

1.1 JUSTIFICATIVA

O mercado brasileiro da indústria da construção civil está bastante aquecido, visto o crescimento da economia e os constantes investimentos governamentais em infraestrutura, como consequência disso, tem-se um alargamento da demanda por vidro plano, onde em alguns momentos percebe-se a escassez deste produto e também a invasão de produtos importados, proveniente principalmente da China e do México.

Mesmo após aberturas econômicas entre os países, alguns mercados continuaram extremamente concentrados e fora do ponto de equilíbrio, como é o caso do mercado de vidro plano brasileiro. “Os setores imperfeitos se comportam de uma maneira um tanto hostil ao interesse público” (NORDHAUS E SAMUELSON, 2004).

Sendo o mercado brasileiro produtor de vidros planos dominado por apenas dois grandes produtores: Cebrace e Guardian, pode-se encarar o momento como bastante atrativo para entrada de um novo *player* e geograficamente parece ser o nordeste a região mais atrativa para tal investimento, visto que todas as unidades fabris estão localizadas no eixo sul-sudeste do Brasil.

Temos como candidato a implementação desta ou destas unidades produtoras de vidro plano um grupo pernambucano com projeção nacional que atua no segmento de geração de energia, já atuou na produção de cimento, atuou por cinquenta anos no mercado do chamado vidro oco ou *hollow glass*, destinados a produção de garrafas de uma maneira geral. Este grupo, com capital 100% brasileiro, como mostrado tem uma vasta experiência no ramo industrial em especial no seguimento vidreiro.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise ampliada da viabilidade da implantação de uma indústria para produção de vidros planos na região nordeste do Brasil de forma a considerar a flexibilidade gerencial na implantação do projeto, com a aplicação da teoria das opções reais.

Para tanto serão necessários:

- Uma análise do mercado brasileiro de vidros planos, com um foco direcionado para região nordeste.

- Mapeamento dos principais produtores mundiais de vidros planos, dada a possibilidade de exportação de produtos acabados dos países produtores para o Brasil ou até mesmo a instalação de uma filial produtora aqui no Brasil ou quem sabe no nordeste, foco do nosso trabalho.
- Para as análises de viabilidade do projeto utilizaremos um comparativo entre a metodologia tradicional de TIR e VPL e o chamado VPL expandido utilizando a TOR – Teoria das Opções Reais

1.3 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho será apresentado na seguinte divisão:

No Capítulo 1 está relacionado a introdução onde serão apresentados: a justificativa da escolha do tema, objetivos gerais e específico e a organização dos capítulos.

No Capítulo 2 faremos a apresentação do vidro: sua descoberta, a diferenciação de cada processo de produção de vidro bem como sua evolução. Também será apresentado o mercado de vidro plano mundial e brasileiro, seu tamanho, crescimento e sua estrutura. Neste capítulo, mostraremos os principais *players* envolvidos nas disputas de mercado.

No Capítulo 3 será apresentada a estrutura teórica do trabalho, com seus respectivos referenciais.

No Capítulo 4 será apresentada a metodologia para aplicação das ferramentas apresentadas no capítulo 4.

No Capítulo 5 será feita a aplicação das ferramentas no modelo econômico desenvolvido.

No capítulo 6 serão apresentadas as conclusões do trabalho apresentado e recomendações para trabalhos futuros.

2 INVESTIMENTO EM VIDRO PLANO

2.1 HISTÓRICO DO VIDRO.

Existem diversas versões quanto ao descobrimento do vidro, e, dentre elas, a mais difundida data de aproximadamente 2.500 a.C.. A referida versão diz respeito a mercadores fenícios, os quais teriam acidentalmente descoberto quando faziam uma fogueira na praia para pernoitar, após terem visto, pela primeira vez, um líquido transparente escorrendo. Isso se deu quando eles apoiaram suas panelas sobre blocos de nitrato de sódio, os quais, misturados ao fogo e à areia, originaram o que hoje chamamos de vidro. Esta versão não pode ser validada cientificamente, pois para a fusão do vidro necessita-se de uma temperatura em torno de 1.800°C, e uma fogueira à beira da praia não conseguiria atingir esta temperatura.

Outra versão plausível narra que o vidro foi simplesmente encontrado quando nômades vagavam por uma região bastante arenosa e com forte incidência de raios e trovões. Acharam então grande quantidade de um material transparente a que chamaram de vidro. Este fato é cientificamente possível, visto que naquela região se encontravam a sílica (areia), principal componente do vidro, e a energia transferida quando um raio atingia determinado local; este processo natural chama-se vitrificação. Alguns exemplos destes vidros gerados pela natureza são mostrados na figura 2.1.



Figura 2-1 – Vidros gerados pela natureza.

Fonte: Manual do Vidreiro Companhia Industrial de Vidros

No Egito, nos tempos dos Faraós (aproximadamente no ano 1.500 a.C.), o vidro era bastante utilizado para fins decorativos: os artistas a serviço da nobreza confeccionavam objetos para adornos pessoais e embalagens como pode-se ver na Figura 2.3.

A grande revolução na utilização do vidro veio com a descoberta do processo de sopro, quando o vidro passou a ser utilizado por todas as camadas da população, inclusive em janelas. O vidro voltou a ter grande importância quando a Igreja Católica passou a utilizá-lo em seus vitrais e títulos de nobreza foram conferidos aos vidreiros mais importantes como forma de valorizar a arte, como mostra a Figura 2.2 do vitral do mercado municipal de São Paulo.



Figura 2-2 – Vitral do Mercado Municipal de Cantareira São Paulo.

Fonte: www.areliquia.com.br

“Por volta do ano 1200 d.C, a fama do vidro veneziano já se espalhava pelo mundo[...] Seus dirigentes, porém, sabendo que a riqueza dependia do sigilo que conseguisse guardar a respeito das suas fórmulas de vidro e, também, para evitar os incêndios causados nas cidades pelas fábricas de vidro, resolveram mudá-las para a ilha de Murano. Nessa ilha, não se permitia a entrada de estranhos e os vidreiros também dela não poderiam se ausentar, e somente com autorização especial podiam se ausentar por algumas milhas.” (MAIA, 2003). Outra passagem importante desse período na ilha de Murano deu-se quando os vidreiros começaram a se aposentar por não apresentarem mais condições físicas de trabalho, dada a agressividade do processo de produção de vidro, pois os que resolvessem sair da ilha tinham a língua cortada para que não fosse possível transmitir os tão cobiçados segredos da produção do vidro veneziano. Estes dominaram o mercado europeu de vidro por mais de 400 anos.



Figura 2-3 – Vidros Egito 1.500 a.c.

Fonte: Manual do Vidreiro Companhia Industrial de Vidros

2.1.1 HISTÓRIA DO VIDRO NO BRASIL

A história da introdução do vidro no Brasil data do período entre 1625 e 1634, durante as invasões holandesas, quando, em Pernambuco, alguns artesões da comitiva do príncipe Maurício de Nassau fundaram a primeira oficina de vidro. Nesta oficina, iniciou-se a produção de pequenos vidros para janela e de alguns copos e frascos. Com a expulsão dos holandeses, a oficina foi fechada e o vidro só voltou a ser produzido no Brasil em 1810, quando foi montada, na Bahia, a primeira fábrica de vidros: a “Real Fábrica de Vidros da Bahia”, obra do português Francisco Ignácio de Siqueira Nobre, com a autorização do regente D. João, recém-chegado ao Brasil. A produção era essencialmente artesanal, utilizando-se os processos de sopro e prensagem, sendo que as peças eram produzidas uma a uma.

Em 1940, após uma associação entre a Real Fábrica de Vidros da Bahia, a Santa Marina, empresas locais e a PPG (norte-americana), fundou-se a CPVP – Companhia Paulista de Vidros Planos, que mais tarde se denominaria Indústrias Reunidas Vidrobrás. Esta empresa permaneceu hegemônica até os anos 1960. Em 1957, um grupo de distribuidores fundou a UBV – União Brasileira de Vidros. As décadas de 1960 e 1970 caracterizaram-se pela entrada de grandes *players* mundiais no mercado brasileiro: a Saint-Gobain, em 1960, com a aquisição da Vidrobrás; a BSN, em 1962, com a criação da Providro. A Cebrace (join-venture

entre Saint-Gobain e Pilkington), criada em 1974; no entanto a vinda efetiva da Pilkington para o Brasil só se deu em 1979.

Em 1974, após a descoberta do processo float pelos irmãos Pilkington em 1922, o Brasil recebe sua primeira fábrica de float. Foi criada uma sociedade entre a Pilkington e a Saint-Gobain, também grande produtor de vidros mundial, a chamada Cebrace Cristal Plano LTDA construída em Jacareí (SP), num município chamado Vale do Paraíba. Este fato também marca o início da bem sucedida sociedade entre Pilkington e Saint-Gobain na produção de vidros planos no Brasil.

2.2 EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VIDRO PLANO.

As primeiras experiências de que se tem notícia de tentativas da produção de vidro plano data do século III, com o processo chamado de “MANCHÃO”. Este processo é iniciado com o sopro, quando o vidreiro, munido com a chamada “cana” ou vara de sopro, coleta uma certa quantidade de massa de vidro e a transforma num balão de vidro, conforme mostra a Figura 2.4. Em seguida, este balão é cortado e o vidro é estirado, surgindo daí uma folha de vidro plano.

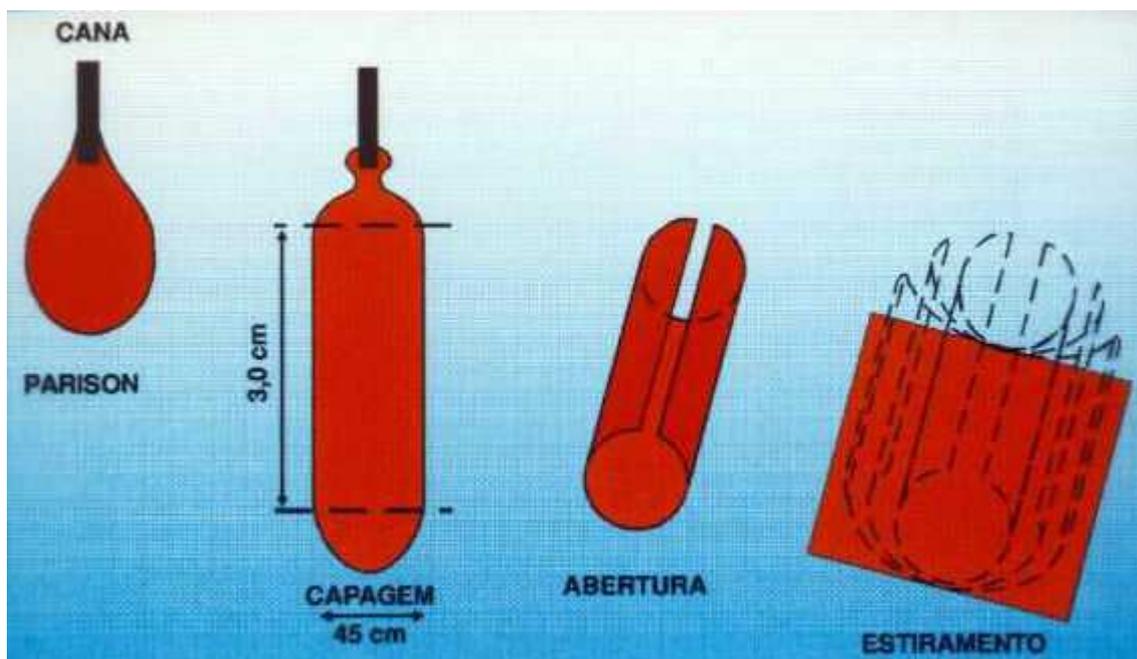


Figura 2-4 – Processo Manchão.

Fonte: Escola do vidro

Um outro processo é o chamado “Crown”, no qual o princípio é o sopro, como no processo Manchão. No entanto, a etapa final é o giro da cana até o momento em que se atinge a planicidade da chapa de vidro, conforme demonstra a Figura 2.5. Os vidros utilizados

inicialmente no Palácio de Versailhes, na França provêm deste processo. O grande problema deste processo era a limitação nos tamanhos das chapas.

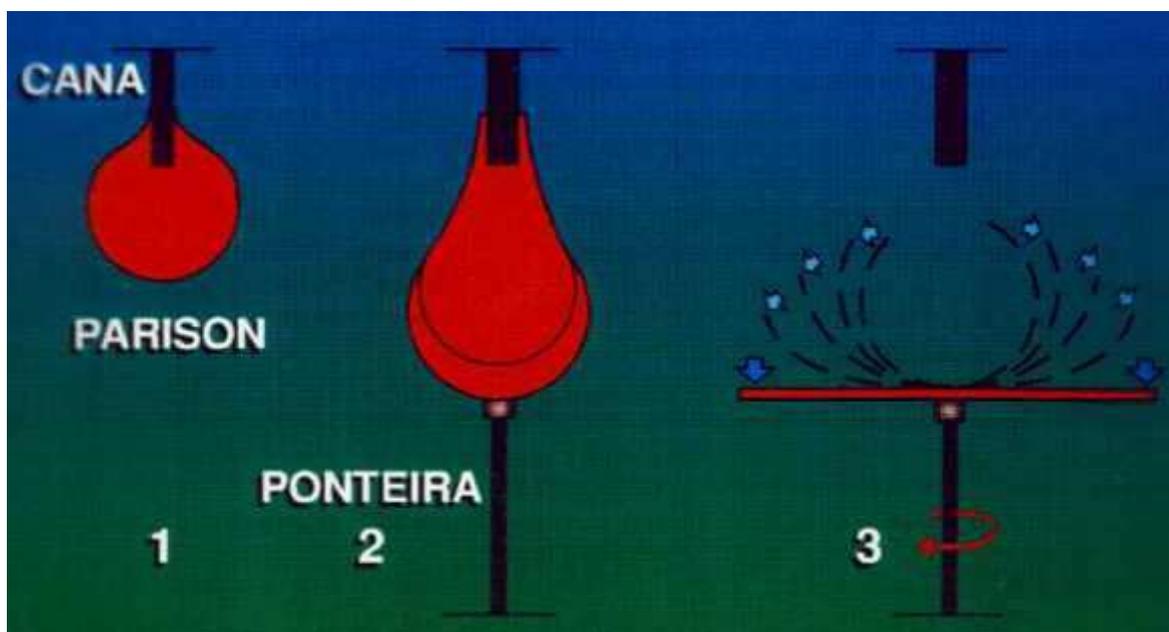


Figura 2-5 – Processo Crown.

Fonte: Escola do vidro

Para solucionar o problema de limitação de tamanho das chapas, foi desenvolvido o processo “Massa de Pizza”. A partir daí, o vidro derretido era derramado em superfícies de planas e o vidro era espalhado com uma espécie de rolo e em seguida polido com tamancos como mostra a Figura 2.6..



Figura 2-6 – Processo Massa de pizza.

Fonte: Escola do vidro / Pilkington 1930

Após a revolução industrial, desenvolveram-se diversos processos de produção de vidro plano, entre eles:

- FOURCAULT – Na Bélgica em 1914 (Figura 2.7);
- COLBURN – Nos Estados Unidos 1917 (Figura 2.8);
- PITTSBURG – Estados Unidos 1921 (Figura 2.9);
- LAMINADO – em 1932 (Figura 2.10);

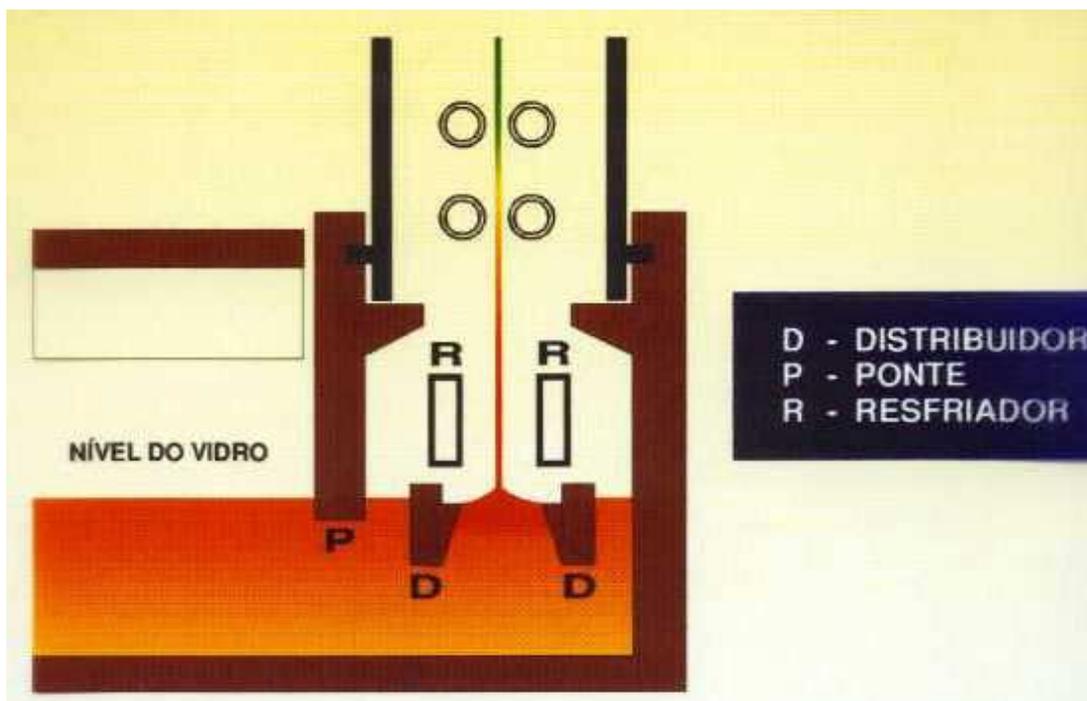


Figura 2-7 – Processo Fourcault.

Fonte: Escola do vidro

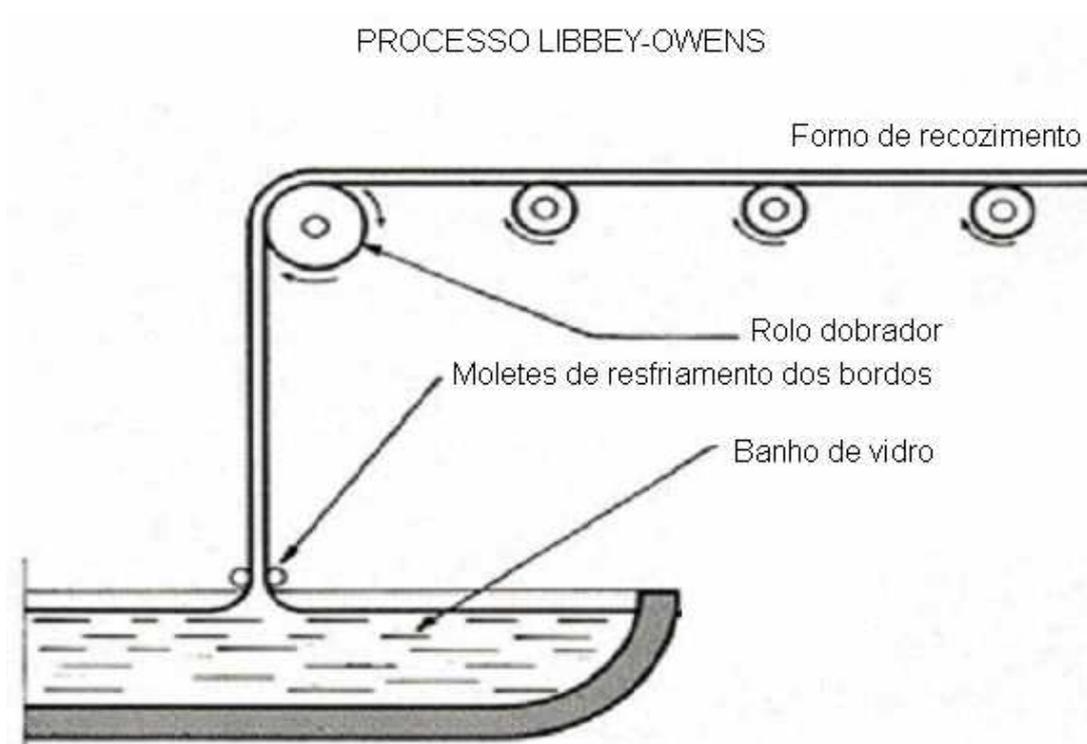


Figura 2-8 – Processo Colburn.

Fonte: Escola do vidro

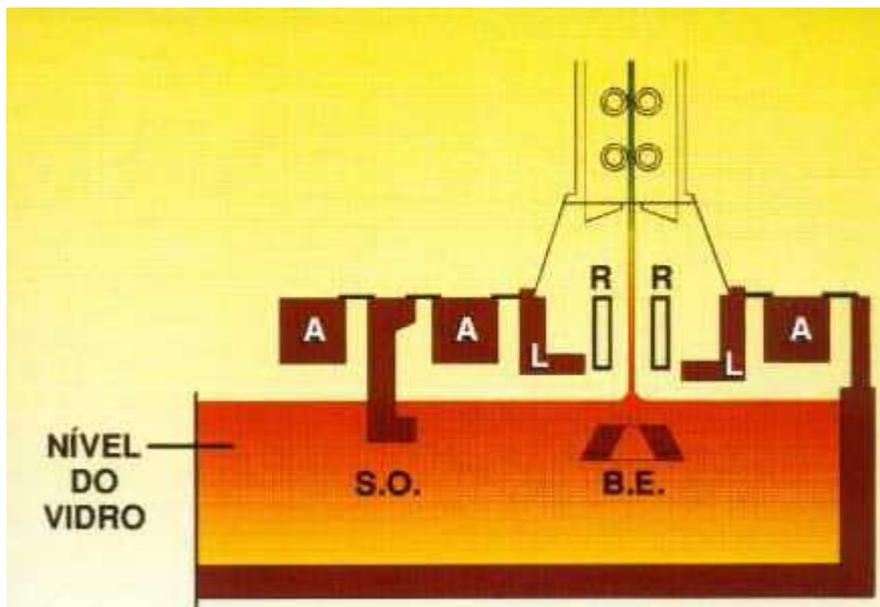


Figura 2-9 – Processo Pittsburgh.

Fonte: Escola do vidro

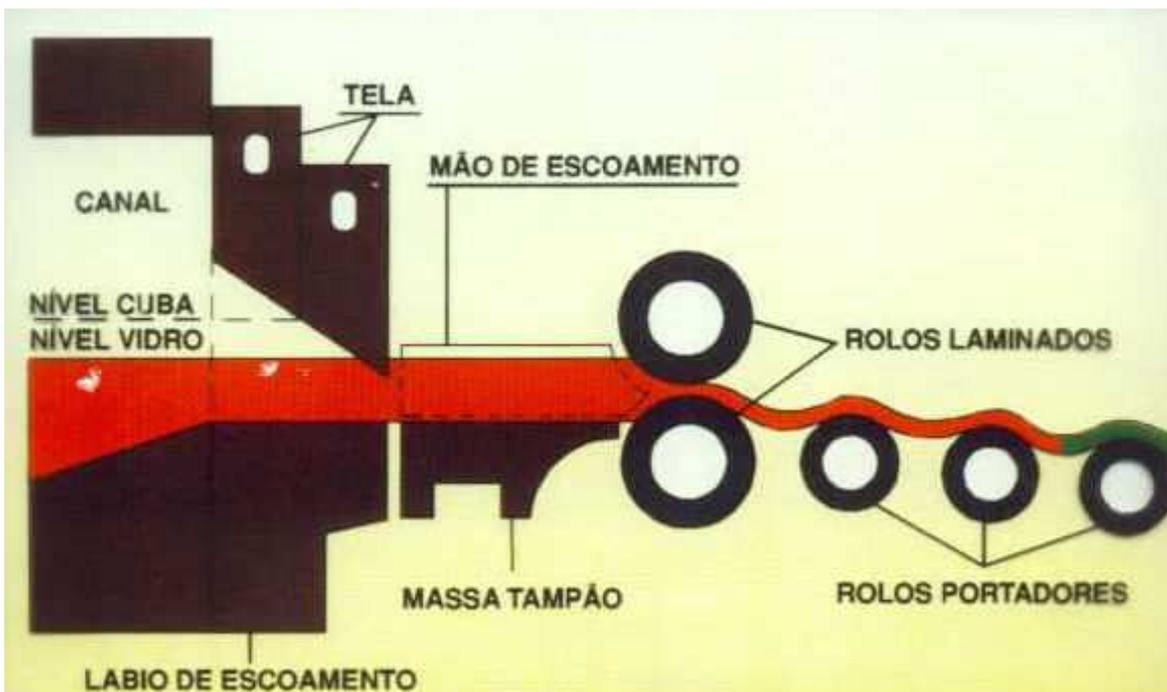


Figura 2-10 – Processo Laminado.

Fonte: Escola do vidro

2.2.1 PROCESSO FLOAT

Em 1959, o processo *float* foi desenvolvido e patenteado por Alastair Pilkington. Certo dia, quando Alastair estava ajudando sua mulher a lavar roupas, notou que porções de óleo

não se misturavam com a água na pia, permanecendo na forma de lâminas sobre esta. A partir daí, ele procurou um metal que fizesse o mesmo papel da água, onde o óleo seria o vidro. Ao pesquisar os elementos existentes na natureza, ele encontrou o estanho, pois este é bem mais denso que o vidro e continua líquido, não se misturando com ele, nas temperaturas em que se dá o enrijecimento do vidro fundido (de 1100°C a 600°C).

Uma boa definição para o processo float é que quando se despeja dois líquidos com densidades diferentes, sendo ambos imiscíveis (como água e óleo), o menos denso vai formar uma lâmina sobre o mais denso, resultando uma espessura dita "de equilíbrio", que depende de alguns fatores. Quando se despeja o vidro fundido sobre o estanho, a tendência é de se formar uma lâmina de 5 a 6 mm de espessura.

2.2.1.1 ETAPAS DO PROCESSO FLOAT

Uma planta de produção de vidro float, ilustrado na figura 2.11, é basicamente composta das seguintes áreas:

1. Casa de composição;
2. Forno de fusão (Figura 2.12);
3. Banho de estanho (Figura 2.13, 2.14 e 2,15);
4. Estenderia (Figura 2.16);
5. Área de corte (Figura 2.17);
6. Armazém;

A figura esquemática abaixo mostra a seqüência das atividades no processo bem como a linha média de temperatura no fluxo.

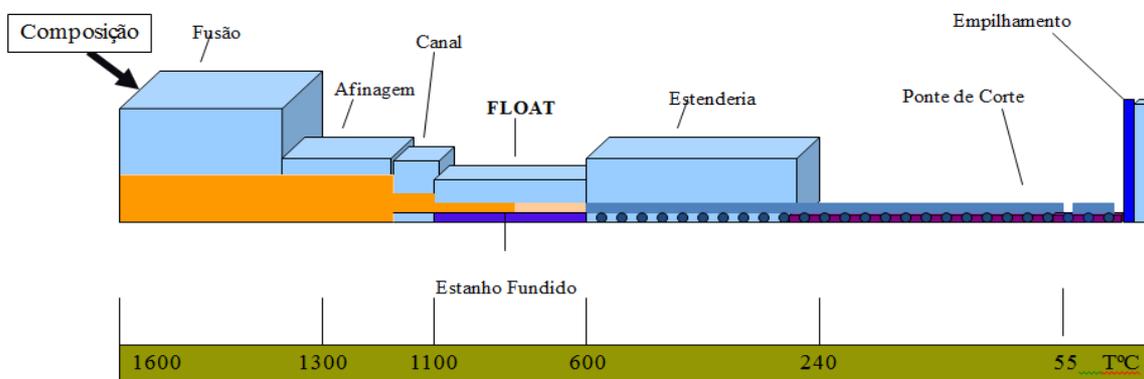


Figura 2-11 – Figura esquemática do processo float.

Fonte: Manual do Vidreiro Companhia Industrial de Vidros



Figura 2-12 – Forno de vidro float.

Fonte: Arquivo próprio



Figura 2-13 – Foto externa do Tin Bath ou banho de estanho.

Fonte: Escola do vidro Mauro Akerman

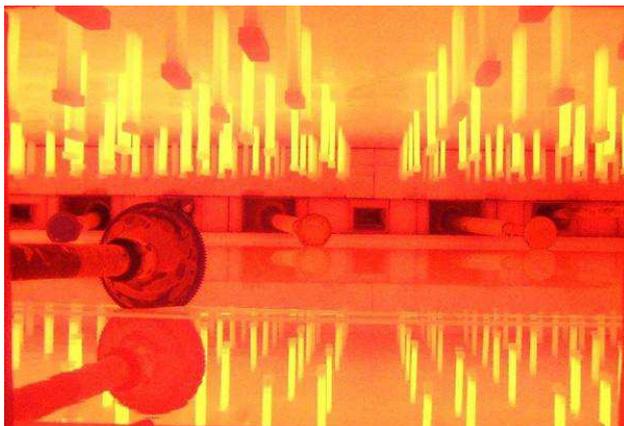


Figura 2-14 – Foto interna do Tin Bath ou banho de estanho.

Fonte: Escola do vidro Mauro Akerman

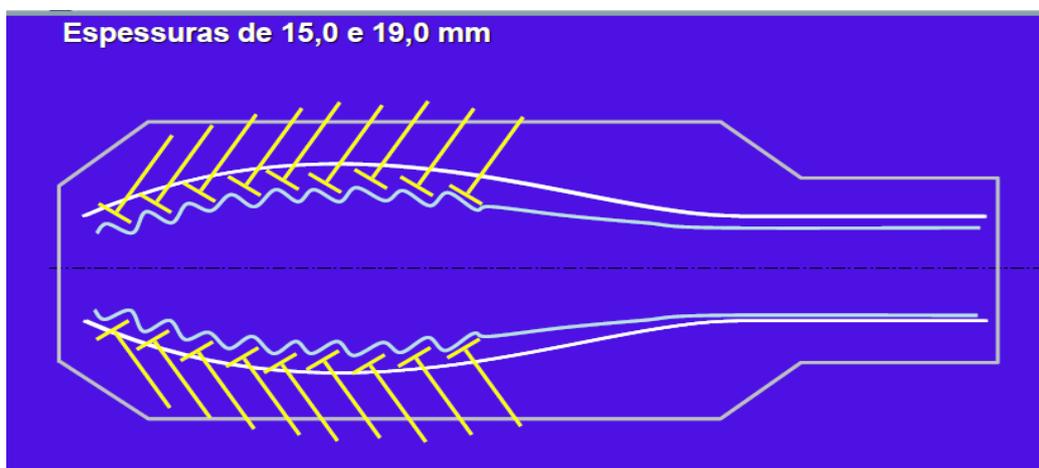


Figura 2-15 – Foto esquemática do Bath ou banho de estanho.

Fonte: Escola do vidro Mauro Akerman



Figura 2-16 – Foto estenderia para alívio de tensões do vidro.

Fonte: Escola do vidro Mauro Akerman



Figura 2-17 – Foto área de resfriamento.

Fonte: Escola do vidro Mauro Akerman

2.3 DEFINIÇÃO DE VIDRO

Definir o vidro não é uma tarefa tão fácil quanto parece, pois este apresenta uma estrutura *amorfa* ou *vítrea*, isto é, um estado de matéria que combina a estrutura ordenada dos materiais sólidos cristalinos, com a estrutura desordenada, característica dos líquidos – *estado*

vítreo. Os átomos do vidro, embora apresentem um arranjo desordenado, apresentam uma posição fixa, portanto o vidro não pode ser classificado como sólido nem tão pouco como líquido.

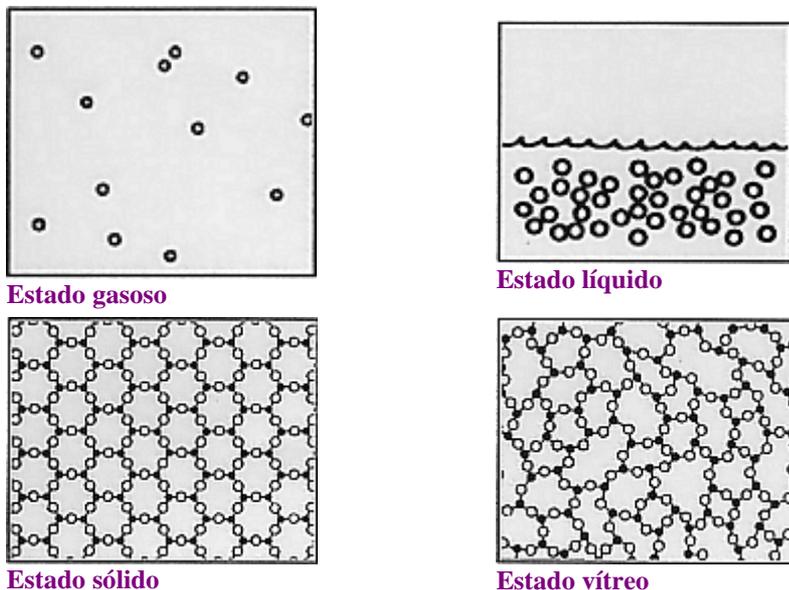


Figura 2-18 – Estados físicos.

Fonte: Manual do vidreiro Companhia Industrial de Vidros

O vidro, conforme se visualiza na Figura 2.19 abaixo, é composto basicamente de: sílica ou areia (que representa em torno de 70% de sua composição), barrilha, calcário, feldspato e aditivos. Estes componentes, misturados numa proporção adequada e fundidos, dão origem ao vidro, o qual, dependendo dos aditivos, pode-se apresentar nas mais diversas colorações.

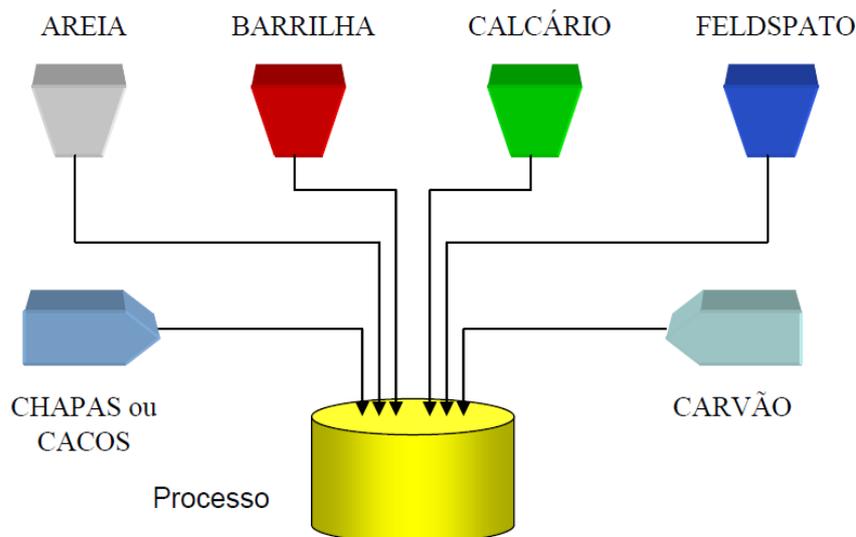


Figura 2-19 – Componentes do vidro.

Fonte: Manual do vidreiro Companhia Industrial de Vidros

Tipos de vidros:

1. **Vidros de Soda-cal:** Estes são os vidros mais comuns, usados no vidro plano, lâmpadas, recipientes, etc.. Significativamente, a família de soda-cal é a usada no desenvolvimento do processo “float”.
2. **Vidros de Sílica Fundida ou Quartzo:** Esses incluem o único componente do vidro realmente importante, e é caracterizado por altas temperaturas de fusão e trabalho, um coeficiente de expansão térmica baixo (e assim resistência ao choque térmico), e alta resistência química. O seu alto ponto de fusão o torna caro e difícil de produzir como um vidro derretido primário. Os vidros dessa família são aplicados em laboratórios de alta tecnologia.
3. **Vidros de Borossilicato:** Esses vidros são muito resistentes à corrosão química, e têm um coeficiente de expansão térmica baixo, um terço do coeficiente do vidro de soda-cal (ainda que seis vezes o da sílica fundida). Esta família de vidros tem uma enorme gama de usos: utensílios domésticos (Pyrex) e de laboratórios, lâmpadas e ainda é usado em vidros resistentes ao fogo aumentando a resistência ao impacto e baixando o coeficiente de expansão.
4. **Vidros de Chumbo:** É um vidro com baixas temperaturas de fusão e trabalho, possui um alto índice de refração e densidade. A quantidade de óxido de chumbo pode

variar muito (até três vezes), e vidros com alto teor de chumbo (onde o óxido de chumbo compreende até 80% do total) são usados como protectores de radiação.

5. **Vidros de Silicato de Alumínio:** Enquanto ainda compreende mais de 50% de sílica, o alumínio, contudo, nesses vidros é dez vezes maior do que nos de soda-cal. O óxido de boro também está presente, e o vidro resultante tem uma grande durabilidade química.

Neste trabalho nos deteremos apenas a análise do vidro soda-cal utilizado no processo float.

2.4 MERCADO DE VIDRO PLANO NO MUNDO

O mercado mundial de vidro *float* é de aproximadamente 50 milhões de toneladas por ano, onde Europa, China e América do Norte correspondem a 70% desta demanda. O mercado Chinês tem crescido rapidamente: na década de 1990 o mercado Chinês correspondia a 1/5 da demanda hoje representa aproximadamente 40% do mercado mundial de vidro *float*.

Atualmente conforme apresentado no relatório anual da Pilkington 2010, quatro empresas detêm cerca de 70% do mercado mundial de vidros planos. Os principais produtores são: Asahi e NSG/Pilkington (Japão); Saint-Gobain (França) e Guardian (Estados Unidos). Esta concentração é consequência, em grande parte, da densidade de capital necessária para o empreendimento, além dos investimentos requeridos para capacitação técnica e abertura de mercado.

Entretanto, na última década, intensificou-se a entrada em operação de empresas chamadas independentes: EuroGlas- Alemanha; Sangali – Itália; Duzce Cam- Turquia; Múlia- Indonésia e diversas empresas na China e Oriente Médio, suportadas pela tecnologia desenvolvida por empresas de engenharia ou licenciadas por alguns fabricantes.

O consumo per capita anual de vidros planos na Europa e EUA é de aproximadamente 17 kg e 11 kg, respectivamente. No restante do mundo, o consumo per capita anual para este segmento ainda é relativamente baixo, em torno de 4 kg. Além disso, principalmente na China, é grande a proporção de vidros float de baixa qualidade, embora haja um gradativo processo de adequação aos padrões internacionais.

2.4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MERCADOS MUNDIAIS

Tabela 2.1 – Produção e Consumo de vidro plano

	N ^a DE FABRICANTES	PRODUÇÃO ANUAL (milhões de ton)	CONSUMO PER CAPTA / ANO
EUROPA	8	11 ton	17 Kg / ano
JAPÃO	3	1 ton	8 Kg / ano
SUDESTE ASIÁTICO	7	4 ton	6 Kg / ano
AMÉRICA DO NORTE	7	6 ton	10 Kg / ano
AMÉRICA DO SUL	7	2 ton	5 Kg / ano
CHINA	NA	23 ton	NA
RUSSIA	NA	11 ton	NA

Fonte: Relatório Pilkington. Elaboração própria

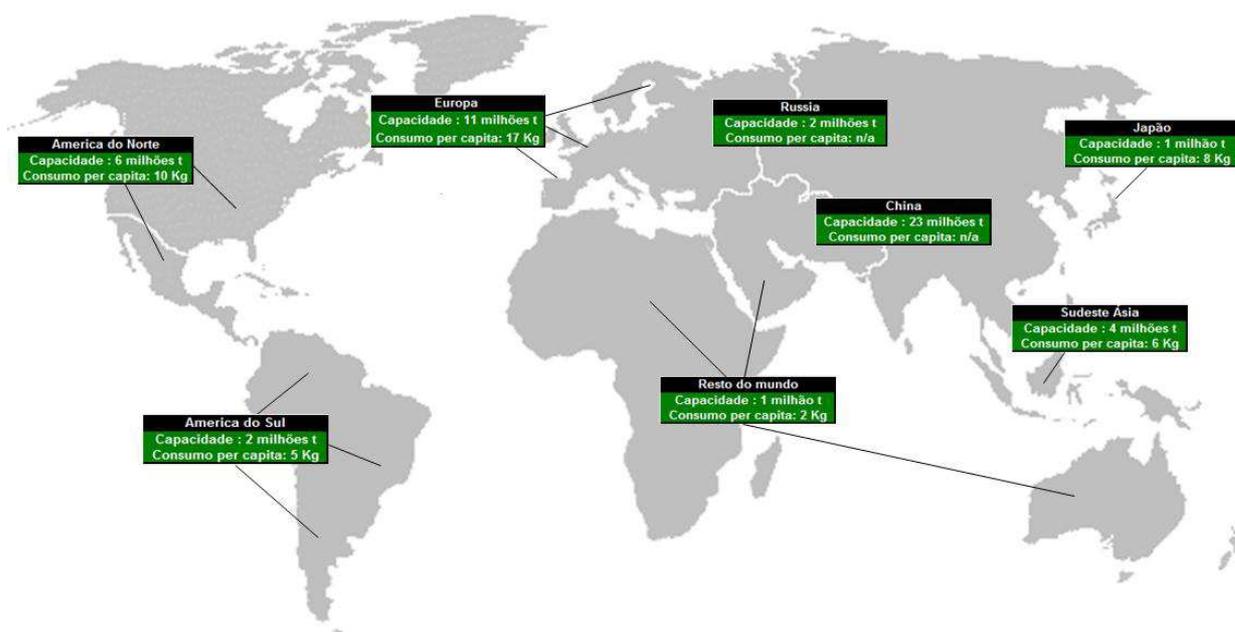


Figura 2-20 – Consumo per capita e o mundo

Fonte: Relatório Pilkington

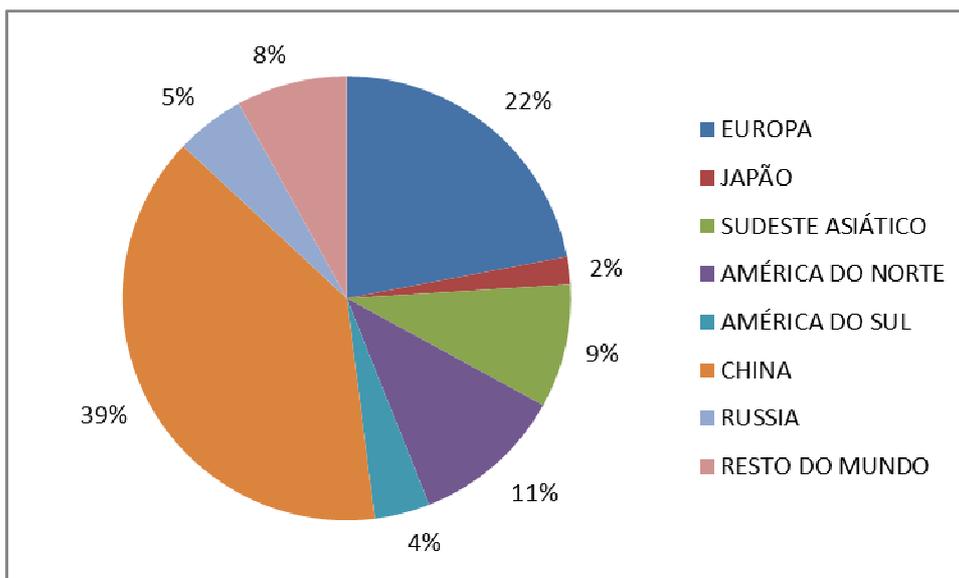


Figura 2-21 – Divisão do mercado mundial (Demanda)

Fonte: Relatório Pilkington. Elaboração própria

2.5 MERCADO DE VIDRO PLANO NO BRASIL

Todo mercado é composto por dois elementos fundamentais: a oferta – quantidade que os vendedores colocam a disposição para venda ou troca; e a demanda – quantidade que os compradores tem condições e estão dispostos a adquirir. “Um mercado é um mecanismo por meio do qual compradores e vendedores interagem para estabelecer preços e trocar produtos ou serviços.” (NORDHAUS E SAMUELSON, 2004).

A década de 1990 representou um novo momento na relação entre o Estado e a economia, com o fim da Guerra Fria os países antes divididos entre capitalistas e comunistas, passariam agora a discutir o desenvolvimento de novas regiões. Isto intensificou a popularização de novas tecnologias e como consequência, uma aceleração no processo de globalização. A partir daí começaram a surgir os blocos, associações, alianças e barreiras alfandegarias foram quebradas aumentando o intercâmbio entre os Estados.

A produção de vidro float no Brasil é dividida entre as seguintes empresas: Cebrace (join venture Saint-Gobain e Pilkington) e Guardian, conforme mostra a Tabela 2.2.

No Brasil, a Cebrace (4 unidades industriais) e a Guardian (2 unidades industriais) são responsáveis por 80% do mercado de vidros planos (float), conforme mostra a Tabela 2.2 e a Figura 2.22 . O restante do mercado, cerca de 20%, é abastecido por produtos importados

(maior parte do México e China). As unidades produtivas das empresas que atuam neste segmento estão localizadas nos estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro.

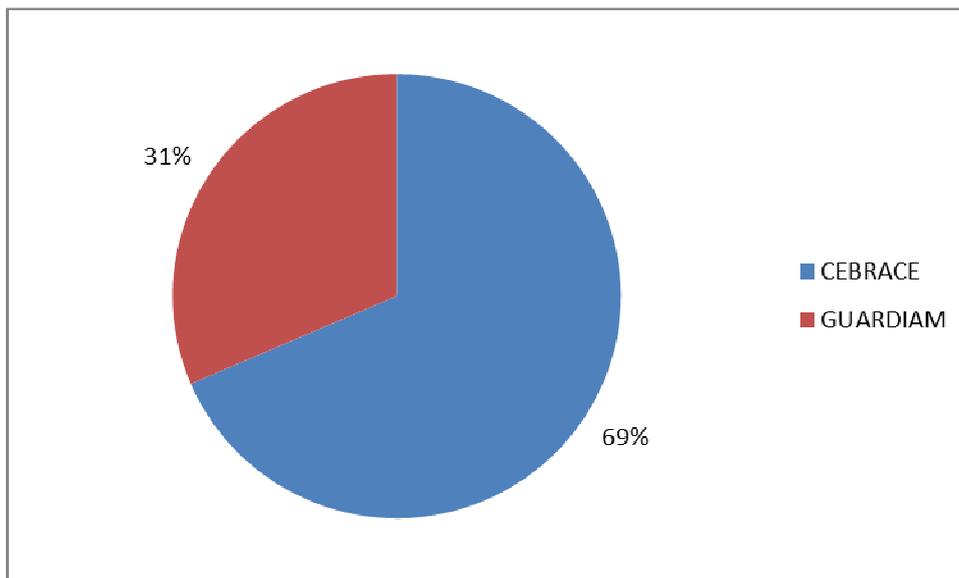


Figura 2-22 – Produção brasileira de vidro plano (float)

Fonte: Própria

Tabela 2.2 – Fábricas de vidro float no Brasil

LINHA DE FLOAT	LOCALIZAÇÃO	CAPACIDADE (ton/dia)
CEBRACE – (C1)	JACAREI (SP)	900
CEBRACE (C2)	CAÇAPAVA (SP)	750
CEBRACE – (C3)	JACAREI (SP)	650
CEBRACE – (C4)	BARRA VELHA (SC)	750
GUARDIAN PORTO REAL	PORTO REAL (RJ)	600
GUARDIAN TATUÍ	TATUÍ (SP)	800

Fonte: Elaboração própria

2.5.1 CRESCIMENTO DO MERCADO DE VIDRO PLANO BRASILEIRO

O mercado de vidro plano no Brasil pode ser dividido em três segmentos principais que são eles: construção civil, automotivo e eletrodomésticos / decoração (conforme Figura 2.23).

kts / ano	2006	2007	2008	2009	2010
Consumo doméstico Float total	1.041,3	1.261,6	1.271,6	1.384,4	1.592,0

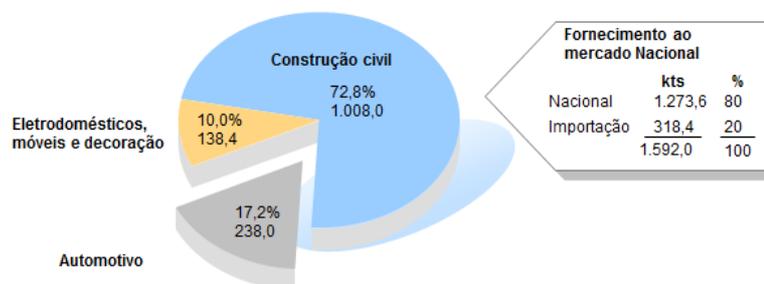


Figura 2-23 – Divisão do mercado de vidro plano por segmento

Fonte: IAMM – Instituto Mercadológico e Mercadométrico (2010)

No Brasil o consumo per capita é de aproximadamente 6 kg (2009), sendo grande a diferença deste índice entre as regiões (NE=2,15 kg e SE= 9,33 kg). Conforme pesquisa realizada pela Booz & Company (2010), o mercado brasileiro cresce a taxas históricas equivalentes a 2 vezes o crescimento do PIB. Espera-se ainda que as regiões N/NE (17% do mercado brasileiro) cresçam a taxas de PIB superiores a média brasileira, e aumente o seu consumo acima da evolução nacional.

Segundo dados do Ministério das Cidades o Brasil possui um déficit habitacional em torno de 5 milhões de unidades (N/NE=2,5 milhões - dados Ministério das Cidades) e com a expansão da indústria automobilística dos últimos anos, o mercado projeta o mesmo crescimento de 2 vezes o PIB, para os próximos 10 anos, conforme mostra a figura 2.24.

Com este crescimento será necessário a construção de uma nova unidade fabril de vidro *float* a cada dois anos na próxima década no Brasil.

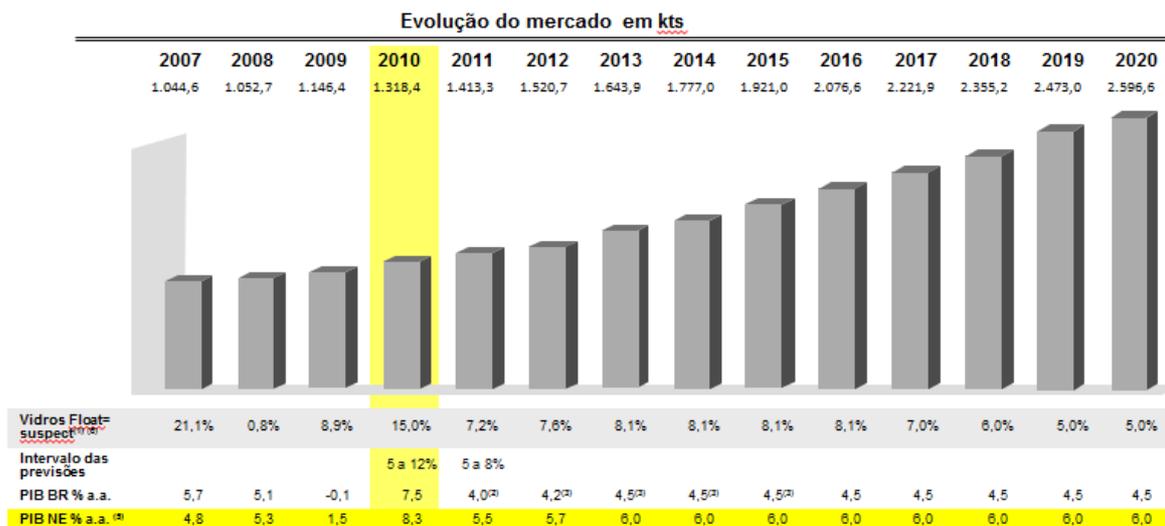


Figura 2-24 – Evolução do mercado brasileiro de vidro plano

Fonte: IAMM – Instituto Mercadológico e Mercadométrico (2010)

2.5.2 CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE VIDROS PLANOS BRASILEIRO

Mesmo após a abertura econômica entre os países, alguns mercados como o de vidro plano no Brasil ainda continuaram extremamente concentrados e fora do ponto de equilíbrio, como é o caso do mercado de vidro plano. “Os setores imperfeitos se comportam de uma maneira um tanto hostil ao interesse público” (NORDHAUS E SAMUELSON, 2004).

Conforme coloca HALL & HITCH (1939), os mercados podem ser classificados de duas maneiras básicas: mercado perfeito e mercados imperfeitos e estes são diferenciados pelo poder que a oferta ou demanda tem na definição do preço. No mercado de concorrência perfeita, considera-se que qualquer ofertante de produtos é tão pequeno em relação ao total das empresas ofertantes, que não consegue ou não pode influenciar nos preços e sim tê-los como dado. No mercado imperfeito podemos ter algumas subclassificações entre elas: monopólio e oligopólio.

Uma estrutura de mercado monopolista apresenta três características principais: uma única empresa produtora; não há produtos substitutos próximos; existem fortes barreiras à entrada de concorrentes. Como geralmente o mercado compra tanto menos quanto maior for o preço, o monopolista fixa o preço que lhe dá maior lucro tendo em vista a relação entre custo e produção.

O mercado oligopolista caracteriza-se pela existência de poucas empresas ofertantes e estas com grandes participações (fatias) no mercado, de forma que qualquer mudança em sua

política de vendas afeta a participação de seus concorrentes e os induz a reagir. Ocorre basicamente devido à existência de barreiras à entrada de novas empresas no setor, como a proteção de patentes, controle de matérias primas chaves, tradição, oligopólio puro ou natural, tecnologia ou intensividade de capital. Neste tipo de mercado podemos encontrar algumas estruturas, entre elas o cartel, que podemos definir como: uma organização formal ou informal de produtores dentro de um setor, que determina a política de todas as empresas, fixando preços e a repartição (cota) do mercado entre empresas, alguns analistas de mercados classificam os cartéis em: cartéis perfeitos e imperfeitos.

- Cartéis Perfeitos: todas as empresas têm a mesma participação, um preço único é fixado pela administração do cartel.
- Cartéis Imperfeitos: existem empresas líderes com maior participação no mercado que fixam os preços, as demais apenas seguem as determinações.

“Cartel é uma organização (formal ou informal) de produtores dentro de um setor, que determina a política de preços para todas as empresas que o compõem” (SPÍNOLA e TROSTER, 2004).

Num mercado desequilibrado como é o mercado de vidro plano no Brasil, os preços praticados ficam acima dos preços em concorrência perfeita, fazendo com que a população tenha que despender uma parcela maior de sua renda para aquisição de determinado produto, como consequência disto temos uma diminuição na disponibilidade do indivíduo para consumo de outros produtos, dado que a renda é fixa. Outro ponto importante a se destacar num setor como o de vidro plano brasileiro é a qualidade dos serviços que tendem a ser baixa dado o ambiente não-concorrencial.

Com a apresentação do mercado de vidro plano e após a apresentação das estruturas de mercados, já temos uma boa base para classificar o mercado em estudo. O mercado de vidros planos brasileiro tem uma clara tendência a se caracterizar por um forte oligopólio, onde existem apenas dois produtores e um mercado com: fortes barreiras de entradas; intensividade de capital; tecnologia não difundida; fortes patentes ainda em vigor; matérias primas estratégicas como jazidas de areia, calcário e barrilha.

Uma outra classificação utilizada por estudiosos de mercado concentrados é a Teoria da Organização Industrial, em que esta analisa qual a medida das imperfeições do mercado. Essa teoria tenta cobrir as lacunas da teoria tradicional na interpretação do mundo real, particularmente no estudo de mercados que operam em concorrência imperfeita.

Uma medida comumente utilizada para verificar o grau de concentração econômica no mercado é calcular a proporção do valor do faturamento das quatro maiores empresas de cada ramo de atividade sobre o total faturado no ramo respectivo. Quanto mais próximo de 100%, significa que o setor tem alto grau de concentração, quanto mais próximo de 0%, menor o grau de concentração do setor. Com relação ao mercado de vidros planos esta concentração estaria bem próximo a 100%, ou seja, um mercado de altíssima concentração.

2.6 SWOT - NORDESTE LOCAL PARA IMPLANTAÇÃO

Abaixo foi feita uma análise SWOT, levantando as: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças com relação a implantação de uma indústria de vidros planos no nordeste brasileiro.

<p style="text-align: center;">FORÇAS</p> <ul style="list-style-type: none"> •Primeira indústria de vidros planos do NE; •Incentivos fiscais; •Cultura institucional voltada para marketing/mercado; •Clientes anseiam pela entrada de um novo player; •Economia e mercado da construção civil em crescimento maior na região NE do que o restante do país; •Capacidade financeira para investir em tecnologia de ponta; •Expertise industrial do Grupo; •Proteção logística e frete de retorno competitivo; •Conhecimento da logística concorrencial. 	<p style="text-align: center;">FRAQUEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> •Concorrência com elevada capacidade de investimentos; •Preço elevado vs outros materiais; •Cadeia pouco qualificada na região NE; •Limitação de mix de produtos ; •Novo segmento de atuação para o Grupo; •Distância do maior centro de consumo; •Dificuldade de exportação em caso de excedente de produção.
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> •Consolidação da entrada de um novo player através dos volumes adicionais de consumo; •Desenvolver e estimular a utilização do vidro plano em uma região com baixo consumo per capita; •Oferecer um nível de serviço superior ao da concorrência (ex: pontualidade na entrega, rapidez no atendimento, orientação técnica sobre novas opções de aplicações, realização ações para qualificação da cadeia); •Pouca fidelidade dos clientes aos fornecedores atuais; •Demanda do mercado é maior que a oferta; •Deficit habitacional (N/NE representa 45% do deficit nacional); •Tendência de instabilidade nas importações. 	<p style="text-align: center;">AMEAÇAS</p> <ul style="list-style-type: none"> •Reação da concorrência ; •Cebrace e Guardian, empresa globais com domínio da cadeia produtiva; •Entrada de novos players ; •Escassez de mão de obra qualificada na região NE.

Figura 2-25 – SWOT da implantação da indústria no NE do Brasil

Fonte: IAMM – Instituto Mercadológico e Mercadométrico (2010)

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo faremos uma apresentação geral dos métodos de análise de projetos de investimentos, partindo dos modelos mais tradicionais que ignoram o risco, até os mais sofisticados, onde os riscos são gerenciados, conforme ilustra a Figura 3.1. O objetivo destes é um só: auxiliar no momento da tomada de decisão entre investir ou não no projeto.

Iniciaremos abordando o método do fluxo de caixa descontado com cálculo da TIR e do VPL, e em seguida partiremos para métodos que utilizam simulações e comparativos de cenários e, por fim, apresentaremos uma ferramenta que permite o gerenciamento do risco durante a implantação do projeto: a Teoria das Opções Reais.

Evidencia-se o método de Teoria das Opções Reais como “complemento ao método do valor presente líquido, englobando as diversas opções que um investidor possui antes e durante a aplicação de recursos em um projeto, permitindo principalmente, uma análise mais precisa de investimentos de longo prazo, nos quais os elementos de incerteza são extremamente relevantes e impactam diretamente na tomada de decisão de investir” (ANTONIK, 2005).

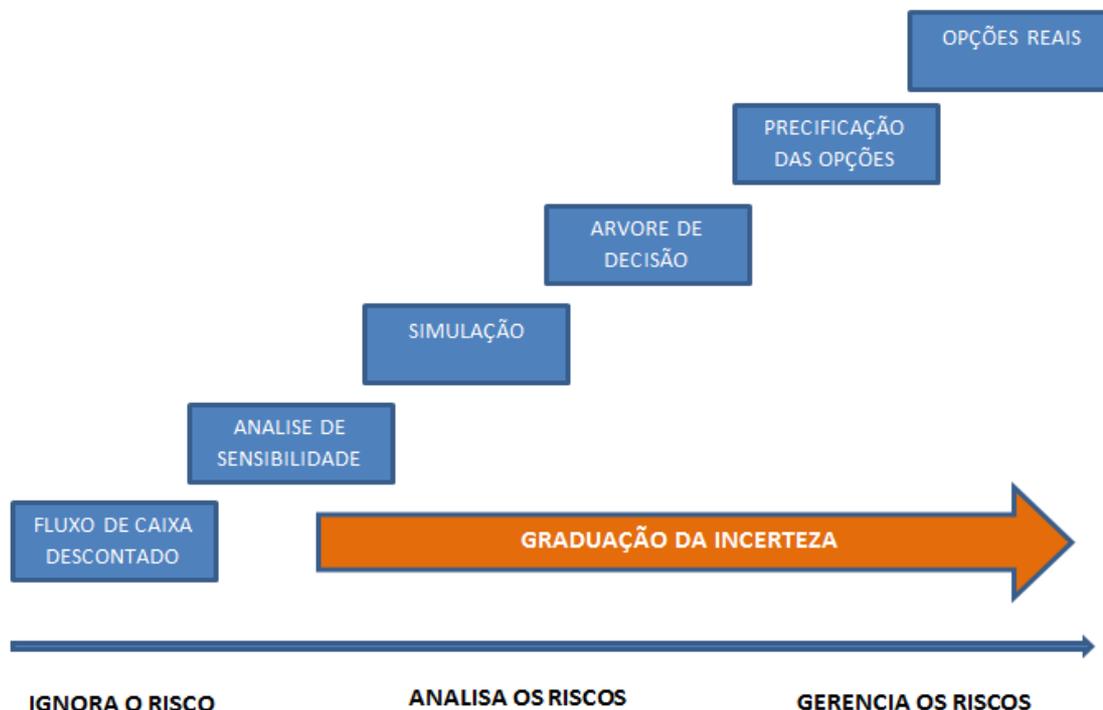


Figura 3-1 – Ferramentas e Tratamento dos Riscos

Fonte: Adaptação SAITO (2010), Apud DIAS (2005)

3.1 MÉTODO DO FDC –FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

3.1.1 MÉTODO DO VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O método do VPL é o mais utilizado para se calcular a atratividade dos investimentos, e este se faz, através de uma fórmula onde se subtrai os investimentos iniciais de todas as entradas futuras descontadas a uma TMA (taxa mínima de atratividade) equivalente ao custo de oportunidade da empresa.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + K)^t} - FC_0 \quad (3-1)$$

Onde k é igual a TMA.

Análise do VPL:

VPL = 0, significa que o projeto remunera o capital numa taxa exatamente igual a TMA.

VPL > 0, significa que o projeto em análise, remunera o capital a ser investido numa taxa superior a TMA, ou seja o projeto deve ser aceito;

VPL < 0, significa que caso seja aportado capital no projeto, este estará tendo um retorno a uma taxa inferior a TMA, neste caso o projeto não deve ser aceito.

Vantagem do VPL:

- Pode ser calculado para diversas TMA (taxa mínima de atratividade);
- Reproduz o valor que é criado quando se decide por investir no projeto;
- Pode-se fazer uma comparação direta entre dois projetos que estão sendo analisados, se $VPL_1 > VPL_2$, isto significa que o projeto 1 é mais rentável que o projeto 2, desde que não exista limitação de capital.
- Como o VPL é calculado em valor presente, pode-se somar dois VPL de projetos distintos ou seja: $VPL (A+B) = VPL (A) + VPL (B)$;
- Pode ser aplicado na avaliação de projetos com qualquer fluxo de caixa;

Desvantagens do VPL:

- Na seleção de projetos com prazos de análises diferentes, os prazos de análise devem ser equiparados;
- Dependência extrema da TMA, que muitas vezes é problemática na sua determinação;

“A incerteza de um fluxo de caixa não invalida o procedimento de avaliação com o VPL ou taxa requerida . Neste caso, a construção do fluxo de caixa é realizado com o valor esperado das estimativas e como resultado da avaliação do projeto se obtém o valor esperado do VPL: $E[VPL]$ ” (LAPPONI, 2007)

MARTELANC (2005) afirma que “pela abordagem do fluxo de caixa descontado, o valor da empresa é determinado pelo fluxo de caixa projetado, desconto por uma taxa que reflita o risco associado ao investimento”.

$$VPL = \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{FCe}{(1 + WACC)^t} \quad (3-2)$$

TMA (Taxa mínima de atratividade)

A taxa mínima de atratividade (TMA) é a taxa de desconto que exige o retorno mínimo do projeto, em função do seu risco de mercado, de modo a assegurar a remuneração do capital próprio e do capital de terceiros. Essa taxa é o Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC), conhecido também como WACC (sua sigla para “*Weighted Average Cost of Capital*”, em inglês).

Segundo Schoroeder, Clark e Cathey (2005) a combinação (mix) entre a dívida e o capital próprio de uma companhia é denominado de estrutura do capital. Os autores apontam que com o passar dos anos, tem-se debatido consideravelmente se o custo de capital de uma firma varia de acordo com variadas estruturas de capital.

Custo médio do capital ponderado (WACC)

Os recursos para investimento podem ter origem em duas fontes, sendo geralmente uma média entre os custos de oportunidade do: capital próprio (acionistas); e capital de terceiros credores); ponderada pelas respectivas proporções utilizadas de capital. De acordo com Ross et al. (2002), o Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC) é a ponderação dos custos dessas duas fontes.

Relacionado ao cálculo do custo de capital ASSAF NETO (2003) coloca que: “Sem sombra de dúvida, este é o segmento mais complexo das finanças corporativas, dadas as diversas hipóteses e abstrações teóricas em seus cálculos”.

“O Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC) reflete o custo médio esperado de fundos da empresa, se ela gerar recursos acima deste custo estará aumentando o valor da empresa. É encontrado multiplicando-se o custo específico de cada forma de financiamento por sua proporção na estrutura de capital da empresa e somando-se os valores ponderados”. GITMAN (1997).

O custo de capital de uma empresa representa as mínimas expectativas de remuneração das diversas fontes de financiamento dando lastro a suas operações. O custo de capital para uma empresa pode ser entendido como uma medida de avaliação de atratividade de um investimento e para definição de uma estrutura ótima de capital. Para os proprietários de capital é necessário que um investimento supere as expectativas mínimas de retorno dos capitais. Sendo assim, toda decisão por projetos que promovem retorno maior que seu custo gera riqueza. O conhecimento correto do custo de capital é essencial para análise simulações e tomadas de decisões financeiras.

$$WACC = (Ke \times WPL) + (Ki \times WP) \tag{3-3}$$

Ke – Custo de oportunidade de capital próprio ou patrimônio líquido;

WPL – Proporção de capital próprio (PL/ PL+P);

Ki – Custo de capital de terceiros (dívidas) após impostos;

WP – Proporção do capital de terceiros (P/PL+P);

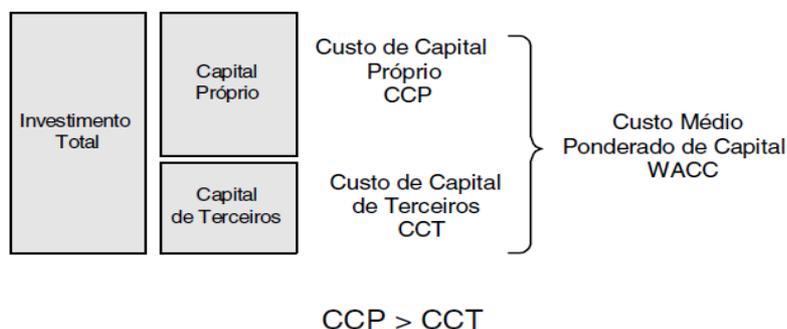


Figura 3-2 – Composição do Capital

Fonte: ASSAF NETO (2003)

3.1.2 MÉTODO DA TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO

O método da TIR ou Taxa Interna de Retorno, também é um método bastante utilizado na análise de investimentos. Este pode ser definido como o custo do capital ou taxa pela qual

torna o VPL nulo. O cálculo manual da TIR é bastante complexo, visto que para um ativo que possui “n” períodos de operação, teremos uma equação de grau “n”. Outra maneira para se determinar a TIR envolve uma técnica de tentativa e erro, traçando-se um gráfico da variação do VPL em função da variação das taxas de desconto.

“Esse é, de longe, o critério mais controverso. A taxa interna de retorno foi por anos, o critério preferido de análise de investimentos. Porém, estudos mostram que este critério é extremamente perigoso podendo levar a conclusões equivocadas”. ROSS, WESTERFIELD E JAFFE, (2001).

$$0 = FC_0 - \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} \quad (3-4)$$

Existe uma limitação no cálculo da TIR, pois esta só pode ser obtida através de fluxos de caixas que tenham apenas uma inversão de sinal, pois caso o fluxo de caixa tenha mais de uma inversão de sinal, pode-se obter mais de uma TIR, e desta forma, não há como comparar com a taxa mínima de atratividade de maneira unívoca.

Análise da TIR:

$TIR > TMA$, significa que o projeto tem um retorno maior que o requerido pela taxa mínima de atratividade. Deve-se aceitar o projeto.

$TIR < TMA$, significa que o projeto remunera o capital a uma taxa inferior a TMA. Para o momento deve-se rejeitar o projeto.

Vantagens da TIR:

- Todo projeto se resume a um só número;
- É uma taxa de juros relativa e não absoluta como o VPL;
- Facilidade de compreensão;
- Considera o valor do dinheiro no tempo;

Desvantagens da TIR:

- Possibilidade de existir mais de uma inversão de sinal, gerando mais de uma TIR;

3.1.3 LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS TRADICIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

“As grandes mudanças ocorridas no cenário econômico, onde a incerteza impera em quase todos os mercados tem feito com que as técnicas tradicionais não sejam suficientes para

captar determinadas características do projeto de investimentos, o que muitas vezes conduzem a erros graves.” (DIXIT & PIDYCK, 1994)

Os projetos analisados utilizando o FDC são baseados em informações instantâneas no momento inicial para, a partir daí, realizar as análises. No entanto, as empresas estão inseridas em cenários dinâmicos onde, a todo momento, estão sendo geradas novas informações, sejam elas políticas, econômicas ou sociais. As decisões gerenciais tomadas ao longo dos períodos em razão de algumas mudanças econômicas faz com que os fluxos de caixas sejam alterados.

Pode-se afirmar, portanto, que as principais limitações dos indicadores tradicionais são: sua alta sensibilidade à estrutura de capital e à mudanças na economia. A limitação associada ao VPL e à TIR é que esses indicadores pressupõem que fluxos de caixa intermediários são reinvestidos ou captados à mesma taxa de desconto, nos diferentes períodos. A TIR, além desta limitação, não considera a escala do investimento sob análise, ou seja, não diferencia os projetos por montantes de investimentos.

3.2 SITUAÇÃO DE RISCO E INCERTEZA

“A ideia de risco de forma mais específica, está diretamente associadas as probabilidades de ocorrência de determinados resultados em relação a um valor médio esperado. É um conceito voltado para o futuro, revelando a possibilidade de perda”. (ASSAF NETO, 1999)

Dado a amplitude do conceito de risco, na análise de investimentos deve-se dar importância aos componentes do risco total: risco econômico e risco financeiro, PINTO (2010).

- Risco econômico – está relacionado com o mercado, conjuntura política e gestão da empresa (vendas, custos, preços de venda e investimentos).
- Risco financeiro – está relacionado com a saúde financeira da empresa (endividamento) e sua capacidade de pagamento.

3.2.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – INCERTEZA

Análise de sensibilidade conforme coloca LAPONI (2007), pode ser definida com uma técnica de análise dos impactos nas variáveis de saída que permite de forma controlada

conduzir experimentos e investigações com o uso de um modelo de simulação. Esta permite avaliar impactos associados:

- (a) As alterações dos valores das variáveis de entrada e dos parâmetros do sistema;
- (b) Mudanças estruturais em um modelo;

Com a análise de sensibilidade, é possível constatar tendências e anomalias ao se efetuar várias rodadas de simulação e avaliar os cenários gerados. Para promover estas simulações pode-se utilizar as ferramentas de análises de resultados de simulação como as disponibilizados pela estatística clássica.

Na análise de sensibilidade, desdobram-se as variáveis que compõem o VPL para que se possa identificar a influência de cada uma no conjunto. A partir do desdobramento, variam-se cada uma das variáveis, mantendo-se as demais fixas, com isso torna-se possível avaliar quais variáveis são críticas para o modelo e que precisam ser monitoradas. A análise de sensibilidade permite, desta forma, traçar diversos cenários na análise da viabilidade do projecto e verificar até que ponto a viabilidade do projecto se mantém face a alterações, com diversos graus de intensidade, nas suas variáveis mais importantes. O subjetivismo na decisão dos cenários otimista, realista e pessimista é um ponto de grande incerteza, na avaliação de cada uma das variáveis.

3.2.2 ANÁLISE DE CENÁRIOS – INCERTEZA

“O uso de cenários se generaliza a partir da teoria militar e ganha terreno como ferramenta de gestão pública e privada a partir dos estudos da Rand Corporation, do Clube de Roma desde os anos 1950 e do Hudson Institute (Herman Kahn). Grandes corporações empresariais como a Shell ou empresas de consultoria como a Global Business Network (GBN, fundada por Pierre Wack e Arie de Geus), difundiram e popularizaram metodologias hoje largamente conhecidas.” (JACKSON DE TONI – REVISTA ESPAÇO ACADÊMICO ABRIL – 2006)

Segundo AMRAM & KULATILAKA (1999), modificar a análise de fluxo de caixa descontado com análise de cenários é o primeiro passo para a incorporação da incerteza, mas cada cenário permanece fixo em um único resultado futuro e no plano de investimento.

“A análise com três cenários considera mais de uma estimativa e, ao mesmo tempo, incorpora a probabilidade de ocorrência de cada cenário.” (LAPONNI, 2007)

A elaboração de cenários não é tarefa simples, depende de muitas variáveis combinadas: do grau de informação disponível; do grau de consenso do grupo; da legitimidade do processo decisório; da complexidade do problema a ser enfrentado; do grau de governabilidade do ator que planeja e assim por diante. Neste contexto trabalha-se com a determinação de três cenários: mais provável, pessimista e otimista. Para elaboração destes três cenários são estabelecidas variações de algumas variáveis de entrada em que são gerados os determinados VPLs.

3.2.3 REGRA E – V DE MARKOWITZ PARA CÁLCULO DA VOLATILIDADE – RISCO

“A volatilidade é a medida da taxa de variação de um ativo durante um determinado período, ou seja, significa o quanto aquele ativo variou e qual a expectativa da amplitude da variação futura, sendo, portanto a volatilidade considerada como a medida de incerteza.” (TAVORA, 2010).

Em 1952 Hary Markowitz apresentou o artigo intitulado de Portfolio selection, onde apresenta uma metodologia de cálculo para variância de uma carteira de ações. Este cálculo, conforme mostram as fórmulas abaixo, baseia-se na soma das variâncias individuais de cada ação e covariâncias individuais dos pares de ações, ponderadas pelo peso de cada ação na carteira, desta forma Markowitz registra que existe uma carteira de ações onde o retorno esperado deva ser maximizado e a variância minimizada. Este estudo apresentado por Markowitz parte do princípio que para os investidores para comporem as carteiras consideram desejável o retorno esperado e indesejável a variância.

$$E = \sum_{i=1}^N X_i \mu_i \quad (3-5)$$

$$V = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij} X_i X_j \quad (3-6)$$

$$\sum_{i=1}^N X_i = 1 \quad (3-7)$$

Sendo, $X \geq 0$

Onde:

- E = Retorno esperado da carteira;
 V = Variância da carteira;
 X_i = Participação de cada ação na carteira;
 μ_i = Retorno esperado de cada ação;
 σ_{ij} = Covariância entre os pares de ações

Segundo LEITE (2009), a volatilidade pode ser obtida dividindo-se o desvio padrão pela média do VPL probabilístico, onde ambos podem ser obtidos através de simulações. Conforme mostra equação abaixo:

$$V = \frac{\sigma VPL_{PROBABILÍSTICO}}{\mu VPL_{PROBABILÍSTICO}} \quad (3-8)$$

Onde:

- μ = Média dos valores do VPL probabilístico;
 σ = Desvio padrão dos valores do VPL probabilístico;

3.2.4 SIMULAÇÃO MONTE CARLO

Conforme conta a história e referencia o autor EHLERS (2011) a Simulação Monte Carlo teve suas primeiras investidas feita pelo matemático polonês Stanilslow Ulam em 1946, quando este se recuperava de uma encefalite e jogava o jogo conhecido como paciência. O matemático tentou calcular as probabilidades do jogo usando análise combinatória, mas depois de gastar bastante tempo fazendo cálculos, percebeu que uma alternativa mais prática seria simplesmente realizar diversas jogadas e contar quantas vezes os resultados se repetiam. Nesta mesma época durante a segunda Guerra Mundial, surge o Eniac primeiro computador eletrônico que auxiliou na consolidação da teoria.

O surgimento do nome Monte Carlo deve-se ao matemático Nicholas Metropolis que sugeriu o mesmo devido ter se inspirado em um tio de Ulam que sempre pegava dinheiro emprestado com parentes para ir até Monte Carlo jogar. Nicholas desenvolveu algoritmos no projeto chamado de “Manhattan”, durante a II Guerra Mundial, mas só em 1949 este juntamente com Ulam fizeram a primeira publicação sobre a teoria de Monte Carlo.

O Método de Monte Carlo (MMC) é um método estatístico utilizado em simulações estocásticas com diversas aplicações em áreas como a física, matemática e biologia. O método tem sido utilizado há bastante tempo como forma de obter aproximações numéricas de funções complexas. Este método tipicamente envolve a geração de observações, através de vários experimentos. Para verificar a aleatoriedade nos experimentos utilizam-se tabelas de números aleatórios.

No livro de Hammersley 1964, a definição do Método de Monte Carlo é dada como sendo “a parte da matemática experimental que está preocupada em experiências com números aleatórios”.

Conforme LEITE (2009) através da análise de sensibilidade, pode-se medir o impacto da entrada de dados individuais sobre o resultado econômico total de um projeto, decompõe-se os fluxos de caixa do projeto em variáveis que explicam o VPL e varia-se seus valores. Entre os inconvenientes da análise de sensibilidade estão os fatos que dificilmente as variáveis que explicam o VPL são totalmente independentes entre si. Além disso, em casos reais dificilmente ocorrerá a variação de uma única isoladamente, enquanto as outras continuam constantes.

Conforme mostrado por MINARDI, ANDRADE e outros autores os passos para implementação da Simulação Monte Carlo são:

- a. Modelagem do projeto através de um conjunto de equações matemáticas e identidades para todas as variáveis mais importantes, incluindo a descrição de interdependência entre as diferentes variáveis e os diferentes períodos;
- b. Especificação das distribuições de probabilidades para cada uma das variáveis críticas;
- c. Extração de amostras aleatórias, geralmente com o auxílio de um gerador de números aleatórios, considerando-se a distribuição de probabilidades e a inter-relação das variáveis, para simulação dos fluxos de caixa de cada período.
- d. Repetição inúmeras vezes, obtendo para cada conjunto de valores uma estimativa do VPL.

3.3 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS – TOR

Num ambiente de incertezas e de constantes mudanças, a teoria das Opções reais vem a ser uma ferramenta de grande utilidade para empresas que pretendem fazer novos investimentos, sejam eles na instalação ou ampliação de seu negócio, principalmente em projetos que envolvem altos custos de investimentos e tempos de retornos elevados.

Evidencia-se aqui, esse método como “complemento ao método do valor presente líquido, englobando as diversas opções que um investidor possui antes e durante a aplicação em um projeto, permitindo principalmente uma análise mais precisa de investimentos de longo prazo, nos quais os elementos de incerteza são extremamente relevantes e impactam diretamente na tomada de decisão de investir” (ANTONIK, 2005).

Os profissionais de finanças tratam os investimentos como a aplicação de uma quantia na data atual com uma perspectiva de receber uma quantia maior no futuro. Na opinião do Professor Luiz Brandão (PUC-Rio) decisões de investimento são ambíguas e a maioria das decisões de investimentos partilha de três importantes características em diversos graus:

- a) *O investimento é parcialmente ou completamente irreversível.* Em outras palavras, o custo inicial do investimento é pelo menos parcialmente perdido, o empresário não poderá recuperá-lo totalmente caso mude de idéia no meio do projeto. A irreversibilidade de um investimento é de fácil visualização, pois quando, por exemplo, uma fábrica é construída ou equipamentos são comprados, não há como vendê-los depois pelo mesmo valor que foram pagos, já que geralmente eles foram projetados/adquiridos especificamente para atender aos requisitos daquela empresa. Assim, mesmo se uma empresa do mesmo ramo os comprasse provavelmente não haveria o retorno de todo o investimento. É notório que até mesmo investimentos não-específicos, como veículos e computadores, não repõem o custo de aquisição.
- b) *Existem incertezas acerca das futuras recompensas pelo investimento.* O melhor que pode ser feito é avaliar as probabilidades de diferentes resultados, os quais significam maiores ou menores retornos e até mesmo perda parcial ou total do investimento.

- c) O empresário tem *flexibilidade em relação ao timing do investimento*. É possível adiar a ação até obter mais informações (embora a informação nunca poderá ser completa de modo a eliminar toda a incerteza). Pode-se vivenciar parte do projeto e então decidir se continua ou não a empreitada.

3.3.1 OPÇÕES FINANCEIRAS

Opções são contratos em que uma das partes tem deveres / obrigação (vendedor ou lançador) e a outra parte só tem direitos (comprador ou titular). O titular ou comprador adquire o direito de comprar ou vender determinado ativo a um preço prefixado (preço de exercício), numa determinada data, ou antes do vencimento. Para tanto o titular das opções paga o que chamamos de prêmio ao lançador, já o vendedor ou lançador tem apenas a obrigação de comprar ou vender o ativo em questão a um preço predeterminado (preço de exercício), para isto os lançadores recebem os chamados prêmios pagos pelos titulares da opção. A opção é do tipo americana quando pode ser exercida a qualquer momento antes do vencimento, e é dita europeia quando só pode ser exercida na data pré-determinada do vencimento.

Existem dois tipos de opções que são os chamados *call e put*. Na *call* ou opção de compra o titular ou comprador da opção tem o direito de comprar o ativo pelo preço preestabelecido ou preço de exercício, já o vendedor desta opção tem a obrigação futura de entregar o bem ao preço de exercício mediante ao recebimento de um prêmio. Nas opções de venda ou *put* o comprador da opção tem o direito de vender algo por um preço predeterminado, desta maneira o possuidor do ativo adquire uma opção de venda como forma de garantir um preço mínimo para sua mercadoria no futuro, já o vendedor desta opção de venda terá a obrigação de adquirir este ativo caso seja da vontade do titular da opção.

As opções podem ainda ser classificadas quanto a sua posição: Posição comprada (long) significa ter comprado a opção e posição vendida (short) significa ter vendido ou emitido a opção.

Conforme exposto por MINARDI (2004), na data de vencimento das opções apenas dois fatores influenciam no valor da opção que são eles: o preço de mercado do ativo e preço de

exercício. No entanto, em momentos anteriores ao vencimento existem outras variáveis importantes que influenciam no valor da opção que são elas:

- Preço corrente do ativo;

Para uma opção de compra quanto maior for o valor do ativo-objeto maior será o valor da opção e quanto maior for o valor do exercício menor será o valor da opção. Para uma opção de venda, quanto maior for o preço do ativo-objeto menor será o valor da opção e quanto maior o preço de exercício, maior será o valor da opção.

- Volatilidade do preço do Ativo;

Quanto maior a volatilidade, maior será o valor da opção tanto de compra quanto de venda, pois como a volatilidade é o desvio padrão dos retornos dos preços dos ativos-objetos quanto maior esta maior as possibilidades de termos retornos muito positivos e muito negativos e neste caso o detentor da opção só exercerá a mesma quando for favorável para ele.

- Prazo até o vencimento;

Quanto maior o prazo maior o valor da opção de compra e nada se pode afirmar com relação ao valor da opção de venda. Estas afirmações baseiam-se no fato de que quanto maior o tempo maior a possibilidade de ocorrência de oscilações no preço do ativo e menor o valor presente do preço de exercício.

- Taxa de juros;

Quanto maior a taxa de juros menor o valor da opção de compra e menor o valor da opção de venda, isto se deve ao fato de que quanto maior a taxa de juros menor o valor presente do preço de exercício.

Tabela 3.1 – Fatores de influência no valor da opção

<u>FATOR</u>	Valor da Call	Valor da Put
Aumento do preço ativo		
Aumento do <i>Strike Price</i>		
		

Aumento da variância do ativo

Aumento prazo para expiração

Aumento da taxa de juro

Aumento dividendos pagos



Fonte: Adaptação de MINARDI (2004)

3.3.2 OPÇÕES REAIS COM A ESTRATÉGIA DA FLEXIBILIDADE GERENCIAL

“Uma opção real é a flexibilidade que um gerente tem para tomar decisões a respeito de ativos reais. Ao passo que novas informações vão surgindo e as incertezas sobre os fluxos de caixa vão se revelando, os administradores podem tomar decisões que venham a influenciar positivamente ao final do projeto” (DIXT & PINDYCK, 1994).

Podemos definir opções reais como um modelo de valoração de projeto que pode ser utilizada para analisar decisões de investimentos, de forma que a TOR valora as flexibilidades gerenciais que possam ser utilizadas no futuro incerto. As flexibilidades gerenciais proporcionam uma reavaliação da estratégia inicial fazendo com que se tenha, não somente uma possibilidade de aumento de ganhos em projetos, como também a diminuição nas possíveis perdas. Essas flexibilidades serão avaliadas com a utilização da Teoria de Opções Reais em tempo discreto, para isso, usualmente adota-se a metodologia proposta por COPELAND & ANTIKAROV (2001) e também utilizada por MINARDI (2004), na qual adiciona à avaliação tradicional de Fluxo de Caixa Descontado as Opções Reais que o projeto possui.

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{tradicional}} + \text{Valor}_{\text{flexibilidade gerencial}} \tag{3-9}$$

As flexibilidades gerenciais como nas opções financeiras são uma oportunidade, mas não uma obrigação de alterar o projeto em diferentes etapas. Na análise de um projeto podemos associá-lo a algumas opções reais que são elas:

- Opção de espera – quando temos um investimento a ser feito por exemplo: a expansão da produção com uma nova fábrica onde o mercado está turbulento dada a entrada de produtos importados em função da variação cambial. Tem-se a opção de esperar até

que se minimize as incertezas e proporcionem um cenário mais seguro para o investimento.

- Aumentar ou diminuir a produção – aplica-se quando o mercado está expansivo ou retraído, neste caso pode haver investimentos para aumentos de produção ou redução em alguns custos;
- Abandonar ou não o projeto – Quando tem-se uma grande baixa nos preços do produto no mercado. Sendo eles temporários pode-se encerrar a atividade por um tempo do contrário abandona-se definitivamente o projeto.
- Alterar os insumos ou produtos do projeto – adota-se sistemas mais flexíveis por exemplo: Um forno de fusão de vidro que pode utilizar nos queimadores tanto gás natural como óleo.
- Realização de projetos subsequentes – neste caso adota-se a opção para projetos conjugados onde não se analisa cada investimento isoladamente e sim o conjunto, visto que um projeto que não se mostra inicialmente rentável pode ser a porta de entrada para outros com extrema rentabilidade é o caso de P & D.

Tais decisões estratégicas como o adiamento do início das operações, alteração dos níveis de produção, expansão ou redução de capacidade, encerramento das atividades, entre outros poderão certamente ser tomadas após a implantação do projeto, tendo em vista as condições de mercado que se verificarem no decorrer de sua vida útil.

“Essas características, juntamente com a incerteza sobre o futuro, fazem com que a oportunidade de investimento seja análoga a uma opção financeira” (DIXIT e PINDYCK,1995).

3.3.3 MODELO BINOMIAL PARA PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES

O modelo binomial foi desenvolvido por COX, ROSS e RUBNSTEIN (1979) para precificação de opções e baseia-se no modelo de Black & Scholes, porém bem mais acessível, dada sua simplicidade matemática quando comparado ao modelo apresentado por Myron Scholes e Fisher Black no início dos anos de 1970 conforme mostra HULL (2002).

O modelo binomial consiste numa forma simples do processo de preços de ativos, em que o ativo, a qualquer momento, pode se deslocar para um de dois preços possíveis. O modelo consiste na construção de uma árvore binomial, que representa as diferentes trajetórias que poderão ser seguidas pelo preço da ação durante a vida da opção (GODOY, 2004).

Além da simplicidade matemática podemos citar como outra vantagem do modelo binomial o fato de poder ser aplicada a opções europeias e americanas, possibilitando desta forma uma antecipação do exercício da opção. Como desvantagem deste modelo temos a necessidade de construção da árvore binomial que dependendo do número de ramificações ou passos pode levar algum tempo para análise.

3.3.3.1 ÁRVORE BINOMIAL

Entende-se que durante um curto espaço de tempo a ação e a opção são perfeitamente correlacionadas, de forma que pode-se construir posições alavancadas de ações que terão os mesmos retornos futuros de uma opção de compra. Dessa maneira pode-se construir as chamadas carteiras *hedge* que entende-se pela compra de determinada quantidade de ações e captando certa quantia em dinheiro, de maneira que esta carteira tenha o mesmo comportamento que uma posição comprada de opção de compra, assim evitando a possibilidade de arbitragem.

Baseando-se na metodologia adotada por MINARDI (2004) e SAITO (2010) podemos fazer os seguintes desenvolvimentos:

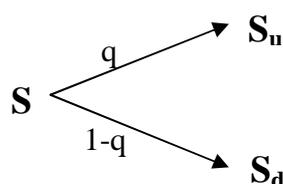


Figura 3-3 – Árvore binomial de 01 passo: valores futuros do ativo probabilidades de ocorrência.

Fonte: LEITE (2009)

Aqui temos o modelo de árvore binomial onde:

- S caracteriza-se pelo preço da ação no tempo zero;
- u e d são fatores de subida e descida respectivamente;
- q e (1-q) são as probabilidades de subida e descida da ação respectivamente;

- As taxas de juros são positivas e constantes;

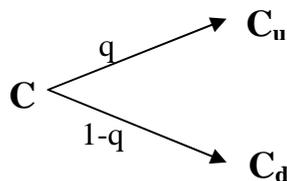


Figura 3-4 – Árvore binomial de 01 passo: valores futuros das opções e probabilidades de ocorrência.

Fonte: LEITE (2009)

Onde:

C = Valor atual da opção;

C_u = valor da opção no vencimento se o preço da ação for u x S;

C_d = valor da opção no vencimento se o preço da ação for d x S;

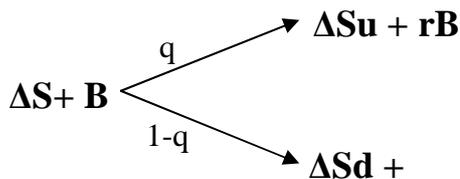


Figura 3-5 – Arvore binomial: Carteira hedge

Fonte: LEITE (2009)

Onde:

r = 1 + a taxa de juros livre de risco;

B = Montante de dinheiro captado a taxa de juros livre de risco r;

Para que o valor dessa carteira (carteira *hedge*) e o valor da opção de compra sejam iguais no vencimento, é preciso fazer às seguintes equações:

$$\Delta \times u \times S + r \times B = C_u \tag{3-10}$$

$$\Delta \times d \times S + r \times B = C_d \tag{3-11}$$

Com duas equações e duas incógnitas, resolve-se o sistema obtendo-se:

$$\Delta = \frac{C_u - C_d}{(u - d) \times S} \tag{3-12}$$

$$B = \frac{u \times C_d - d \times C_u}{(u - d) \times r} \quad (3-13)$$

Para que não haja oportunidade de arbitragem sem risco, o valor da opção de compra será:

$$C = \Delta \times S + B = \frac{\left[\left(\frac{r-d}{u-d}\right) \times C_u + \left(\frac{u-r}{u-d}\right) \times C_d\right]}{r} \quad (3-14)$$

A equação 14 pode ser simplificada se for feita a seguinte substituição:

$$p = \frac{r-d}{u-d} \quad (3-15)$$

$$1-p = \frac{u-r}{u-d} \quad (3-16)$$

Sendo-se $0 < p < 1$

Assim, ter-se-á, finalmente,

$$F = \frac{p \times C_u + (1-p) \times C_d}{r} \quad (3-17)$$

onde,

F = valor da opção no momento 0 (zero)

r = taxa de juros livre de risco ajustada ao período

C_u = valor na alta

C_d = valor na baixa

u = taxa de subida

d = taxa de descida

Algumas considerações referentes ao cálculo de C (valor da opção) fazem-se importantes:

1. Mesmo tendo investidores com diferentes probabilidades subjetivas de subida e descida do valor da ação isto não irá influenciar no valor de C , visto que este não depende da probabilidade de q .
2. A atitude do investidor perante o risco não interfere no valor de C , eles concordam com uma única relação entre: C , S e r .

3. Pode-se fazer a interpretação que o valor de uma opção de compra é a expectativa de seu valor futuro descontado, num ambiente neutro de risco.

3.3.3.2 PROCEDIMENTO DE APLICAÇÃO DO MODELO BINOMIAL

Conforme apresentado por LEITE (2009), será descrito abaixo um procedimento para aplicação do modelo binomial.

Procedimento 1. Calcular os prováveis valores futuros, multiplicando-se o valor do ativo-objeto na data zero pelos fatores de subida(u) e descida(d). Caso os valores futuros já sejam conhecidos, os fatores de subida e descida podem ser calculados com base neles

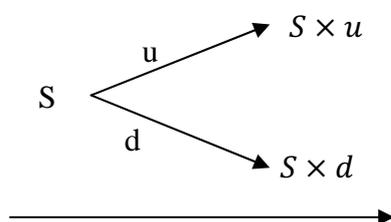


Figura 3-6 – Cálculo dos prováveis valores futuros do ativo-objeto.

Fonte: Adaptado de Leite(2009)

Os valores de u e d são determinados a partir da volatilidade de preço da ação σ . Dentre as maneiras, pode-se adotar a seguinte:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (3-18)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (3-19)$$

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (3-20)$$

Procedimento 2. Calcular os valores da opção, nas extremidades direitas da árvore, com base nos prováveis valores futuros do ativo-objeto, e no preço de exercício da opção K .

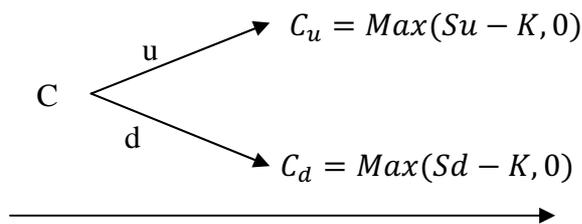


Figura 3-7 – Cálculo dos valores futuros da opção.

Fonte: Adaptado de Leite (2009)

Procedimento 3. Estimar o valor da opção. Para isso, calcula-se, de traz para frente, o valor esperado da opção, com base nos seus valores ao final do período, e considerando o valor do dinheiro no tempo.

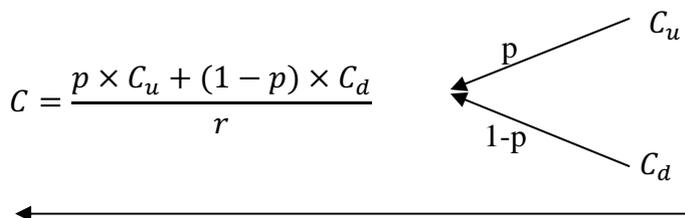


Figura 3-8 – Calculo remissivo do valor da opção.

Fonte: Adaptado de Leite (2009)

3.3.3.3 ÁRVORE BINOMIAL COM MAIS DE UM PASSO

Segundo MINARDI (2004) quanto maior o número de períodos do modelo Binomial e menor o intervalo de tempo do período, maior será a exatidão de sua solução.

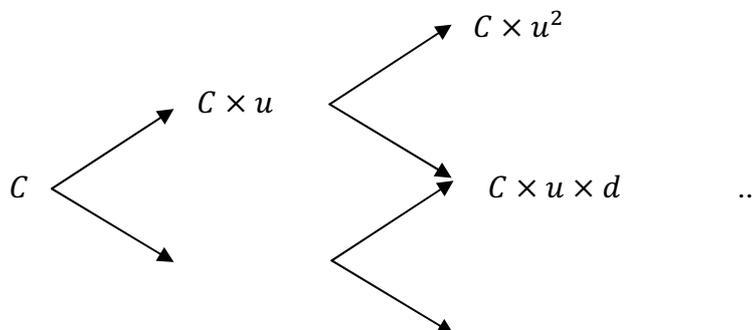


Figura 3-9 – Árvore com 03 passos.

Fonte: Adaptado de Minardi(2004)

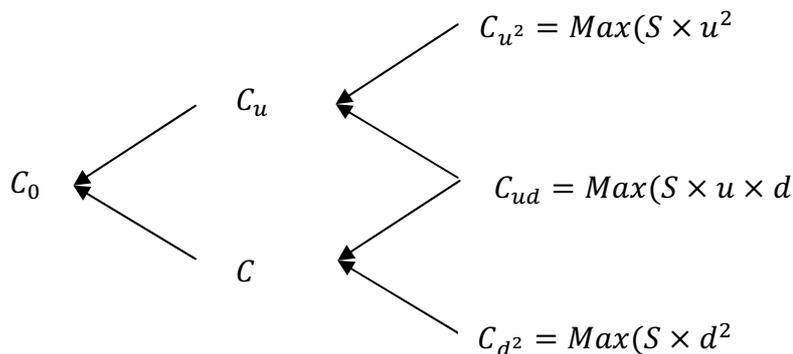


Figura 3-10 – Cálculo remissivo do valor da opção em relação aos prováveis valores finais.

Fonte: Adaptado de MINARDI (2004)

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Para este trabalho, conforme é mostrado no Capítulo 6 – Apresentação e análise dos resultados, faremos a utilização dos métodos tradicionais e da Teoria das Opções Reais. Para tanto faremos um estudo comparativo entre o VPL tradicional e o VPL expandido com a utilização da flexibilidade gerencial.

4 METODOLOGIA

Mesmo após aberturas econômicas alguns mercados brasileiros ainda continuaram extremamente concentrados e fora do ponto de equilíbrio, como é o caso do mercado de vidro plano. “Os setores imperfeitos se comportam de uma maneira um tanto hostil ao interesse público” NORDHAUS E SAMUELSON (2004).

Os investimentos destinados a fábricas de vidros planos são intensivos de capital e o mercado onde estas estão inseridas especialmente o mercado brasileiro pode ser classificado como concentrados visto que, a Cebrace (4 unidades industriais) e a Guardian (2 unidades industriais) são responsáveis por 80% do volume de vidros planos float . O restante do mercado, cerca de 20%, é abastecido por produtos importados (maior parte do México e China).

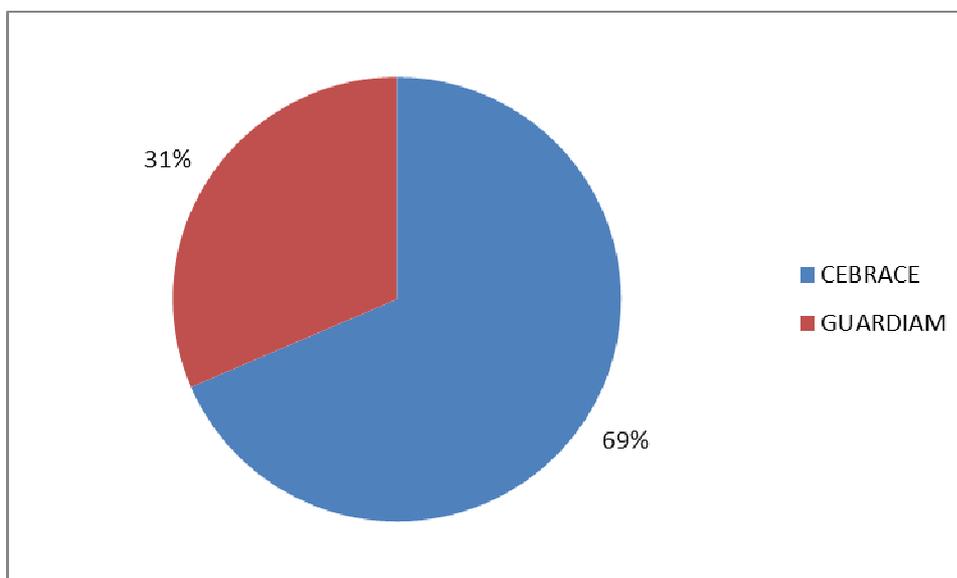


Figura 4-1 – Divisão do Mercado brasileiro

Fonte: Relatório Pilkgtton

As etapas utilizadas nesta metodologia foram baseadas em COPELAND & ANTIKAROV (2001), como também TAVORA (2010):

- Determinação do Valor Presente Líquido do projeto de investimento;
- Modelagem das incertezas através da Simulação Monte Carlo;
- Obtenção da volatilidade através da regra E-V Markowitz;
- Aplicação do Modelo de Precificação Binomial e Construção da Árvore Binomial;
- Análise das Opções Reais.

4.1 DETERMINAÇÃO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO DO PROJETO DE INVESTIMENTO

Tendo analisado o tamanho do mercado brasileiro, quais os produtos mais demandados pelo mercado, os principais produtores brasileiros, qual a origem dos produtos importados que representa cerca de 20% do mercado brasileiro e obviamente sabendo quais as possibilidades de fornecimento de tecnologia, podemos a partir de agora mensurar qual o investimento necessário para a uma fábrica de vidro plano. Consolidando os dados obtidos torna-se possível a construção dos fluxos de caixa relacionados ao investimento em discussão.

O método do VPL é o mais utilizado para se calcular a atratividade dos investimentos, e este se faz, através de uma fórmula onde se subtrai os investimentos iniciais de todas as entradas futuras descontadas a uma TMA (taxa mínima de atratividade) equivalente ao custo de oportunidade da empresa.

Fórmula básica:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + K)^t} - FC_0 \quad (4-1)$$

Onde:

k = TMA.

FC_0 = Investimento inicial do projeto;

FC_t = Somatório do fluxo de caixa no período t;

Análise do VPL:

VPL = 0, significa que o projeto remunera o capital numa taxa exatamente igual a TMA.

VPL > 0, significa que o projeto em análise, remunera o capital a ser investido numa taxa superior a TMA, ou seja o projeto deve ser aceito;

VPL < 0, significa que caso seja aportado capital no projeto, este estará tendo um retorno a uma taxa inferior a TMA, neste caso o projeto não deve ser aceito.

Vantagem do VPL:

- Pode ser calculado para diversas TMA (taxa mínima de atratividade);
- Reproduz o valor que é criado quando se decide por investir no projeto;
- Pode-se fazer uma comparativa direta entre dois projetos que estão sendo analisados, se $VPL_1 > VPL_2$, isto significa que o projeto 1 é mais rentável que o projeto 2, desde que não exista limitação de capital.

- Como o VPL é calculado em valor presente, pode-se somar dois VPL de projetos distintos ou seja: $VPL (A+B) = VPL (A) + VPL (B)$;
- Pode ser aplicado na avaliação de projetos com qualquer fluxo de caixa;

Desvantagens do VPL:

- Na seleção de projetos com prazos de análises diferentes , os prazos de análise devem ser equiparados;
- Dependência extrema da TMA, que muitas vezes é problemática sua determinação;

4.2 MODELAGEM DAS INCERTEZAS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO MONTE CARLO;

Após ter o fluxo de caixa estruturado serão feitas algumas simulações para verificar quais as variáveis que são mais sensíveis ao modelo. Em seguida serão feitas algumas simulações nas variáveis de entrada para sabermos quais os possíveis cenários caso ocorra a variação nos valores pré-estabelecidos para cada variável. Para tanto serão seguidos os passos de implementação sugerido por MINARDI e ANDRADE.

- e. Modelagem do projeto através de um conjunto de equações matemáticas e identidades para todas as variáveis mais importantes, incluindo a descrição de interdependência entre as diferentes variáveis e os diferentes períodos;
- f. Especificação das distribuições de probabilidades para cada uma das variáveis críticas;
- g. Extração de amostras aleatórias, geralmente com o auxílio de um gerador de números aleatórios, considerando-se a distribuição de probabilidades e a inter-relação das variáveis, para simulação dos fluxos de caixa de cada período.
- h. Repetição inúmeras vezes, obtendo para cada conjunto de valores uma estimativa do VPL.

Para o levantamento, estruturação e simulação das variáveis utilizaremos o programa *Crystal ball* de análise de riscos. Com a utilização do *Crystal ball* temos o objetivo de mostrar a relevância da análise de risco, com o uso da simulação de Monte Carlo, para o tomador de decisões, bem como mostrar, passo a passo, a parametrização de entrada dos dados para gerar uma simulação.

4.3 OBTENÇÃO DA VOLATILIDADE ATRAVÉS DA REGRA E-V MARKOWITZ;

“Volatilidade é a medida da taxa de variação de um ativo durante um determinado período, ou seja, quanto significa o quanto aquele ativo variou e qual a expectativa de da amplitude da variação futura (SAITTO, 2010)”.

A volatilidade do projeto será obtida através da abordagem consolidada da incerteza onde todas as incertezas relacionadas ao projeto darão origem a uma única incerteza. A medida de incerteza a ser utilizada é a volatilidade do Valor Presente dos Fluxos de Caixa (VPFC) do projeto, que será obtida através do cálculo do desvio padrão médio dos seus valores.

$$E = \sum_{i=1}^N X_i \mu_i \quad (4-2)$$

$$V = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij} X_i X_j \quad (4-3)$$

$$\sum_{i=1}^N X_i = 1 \quad (4-4)$$

$$X \geq 0$$

Onde:

E = Retorno esperado da carteira;

V = Variância da carteira;

X_i = Participação de cada ação na carteira;

μ_i = Retorno esperado de cada ação;

σ_{ij} = Covariância entre os pares de ações

$$V = \frac{\sigma VPL_{PROBABILÍSTICO}}{\mu VPL_{PROBABILÍSTICO}} \quad (4-5)$$

Onde:

μ = Média dos valores do VPL probabilístico;

σ = Desvio padrão dos valores do VPL probabilístico;

4.4 APLICAÇÃO DO MODELO DE PRECIFICAÇÃO BINOMIAL E CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE BINOMIAL

Nesta etapa utilizaremos o modelo binomial como forma de precificação de opções, avaliando a volatilidade do valor presente do investimento. Neste modelo o valor do ativo pode ser representado a qualquer momento por movimentos ascendentes e descendentes, determinados por u e d , com as probabilidades p e $1-p$ respectivamente.

Inicialmente calcularemos os prováveis valores futuros da ação objeto.

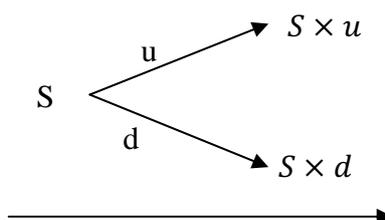


Figura 4-2 – Cálculo dos prováveis valores futuros do ativo-objeto.

Fonte: Adaptado de Leite(2009)

Onde:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (4-6)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1/u \quad (4-7)$$

$$p = (e^{r\Delta t} - d)/(u - d) \quad (4-8)$$

Após o cálculo da volatilidade será construída a árvore binomial, onde será calculado o valor da opção no último período e em seguida serão calculados os valores das opções nos períodos anteriores, até que se obtenha o valor da opção na data inicial.

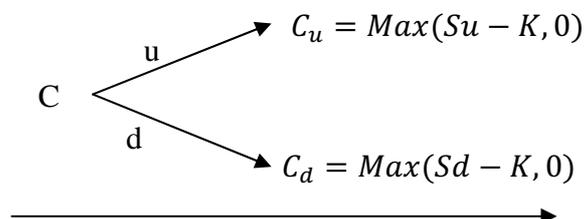


Figura 4-3 – Cálculo dos valores futuros da opção.

Fonte: Adaptado de Leite(2009)

Quando utilizamos o modelo binomial na prática, devem ser aplicados mais de 30 passos para que se obtenha uma boa estimativa (HULL, 2002).

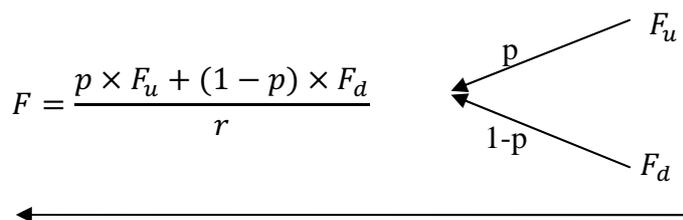


Figura 4-4 – Calculo remissivo do valor da opção.

Fonte: Adaptado de Leite(2009)

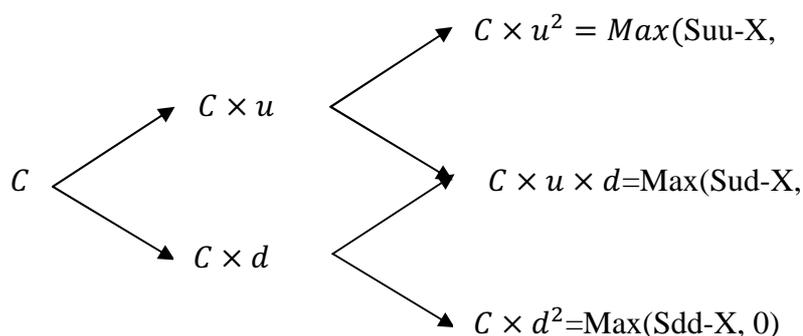


Figura 4-5 – Árvore de 3 passos

Fonte: Adaptado de Leite(2009)

De forma que para se obter o valor da opção na data inicial temos:

$$Cu = \left[\frac{p \times C_{uu} + (1 - p) \times C_{du}}{r} \right] \tag{4-9}$$

$$Cd = \left[\frac{p \times C_{ud} + (1 - p) \times C_{dd}}{r} \right] \tag{4-10}$$

4.5 ANÁLISE DAS OPÇÕES REAIS

Nesta etapa, será feita a analogia dos valores do VPL calculado tradicionalmente juntamente com os valores das opções, a partir daí teremos um novo VPL chamado pela MINARD de VPL expandido, onde este contempla os valores das flexibilidades gerenciais, levando em consideração as incertezas que fazem parte do projeto bem como adaptações do projeto a situações inesperadas.

O VPL é considerado como ponto de partida para análise de opções reais. Onde não é levada em consideração a flexibilidade gerencial na tomada de decisão. No entanto, ambas as metodologias levam em consideração todos os fluxos de caixa ao longo de vida de um

projeto, sendo considerados como abordagens de fluxo de caixa descontado (MINARDI, 2004).

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{tradicional}} + \text{Valor}_{\text{flexibilidade gerencial}} \quad (4-11)$$

A Flexibilidade gerencial foi o ponto forte para que a TOR se tornasse uma ferramenta importante, pois como já foi dito anteriormente, a flexibilidade possibilita ao gestor rever a estratégia inicial tendo condições de alterar o plano de investimento, de forma que as perdas sejam minimizadas e os retornos esperados maximizados TAVORA (2010).

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo será aplicada a metodologia apresentadas no capítulo 5, embasado no referencial teórico descrito no Capítulo 4. Para reforçar estas aplicações teremos também como base os números de mercado analisados no capítulo 3. Aqui será construído um modelo econômico em plataforma Excel e para as simulações será utilizado o programa CRYSTAL BALL, que dará suporte a todas as análises financeiras: VPL, TIR, TOR...

Como este estudo é baseado num caso real de análise da implantação de uma indústria de vidros planos no nordeste, buscaremos, na medida do possível, apresentar dados realistas, resguardando os conhecimentos específicos que possam vir a comprometer a implantação do projeto em questão.

Pretendemos aqui, demonstrar a utilização da TOR – Teoria das Opções Reais aplicadas nos seguintes cenários:

- OPÇÃO 1: IMPLEMENTAR O PROJETO;
- OPÇÃO 2: POSTERGAR O PROJETO;
- OPÇÃO 3: ABANDONAR O PROJETO;

5.1 PASSOS PARA ANÁLISE DO PROJETO ATRAVÉS DA TOR

O fluxo de caixa foi construído da maneira mais realística possível, levando em consideração:

- A vida útil do forno: 14 anos com possibilidade de uma sobrevida de mais 14 anos após uma grande reforma;
- Composição padrão da matéria prima;
- Os consumos específicos dos fornos são os especificados pelos principais fabricantes mundiais;
- Os custos de mão de obra, matéria prima e energéticos são atualizados e adaptados a região em estudo;
- Foi considerado nos fluxos de caixa, as sazonalidades do mercado, tendo portanto, momentos de alto estoque e escassez de produto;

5.1.1 DETERMINAÇÃO DO VPL DO PROJETO DE INVESTIMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE VIDROS PLANOS.

Nesta etapa foi calculado o VPL - valor presente líquido pelo método do FCD, sem flexibilidade, ou seja não será levado em consideração os riscos e incertezas que são inerentes a qualquer projeto de investimento.

5.1.2 APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO MONTE CARLO

Com a introdução da incerteza na análise do projeto, insere-se o risco, de maneira que precisamos utilizar a simulação Monte Carlo como forma de aproximar os eventos da realidade. Este procura modelar o sistema de forma a analisar as variáveis incertas - as variáveis de entrada, que influenciam as variáveis de saída. A partir daí, são geradas as distribuições de probabilidades para as variáveis de saída e seus respectivos desvios padrões, possibilitando assim, uma análise mais realista quando comparada a análise do FDC.

Iniciaremos esta etapa com a construção do modelo econômico composto pelas variáveis de entradas onde definiremos as funções densidade de probabilidade, para estas simulações serão consideradas as seguintes variáveis de entrada: Investimento, Preço de venda, Gás natural e Barrilha. Como variável de saída teremos o VPL. O número de interações utilizadas no *Crystal ball* serão iguais ou maior que 10.000.

5.1.3 VOLATILIDADE REGRA E – V DE MARKOWITZ

A volatilidade do projeto será obtida através da abordagem consolidada da incerteza, onde todas as incertezas relacionadas ao projeto darão origem a uma única incerteza. A volatilidade será obtida através das simulações com o *Crystal ball*.

5.1.4 PRECIFICAÇÃO ATRAVÉS DO MODELO BINOMIAL – ARVORE BINOMIAL

Nesta etapa, utilizaremos o modelo binomial como forma de precificação de opções, avaliando a volatilidade do valor presente do investimento. Neste modelo o valor do ativo pode ser representado a qualquer momento por movimentos ascendentes e descendentes, determinados por u e d , com as probabilidades p e $1-p$ respectivamente.

5.1.5 ANÁLISE DAS OPÇÕES REAIS

Nesta etapa faz-se a análise de quanto é necessário o investidor desembolsar para garantir a opção do investimento no tempo determinado, a fim de maximizar as possibilidades de sucesso no investimento e evitar a entrada de outros investidores.

5.2 ANÁLISE DE CASOS

Serão apresentados e analisados três casos em estudos relativos ao investimento na implantação de uma fábrica de vidros planos.

5.2.1 CASO 1: IMPLEMENTAR O PROJETO

5.2.1.1 CÁLCULO DO VPL PARA O CASO 1

Para este primeiro caso será apresentado um fluxo de caixa para avaliar o investimento de implantação da fábrica, onde será obtido o VPL esperado tradicional.

Os resultados obtidos para o VPL estão apresentados na Tabela 5.1:

Tabela 5.1 – VPL tradicional.

Resultado	
Investimento	R\$ 411 Milhões
VPL – Esperado	R\$ 239 milhões

Fonte: Elaboração própria

5.2.1.2 SIMULAÇÃO MONTE CARLO CASO 1

Para simulação Monte Carlo, serão analisadas as sensibilidades junto ao VPL das seguintes variáveis de entrada: Investimento, Preço de venda, custo do GN (gás natural) e custo da tonelada da barrilha.

Para a primeira variável Investimento, adotamos uma distribuição de probabilidade triangular e estabelecemos uma variação máxima de: - 10% a +10% conforme mostra a Figura 5-1.

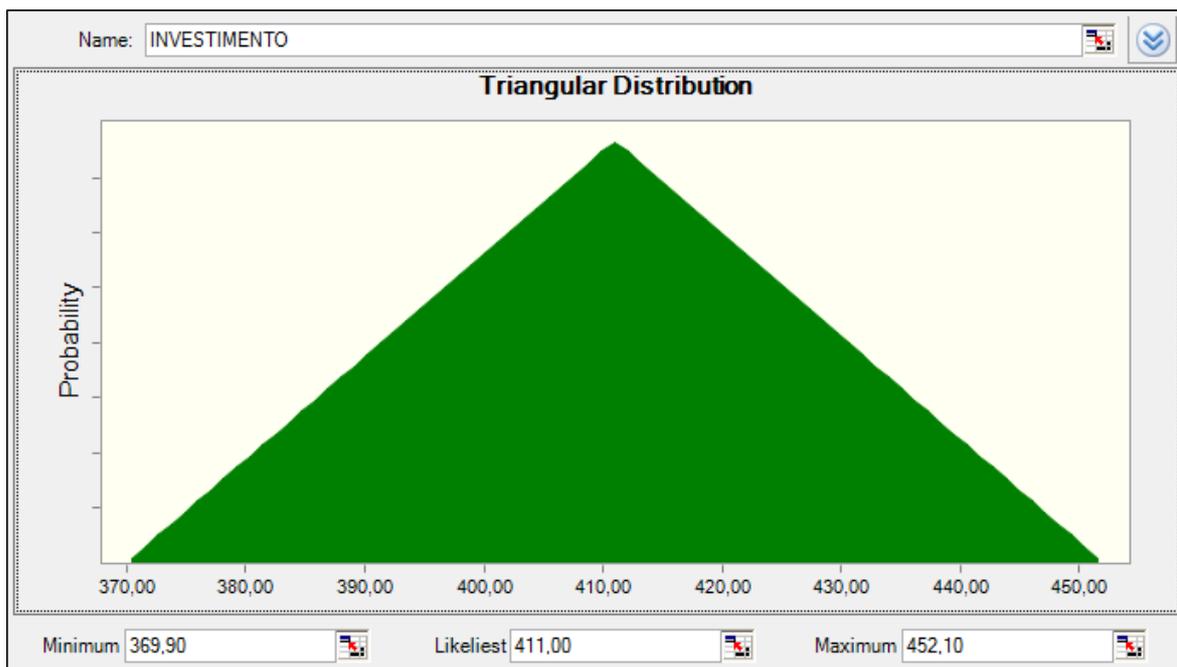


Figura 5-1 – Modelagem variável Investimento Caso 1

Fonte: Própria

Tabela 5.2 – Simulação variável de entrada Investimento – Caso 1

MÍNIMO	R\$ 369,90
ESPERADO	R\$ 411,00
MÁXIMO	R\$ 452,10

Fonte: Elaboração própria

Para a segunda variável: Preço de venda, adotamos uma distribuição de probabilidade triangular e estabelecemos uma variação máxima de: - 10% a +10% conforme mostra a Figura 5-2.

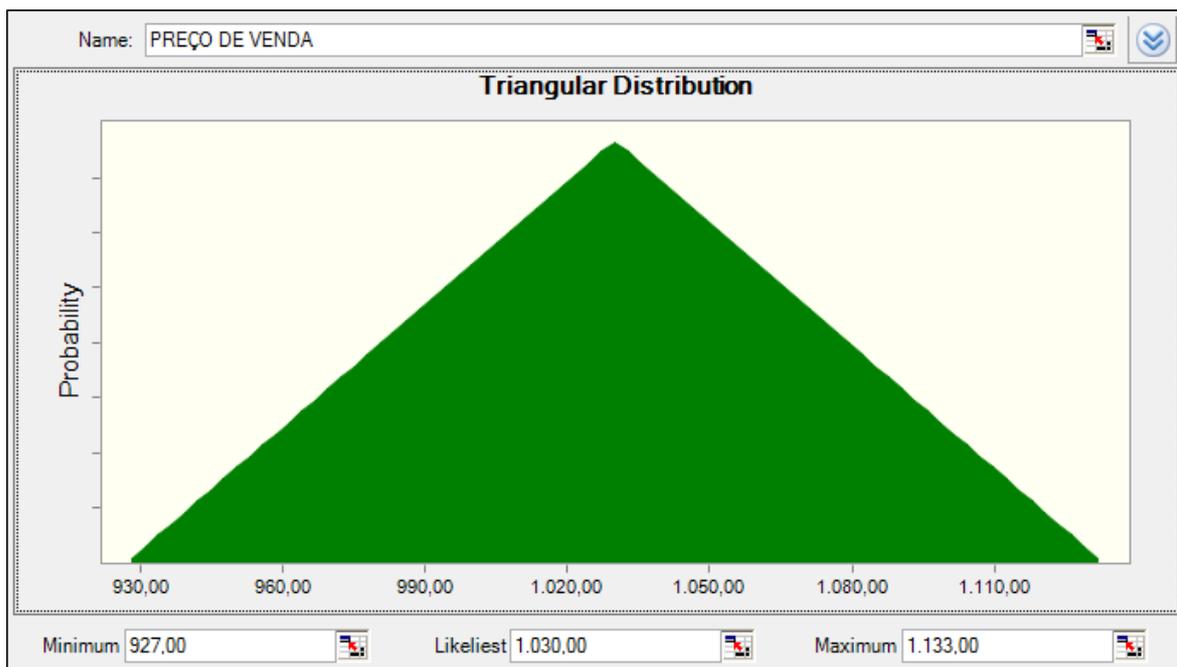


Figura 5-2 – Modelagem variável Preço de venda Caso 1

Fonte: Própria

Tabela 5.3 – Simulação variável de entrada Preço de venda – caso 1

MÍNIMO	R\$ 927,00
ESPERADO	R\$ 1.030,00
MÁXIMO	R\$ 1.133,00

Fonte: Própria

Para a terceira variável Custo do gás natural adotamos uma distribuição de probabilidade triangular e estabelecemos uma variação máxima de: - 15% a +15% conforme mostra a Figura 5.3.

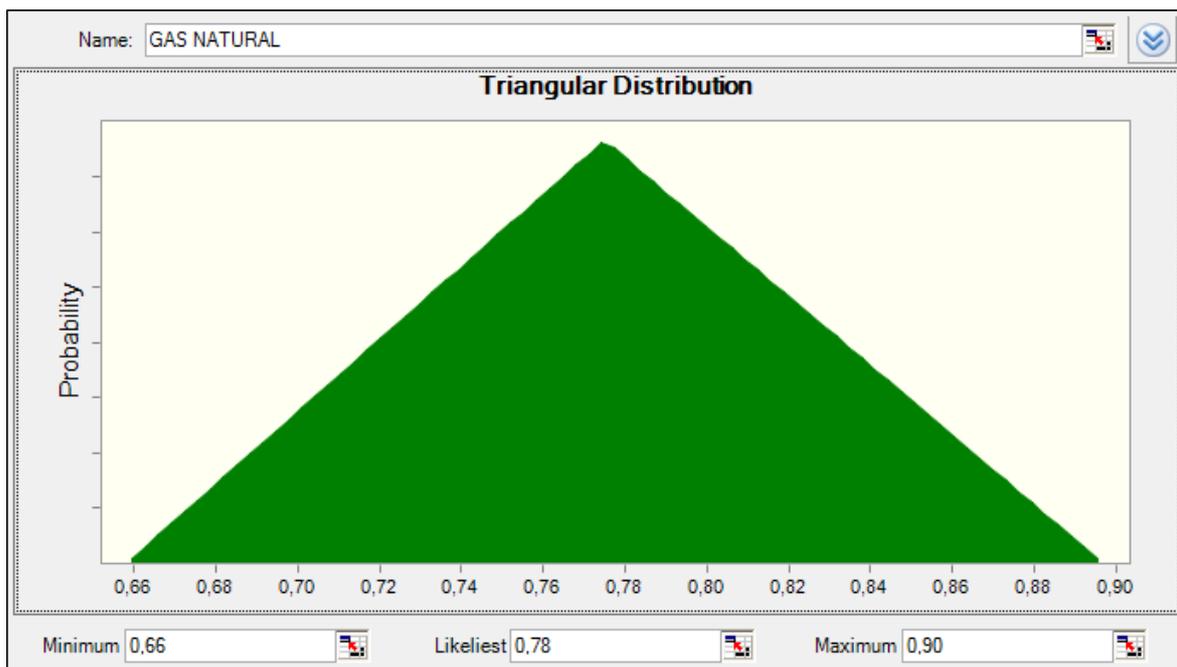


Figura 5-3 – Modelagem variável Gás natural - Caso 1

Fonte: Própria

Tabela 5.4 – Simulação variável de entrada custo do gás natural – caso 1

MÍNIMO	R\$ 0,66
ESPERADO	R\$ 0,78
MÁXIMO	R\$ 0,90

Fonte: Própria

Para a quarta variável custo da tonelada da barrilha, adotamos uma distribuição de probabilidade triangular e estabelecemos uma variação máxima de: - 15% a +15% conforme mostra a Figura 5-4. A barrilha é uma das matérias primas mais representativas no custo da tonelada do vidro plano e esta por ser importada, seu preço acompanha diretamente a flutuação cambial.

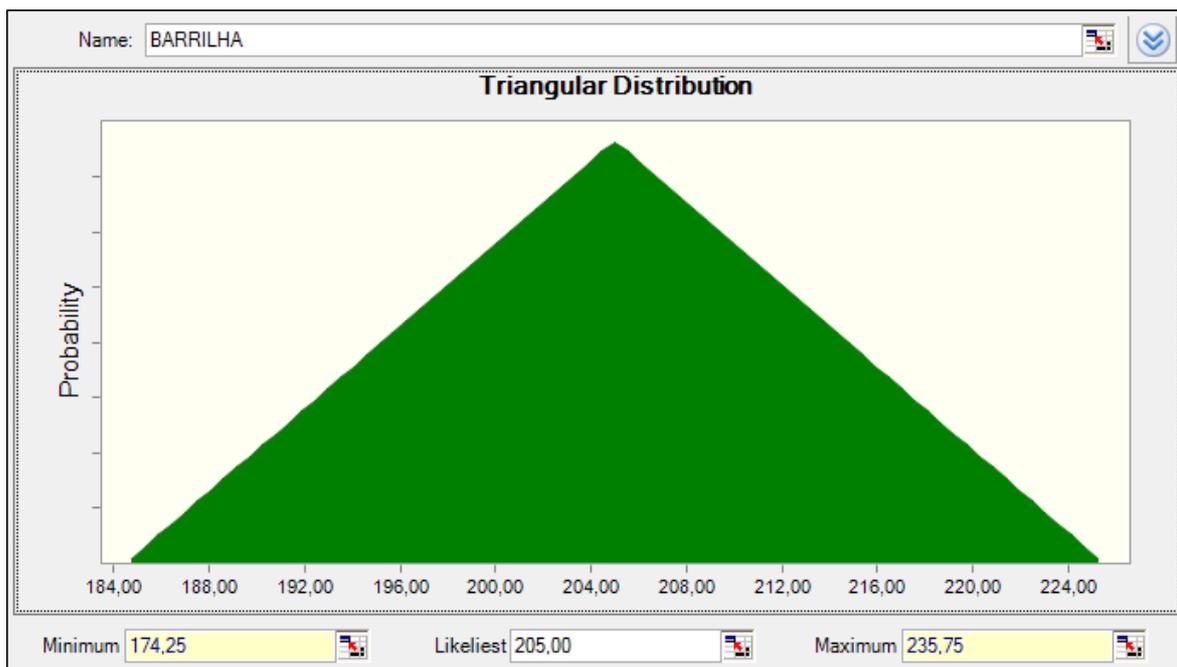


Figura 5-4 – Modelagem variável Custo da barrilha Caso 1

Fonte: Própria

Tabela 5.5 – Simulação variável de entrada custo da tonelada da barrilha – caso 1

MÍNIMO	R\$ 174,25
ESPERADO	R\$ 205,00
MÁXIMO	R\$ 235,75

Fonte: Própria

Como podemos ver na Tabela 5.6, o VPL médio encontrado após as interações através do modelo estocástico na SMC foi de R\$ 239,57 milhões, muito próximo ao calculado no método tradicional do FCD.

Após estabelecer as variações máximas e mínimas para as principais variáveis de entrada do modelo econômico faz-se as 10.000 interações para se obter o diagrama de frequência acumulada do VPL, conforme mostra Figura 5-5 e Figura 5-6.

Tabela 5.6 – Estatística – caso 1

	VALORES
NÚMERO DE SIMULAÇÕES	10.000
MÉDIA	239,64
MEDIANA	239,59
MODA	-----
DESVIO PADRÃO	45,89

VARIÂNCIA	2.106.316
ASSIMETRIA	-0,0072
CURTOSE	2,58
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	0,1915
VALOR MÍNIMO	96,64
VALOR MÁXIMO	370,56
ERRO PADRÃO DA MÉDIA	0,459

Fonte: Elaboração Própria

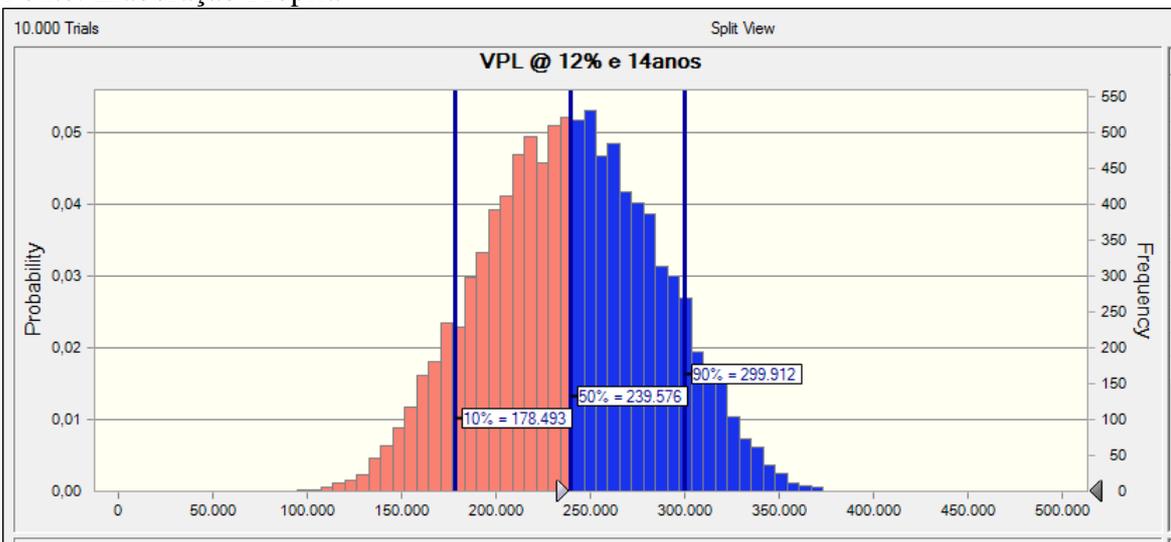


Figura 5-5 – Distribuição de probabilidade VPL Caso 1

Fonte: Elaboração própria

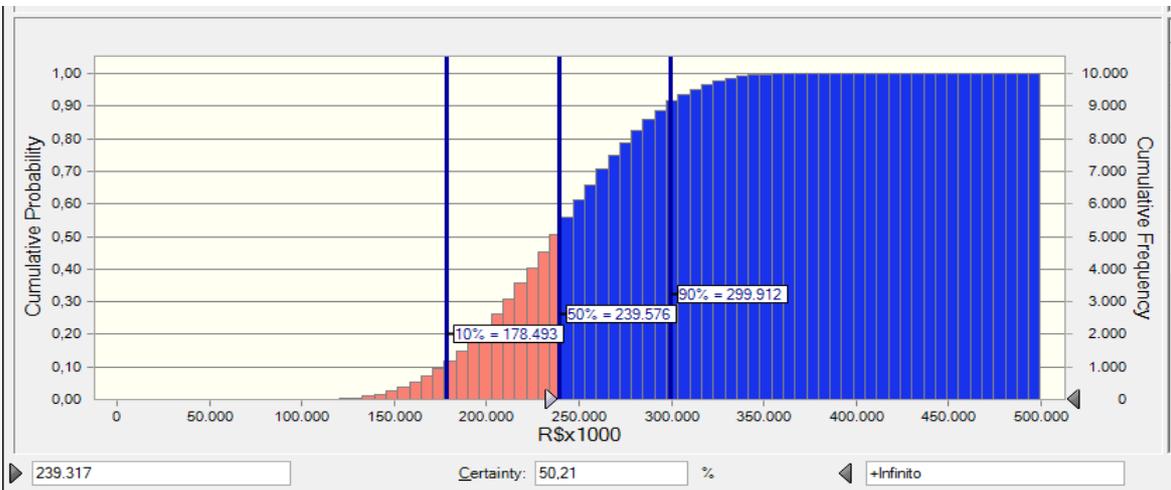


Figura 5-6 – Frequência cumulativa de probabilidade do VPL

Fonte: Elaboração própria

Para se ter uma melhor percepção de como cada variável de entrada analisada influencia na determinação do VPL, apresentamos a seguir conforme mostra a Figura 5-7 o que chamamos de tornado que mostra como se dá a variação de cada variável de entrada junto ao VPL.

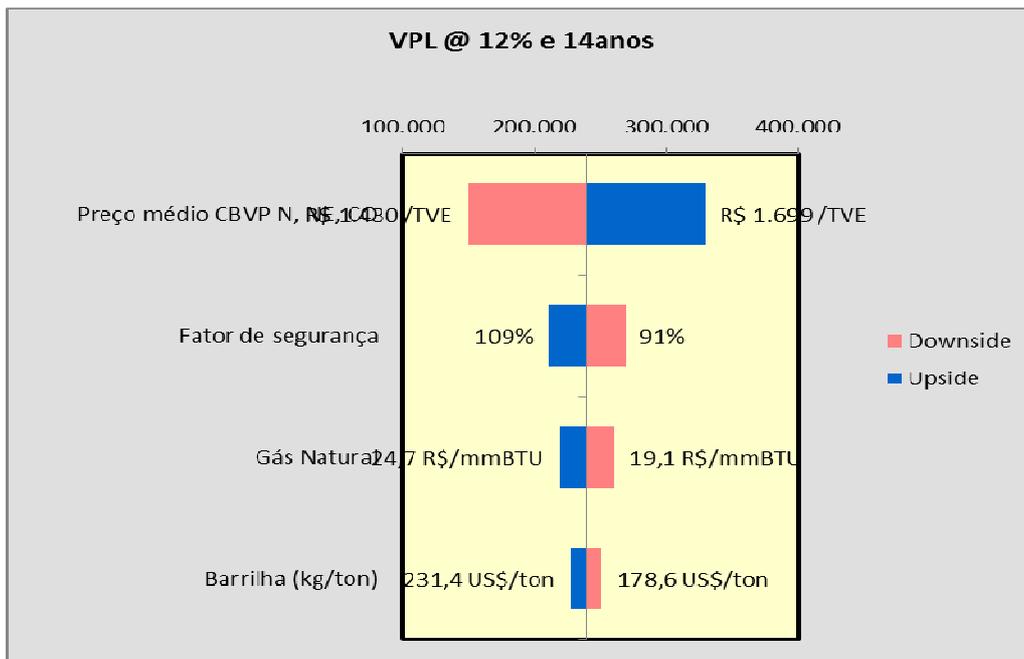


Figura 5-7 – Tornado caso 1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.7 – Resumo da Simulação Monte Carlo

Investimento Inicial	R\$ 411 milhões
VPL DETERMINISTICO	R\$ 239 milhões
VPL PROBABILÍSTICO	R\$ 239 milhões
Volatilidade do VPL	0,1914

Fonte: Própria

Analisando este quadro resumo podemos concluir que o projeto deve ser implementado, pois tanto no cálculo com o método tradicional como no método da simulação Monte Carlo, obtivemos um VPL positivo e conforme apresentado no capítulo 4, pelo critério de decisão se o VPL for positivo deve ser aceito.

5.2.1.3 ÁRVORE BINOMIAL (Precificação) – CASO 1

No cálculo, para opção de implementar o projeto, foi precificado através da árvore binomial, onde utilizaremos o VPL_{PROBABILISTICO} com 48 períodos, sujeitos aos fatores de subida e descida conforme mostrado na Figura 5-8 abaixo. Para o cálculo da árvore binomial, fatores de subida, descida, probabilidades, foram aplicadas as fórmulas apresentadas nos capítulos 4 e 5. A demonstração da aplicação destas fórmulas também encontram-se nos apêndices deste trabalho.

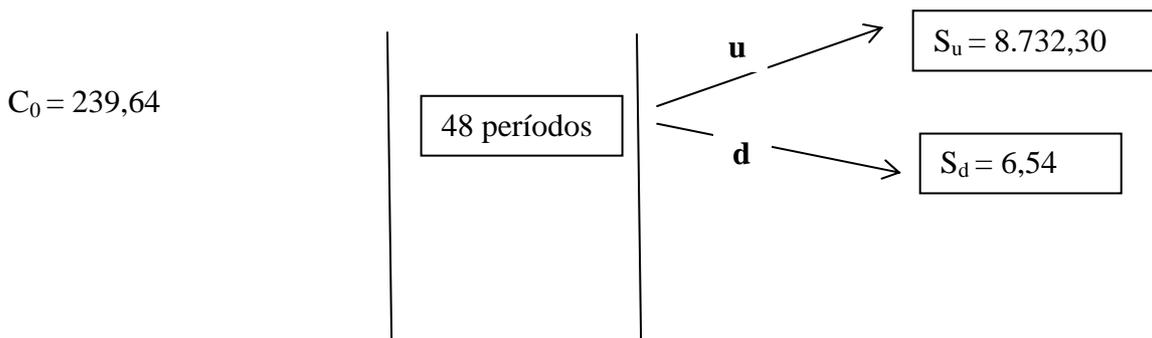


Figura 5-8 – Árvore Binomial do VPL_{PROBABILISTICO} – Caso 1

Fonte: Adaptado de Leite (2009)

Onde:

$$u = 1,07957$$

$$d = 0,9263$$

Agora será feito o cálculo através da árvore reversiva para o cálculo da opção, conforme mostra a Figura 5-9 abaixo.

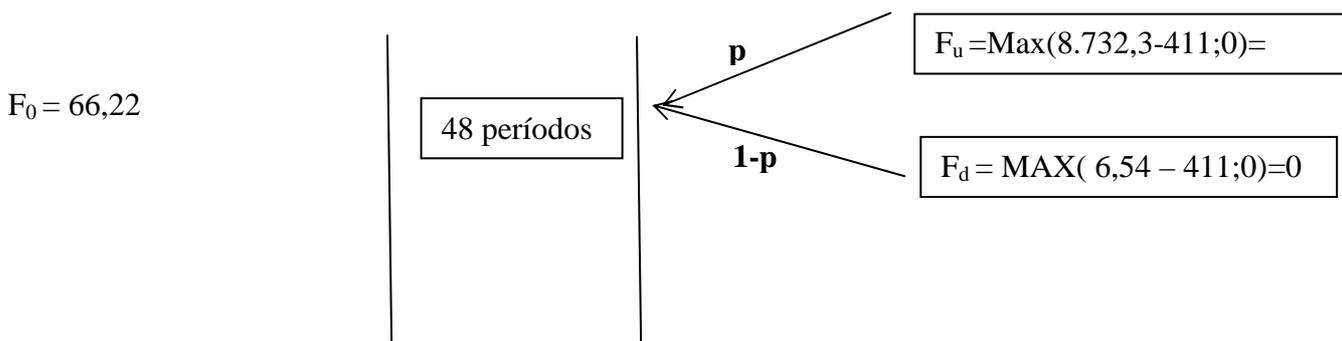


Figura 5-9 – Arvore Regressiva Casol

Fonte: Adaptação de Leite (2009)

Onde:

$$p = 0,77$$

$$1 - p = 0,23$$

5.2.1.4 VALOR DA OPÇÃO PARA O CASO 1

Conforme mostrado no capítulo 4, podemos agora calcular através da análise das opções reais, o quanto agregou no VPL a opção de implementar o projeto, conforme descrito abaixo.

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{tradicional}} + \text{Valor flexibilidade gerencial}$$

$$VPL_{\text{expandido}} = 239,64 + 66,22$$

$$VPL_{\text{expandido}} = 305,86$$

Este cálculo considerando o valor das opções de implementar o projeto, apenas ratifica o viabilidade do projeto, dado que o $VPL_{EXPANDIDO} = 305,86$, maior do que zero.

5.2.2 CASO 2: POSTERGAR O PROJETO

5.2.2.1 CÁLCULO DO VPL PARA O CASO 2

Neste cenário em função da crise americana de 2009/2010 que também atingiu a Europa, começa a existir uma grande oferta mundial de vidros planos, dada a demanda extremamente retraída em alguns desses países. Como o Brasil é um país que se encontra em franca expansão econômica, com um mercado consumidor crescente, apoiado por programas de incentivos governamentais: como Minha casa minha vida, programas de infraestrutura para a copa do mundo de 2014 entre outros... Ter-se-á uma entrada de vidros planos importados no mercado brasileiro, oriundos da Europa, México, EUA, China...

Desta forma, ter-se-ia uma redução nas quantidades de vendas programada nos primeiros quatro anos de operação da fábrica, de forma que os custos operacionais ficariam muito elevados visto que num sistema de produção de vidro, por razões técnicas não se pode reduzir a extração dos fornos, sempre tem-se a mesma produção diária independente do volume de vendas.

Tabela 5.8 – VPL tradicional com a crise americana

Investimento	R\$ 411,00 Milhões
VPL tradicional com a crise	- R\$ 19,00 Milhões

Fonte: Própria

Neste caso ter-se-ia a opção de postergar os investimentos por quatro anos, de maneira que a oferta e demanda mundial de vidro plano já estaria equilibrada e os volumes de venda já justificariam a entrada de uma nova linha de produção de vidros planos sem possibilidade de quedas bruscas nos preços e nas quantidades de venda.

Neste novo fluxo de caixa teremos um acréscimo de investimento de R\$ 10 milhões e um aumento no preço da tonelada do vidro plano de 5% no preço da tonelada de vidro plano, visto que no pós crise ter-se-á uma escassez de vidro no mundo dada a retomada da economia mundial e a estagnação da produção de vidro plano em razão da falta de investimento nos últimos três anos.

Tabela 5.9 – VPL tradicional esperado após a crise (Caso 2)

Investimento	R\$ 421,00 Milhões
VPL tradicional após crise	R\$ 291,00 Milhões

5.2.2.2 SIMULAÇÃO MONTE CARLO – CASO 2

Seguindo a mesma linha adotada no caso 1, utilizaremos as mesmas variáveis de entrada: Investimento, Preço de venda, custo do GN (gás natural) e custo da tonelada da barrilha. Para a variável investimento utilizaremos a distribuição triangular com os limites de variação: -10% a + 10%, conforme Figura 5-10 abaixo.

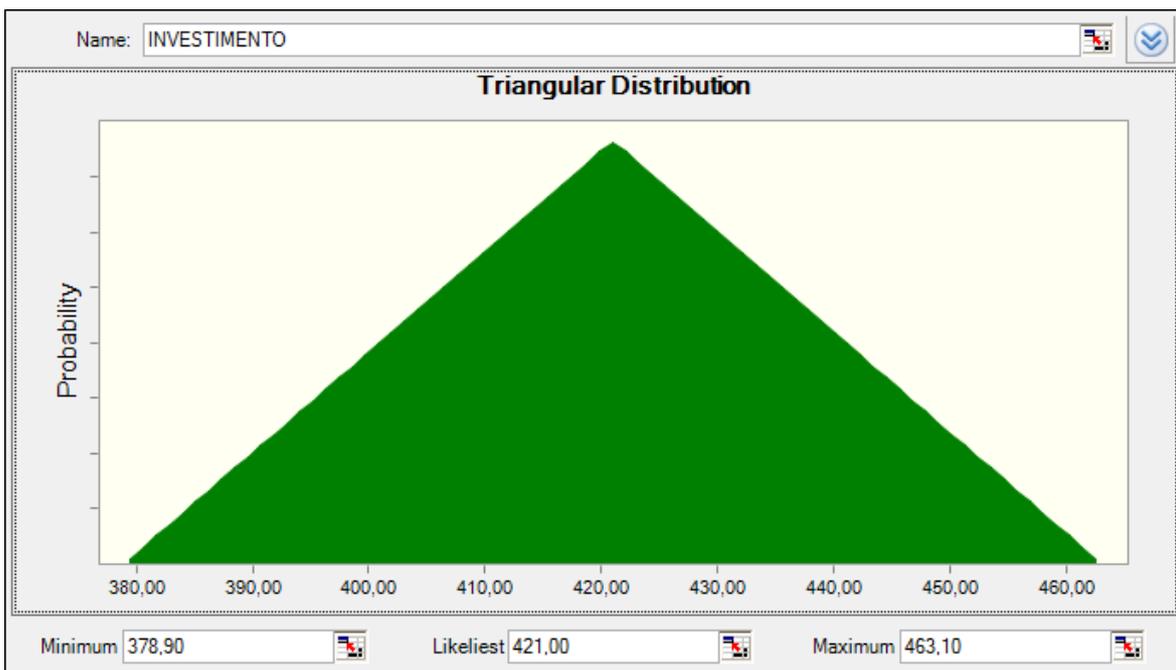


Figura 5-10 – Modelagem variável Investimento Caso 2

Fonte: Própria

Para a segunda variável, Preço de venda utilizaremos a distribuição triangular com a seguinte variação: -10% a + 20%, visto que existe uma probabilidade maior de aumentar a receita do que reduzi-la dada a possibilidade de escassez de vidro no mercado.

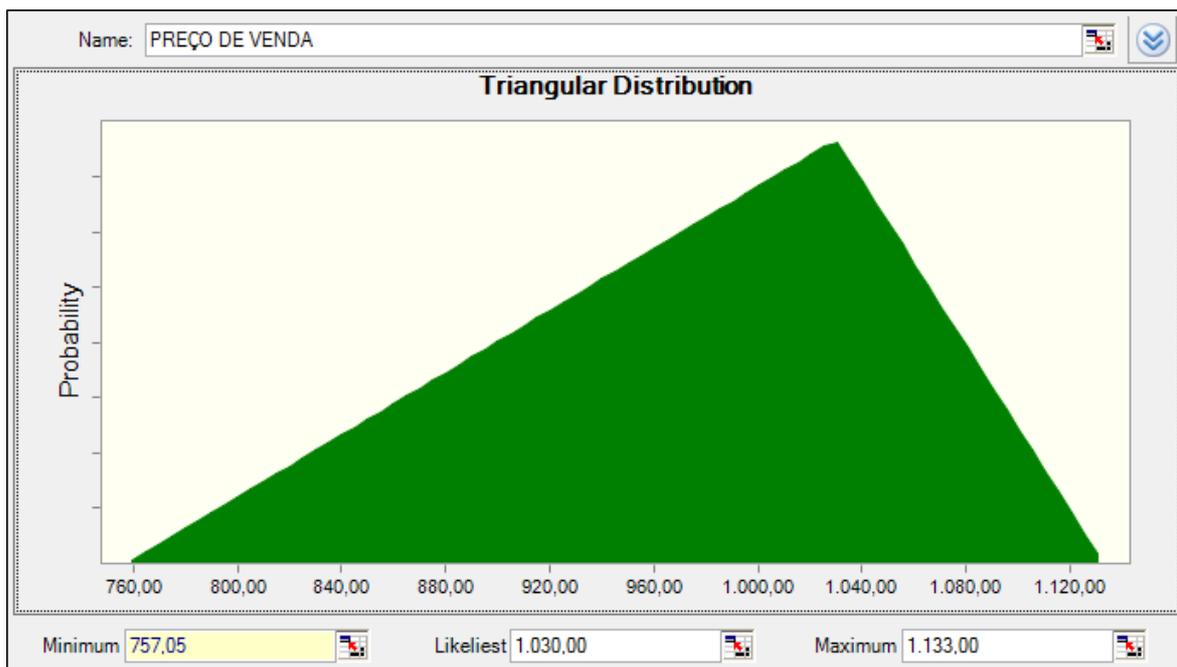


Figura 5-11 – Modelagem variável Preço de venda Caso 2

Fonte: Própria

Para a terceira variável, Custo do gás natural, daremos a mesma tratativa utilizada no caso 1 com uma variação de - 15% a + 15%.

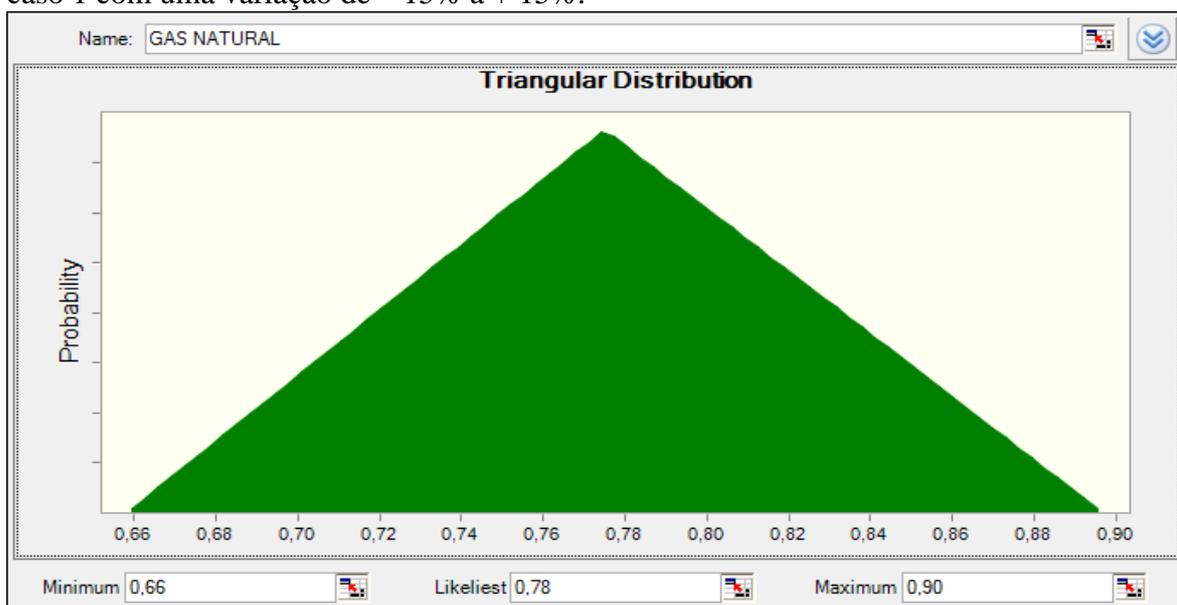


Figura 5-12 – Modelagem variável custo do gás natural Caso 2

Fonte: Própria

Para a quarta variável custo da tonelada de barrilha teremos a seguinte variação: -20% a +20% conforme mostra a Figura 5-13 abaixo.

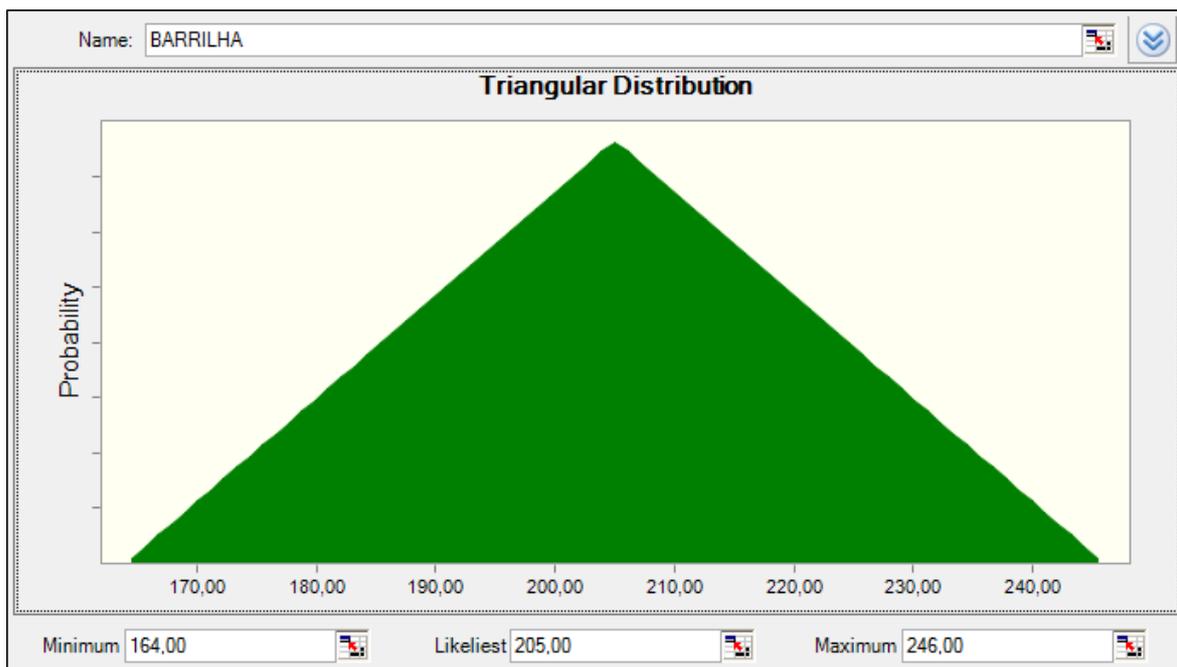


Figura 5-13 – Modelagem variável Custo da barrilha Caso 2

Fonte: Própria

Definida o VPL como variável de saída tem-se após as 10.000 interações os valores apresentados na Tabela 5.10 abaixo.

Tabela 5.10 – Resultados estatísticos caso 2.

	VALORES
NÚMERO DE SIMULAÇÕES	10.000
MÉDIA	327,15
MEDIANA	320,63
MODA	227,77
DESVIO PADRÃO	70,89
VARIÂNCIA	
ASSIMETRIA	0,3002
CURTOSE	2,5
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	0,2167
VALOR MÍNIMO	148,60
VALOR MÁXIMO	543,17
ERRO PADRÃO DA MÉDIA	0,70

Fonte: Própria

Conforme apresentado na tabela acima após as simulações encontramos um VPL probabilístico de R\$ 327 milhões que o valor do VPL determinístico de R\$ 291milhões. O desvio padrão encontrado foi de R\$ 70,89 milhões.

Podemos verificar conforme mostra a Figura 5-14 abaixo a distribuição de frequência cumulativa do VPL no caso 2.

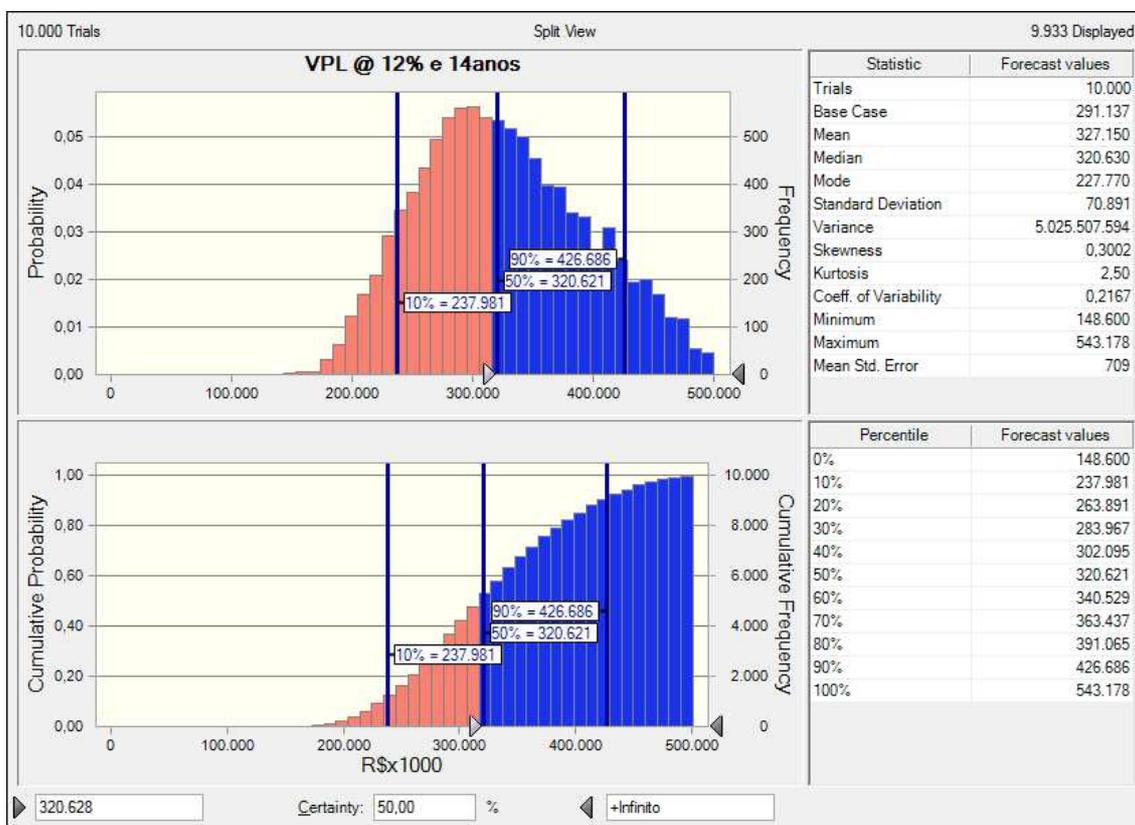


Figura 5-14 – Frequência cumulativa do VPL – Caso2

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.11 – Resumo da Simulação Monte Carlo Caso 2 – após a crise

Investimento Inicial	R\$ 421 milhões
VPL DETERMINISTICO	R\$ 291 milhões
VPL PROBABILÍSTICO	R\$ 327 milhões
Volatilidade do VPL	0,2166

Fonte: Elaboração própria

Com o final da crise e os resultados de VPL positivos obtidos através da SMC decide-se por postergar o investimento.

5.2.2.3 ÁRVORE BINOMIAL (Precificação) – CASO 2

Foi considerada a possibilidade de se postergar o investimento por três anos para se evitar o momento de crise de forma que a árvore de eventos foi concebida neste cenário com 30 ramificações como mostrado na Figura 5-15.

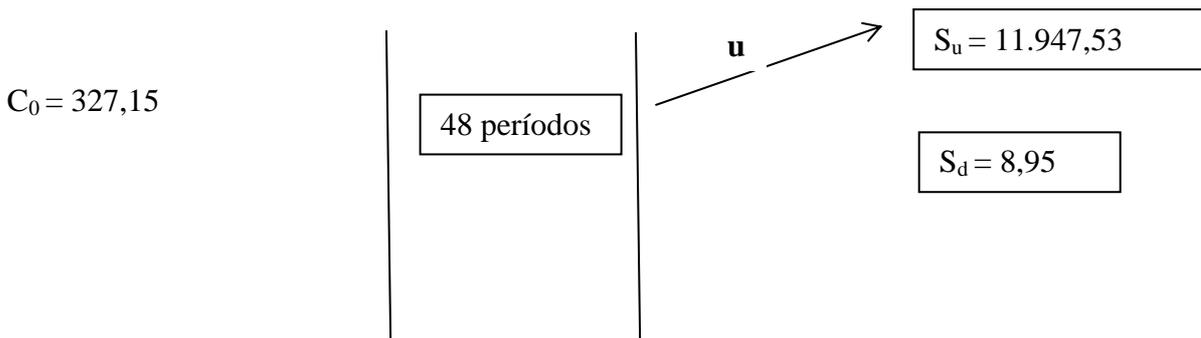


Figura 5-15 – Árvore Binomial do VPL_{PROBABILISTICO} – Caso 2

Fonte: Adaptado de Leite (2009)

Onde:
 $u = 1,090504$
 $d = 0,917007$

Para o cálculo da opção também desenvolvamos árvore regressiva conforme mostra a Figura 5-16.

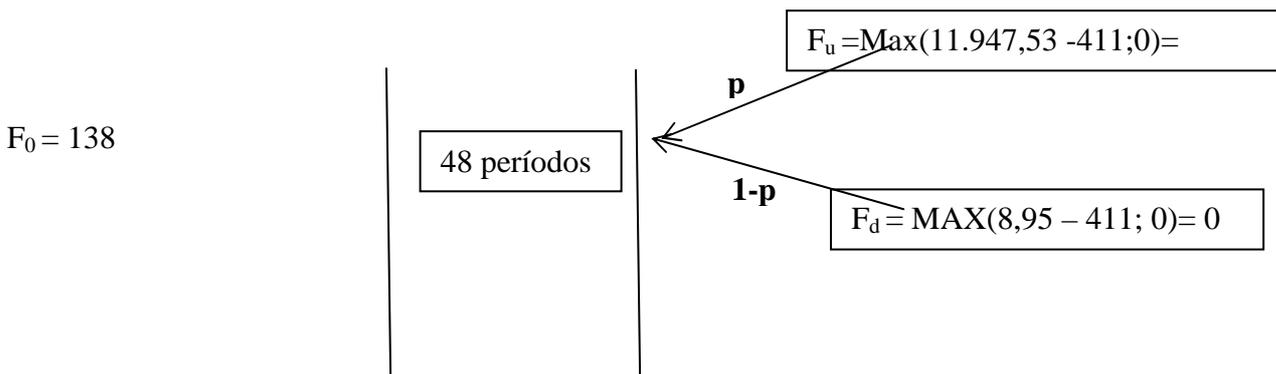


Figura 5-16 – Arvore Regressiva Caso2

Fonte: Adaptação de Leite (2009)

Onde:
 $p = 0,72$
 $1 - p = 0,28$

5.2.2.4 VALOR DA OPÇÃO PARA O CASO 2

Da mesma maneira como calculamos no caso1 podemos agora calcular através da análise das opções reais, o quanto agregou no VPL a opção de implementar o projeto, conforme descrito abaixo.

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{tradicional}} + \text{Valor flexibilidade gerencial}$$

$$VPL_{\text{expandido}} = 291 + 138$$

$$VPL_{\text{expandido}} = 429$$

Este cálculo considerando o valor das opções de postergar o projeto, com um VPL EXPANDIDO = 429 milhões, maior do que zero.

5.2.3 CASO 3: CANCELAR O PROJETO

5.2.3.1 CÁLCULO DO VPL PARA O CASO 3

Inicialmente para este caso foi considerado um cenário onde teríamos um VPL esperado positivo de 239 milhões.

Tabela 5.12 – VPL tradicional com antes da crise sem precedentes.

Investimento	R\$ 411 Milhões
VPL tradicional com a crise	R\$ 239 Milhões

Fonte: Própria

No início da implementação do projeto, surge uma crise inesperada sem precedente de maneira que os valores dos investimentos tiveram um aumento em torno de 25% e o valor do gás natural subiu de R\$ 21 para R\$ 60, em relação ao projetado inicialmente.

Tabela 5.13 – VPL tradicional após a crise sem precedentes.

Investimento	R\$ 511
VPL tradicional com a crise	- R\$ 114 Milhões

Fonte: Própria

5.2.3.2 SIMULAÇÃO MONTE CARLO – CASO 3

Seguindo a mesma linha adotada nos casos anteriores, utilizaremos as mesmas variáveis de entrada: Investimento, Receita, custo m³ do GN (gás natural) e custo da tonelada da barrilha. Para a variável investimento utilizaremos a distribuição triangular com os limites de variação: -10% a + 20%, conforme Figura 5-17 abaixo.

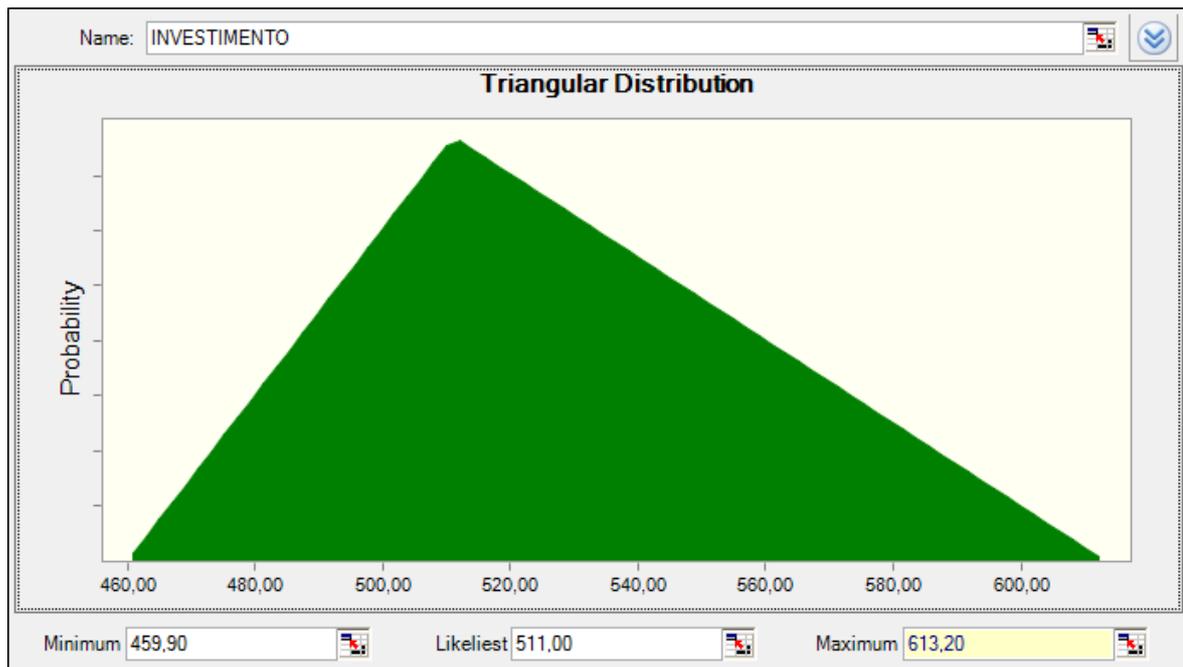


Figura 5-17 – Modelagem variável Investimento Caso 3

Fonte: Própria

Para a segunda variável, Preço de venda utilizaremos a distribuição triangular com a seguinte variação: -30% a + 10%, conforme a Figura 5-18.

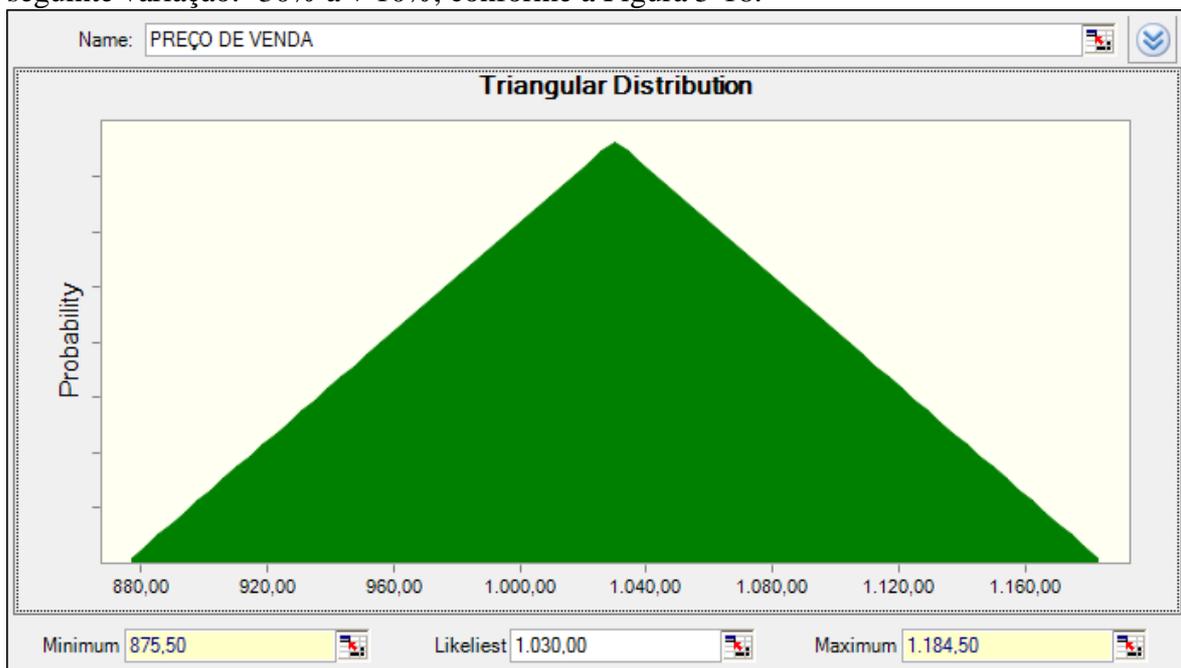


Figura 5-18 – Modelagem variável Preço de venda Caso 3

Fonte: Própria

Para a terceira variável, Custo do gás natural, utilizaremos a distribuição triangular com a seguinte variação: -10% a + 20%, conforme a Figura 5-19.

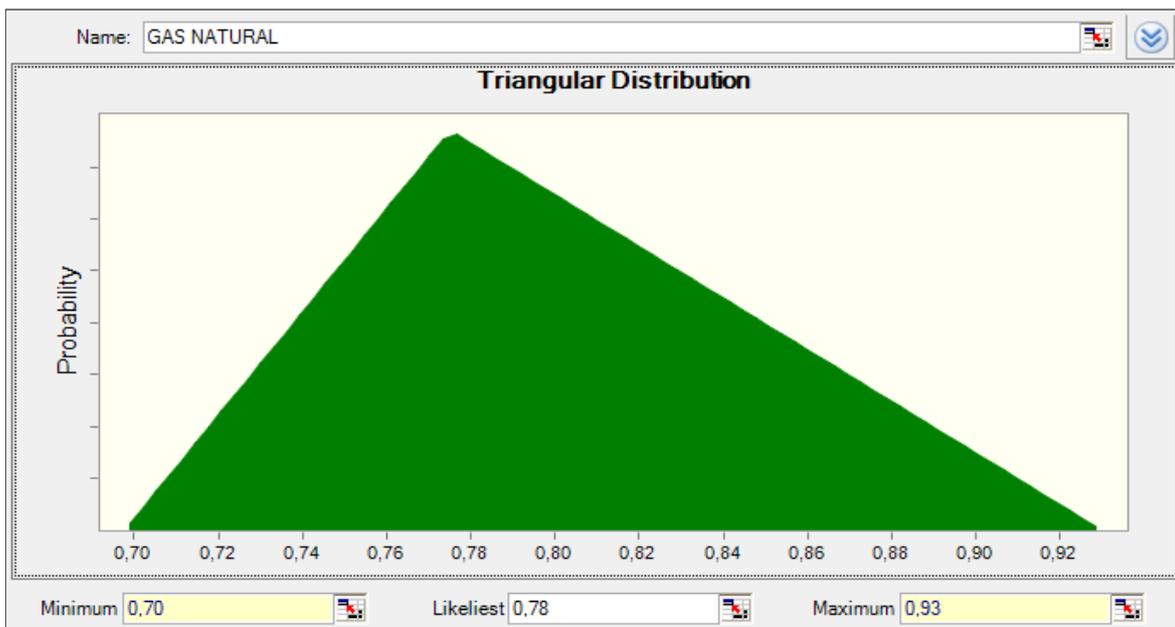


Figura 5-19 – Modelagem variável Custo do gás natural Caso 3

Fonte: Própria

Para a quarta variável custo da tonelada de barrilha teremos a seguinte variação: -10% a +20% conforme mostra a Figura 5-20.

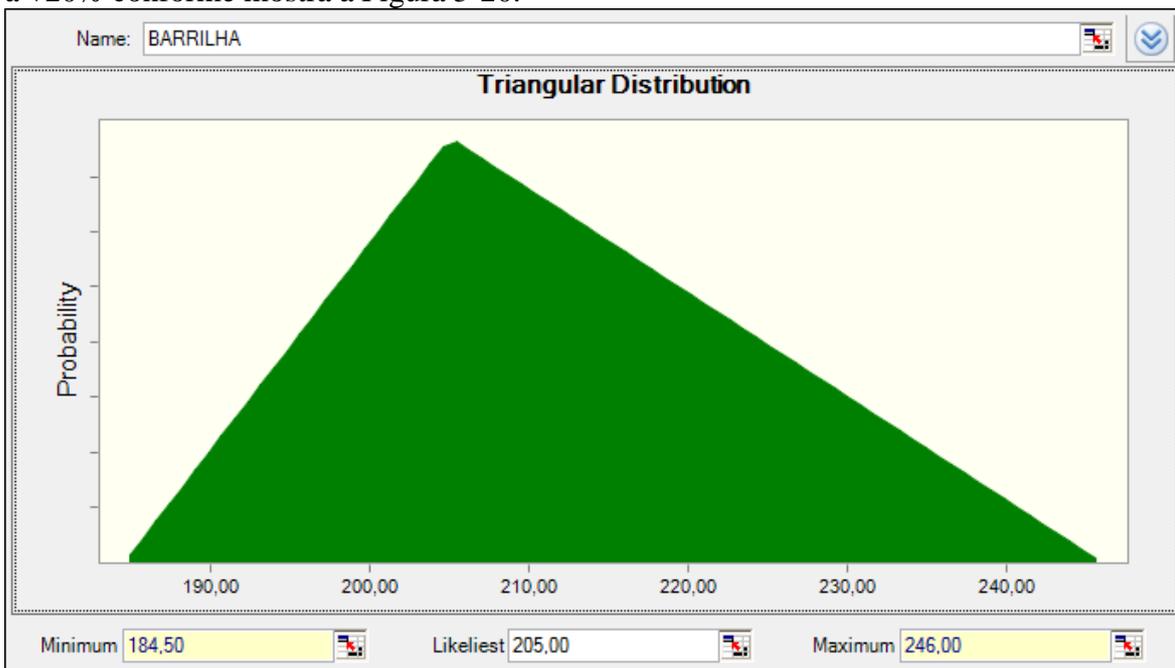


Figura 5-20 – Modelagem variável Custo da barrilha Caso 3

Fonte: Própria

Definida o VPL como variável de saída, tem-se após as 10.000 interações os valores apresentados na tabela 5.13 abaixo.

Tabela 5.14 – Resultados estatísticos caso 3.

	VALORES
NÚMERO DE SIMULAÇÕES	10.000
MÉDIA	- 215,64
MEDIANA	-204,79
MODA	-----
DESVIO PADRÃO	98,53
VARIÂNCIA	9.708
ASSIMETRIA	-0,37
CURTOSE	2,58
COEFICIÊNTE DE VARIAÇÃO	-0,457
VALOR MÍNIMO	-543,48
VALOR MÁXIMO	23,45
ERRO PADRÃO DA MÉDIA	0,98

Fonte: Própria

Conforme apresentado na tabela acima após as simulações encontramos um VPL probabilístico médio de - R\$ 215 milhões e um VPL determinístico de - R\$ 114 milhões ambos negativos. O desvio padrão encontrado foi de R\$ 98,53 milhões. Estes valores deixam claro a inviabilidade do projeto.

Podemos verificar conforme mostra a Figura 5.21 abaixo a distribuição de frequência cumulativa do VPL no caso 3.

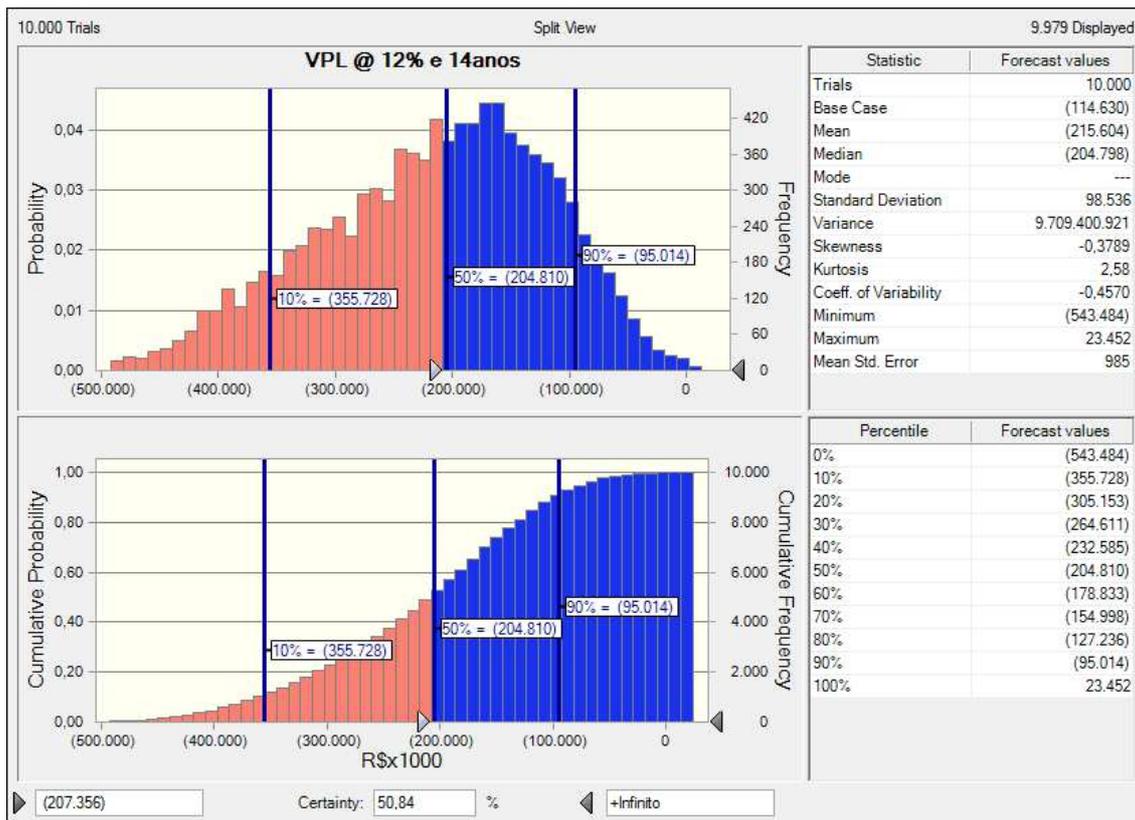


Figura 5-21 – Frequência cumulativa VL – Caso 3

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.15 – Resumo da Simulação Monte Carlo Caso 3

Investimento Inicial	R\$ 512 milhões
VPL DETERMINISTICO	- R\$ 114 milhões
VPL PROBABILÍSTICO	- R\$ 215,6
Volatilidade do VPL	-0,4569

Fonte: Própria

Com base nas análises realizadas e os valores negativos de VPL encontrados, ter-se-ia a decisão de cancelar o projeto.

5.2.3.3 ÁRVORE BINOMIAL (Precificação) – CASO 3

A árvore de opção de cancelar o projeto também foi calculada com 30 períodos. De forma que teremos os valores do VPL PROBABILÍSTICO sujeitos aos fatores de subida e descida “u” e “d” respectivamente.

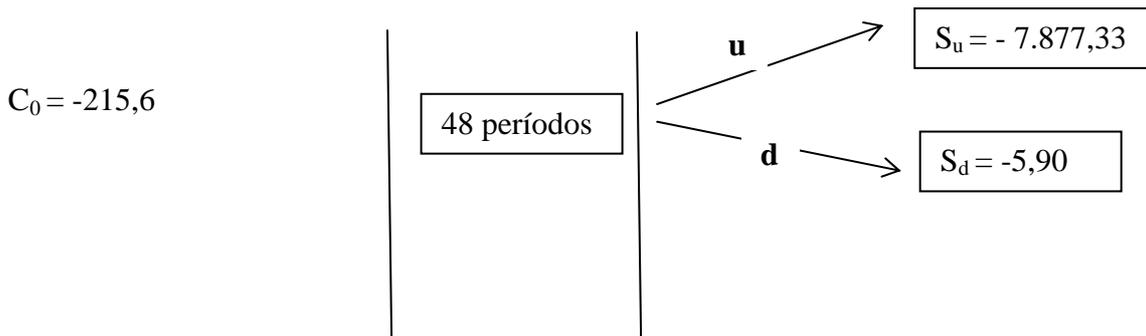


Figura 5-22 – Árvore Binomial do VPL_{PROBABILISTICO} – Caso 3

Fonte: Adaptado de Leite (2009)

Onde:

$$u = 0,8329$$

$$d = 1,2005$$

Para o cálculo da opção também desenvolvamos árvore regressiva conforme mostra a Figura 5.23 abaixo.

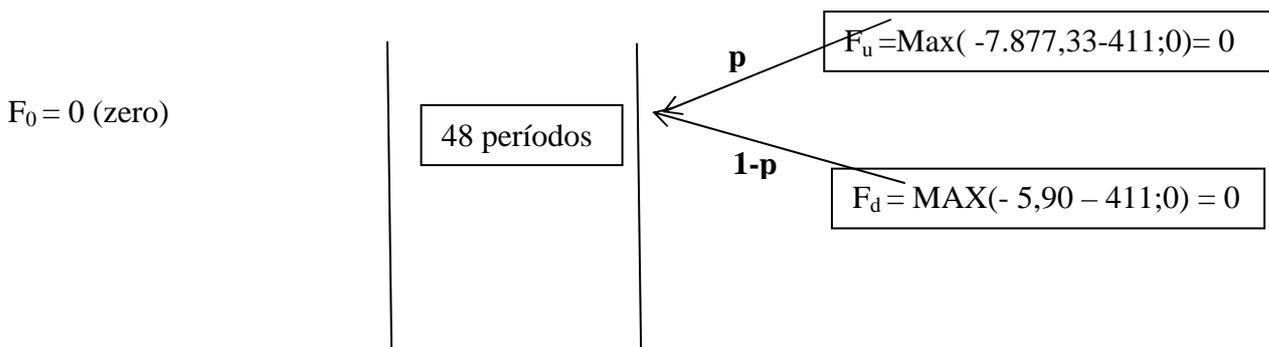


Figura 5-23 – Árvore Regressiva Caso 3

Fonte: Adaptação de Leite (2009)

Onde:

$$p = 0,51$$

$$1 - p = 0,49$$

5.2.3.4 VALOR DA OPÇÃO PARA O CASO 3

O valor da opção de cancelar o projeto não agregou nada ao valor do VPL encontrado anteriormente, de forma que isto apenas ratifica a inviabilidade do projeto

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{tradicional}} + \text{Valor flexibilidade gerencial}$$

$$VPL_{\text{expandido}} = -114 + 0$$

$$VPL_{\text{expandido}} = -114$$

Este cálculo considerando o valor das opções de postergar o projeto, com um $VPL_{\text{EXPANDIDO}} = -114$ milhões, igual ao VPL tradicional.

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

Os três casos apresentados neste capítulo, são analisados em diferentes contextos de mercado, de forma que temos as seguintes situações: Implementar o projeto, postergar o investimento e cancelar o projeto.

No Caso 1, temos uma situação em que na análise do investimento através do FCD, já mostra uma boa viabilidade para sua implementação ($VPL > 0$). Apenas como forma de ratificar os resultados fizemos as Simulações Monte Carlo e cálculo do VPL expandido, que também mostrou a viabilidade do projeto ($VPL_{\text{expandido}} > 0$).

No Caso 2, apresenta um cenário onde projeta-se um momento de crise nos primeiros anos do projeto, de forma que caso optarmos pela implementação do projeto naquele momento, teremos um $VPL < 0$. No entanto existe a possibilidade de postergarmos por alguns anos a implementação efetiva do projeto, de forma que evitaríamos os momentos de crise e para isto teremos um novo $VPL_{\text{expandido}} > 0$, fazendo com que o projeto se torne viável.

No caso 3, temos um cenário de crise sem precedentes, onde não se pode ter previsibilidade quanto a duração da mesma. Neste caso, após o início da implementação do projeto, com o surgimento da crise, tem-se um significativo aumento nos investimentos e também no custo do GN. O projeto que inicialmente mostrava-se viável ($VPL > 0$), após o início da crise a viabilidade desapareceu o VPL tornou-se negativo.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo apresentado mostrou a complexidade para implantação de uma indústria de vidro *float*, desde o acesso a tecnologia até a abertura de mercado, principalmente num mercado oligopolista como foi considerado, o mercado brasileiro de vidros planos, em especial a região considerada para implantação da unidade fabril, o nordeste do Brasil. Para tantas incertezas era preciso a utilização de ferramentas que considerassem tais imprevisibilidades. Por sua peculiaridade optamos pela TOR – Teoria das Opções Reais, visto que esta tem a capacidade de capturar o valor da flexibilidade gerencial.

No caso analisado da implementação de uma indústria produtora de vidro *float* foram considerados, na medida do possível, dados reais, tendo como objetivo a aplicação real da TOR, algumas informações confidenciais e estratégicas foram suprimida, como forma de preservar os interesses da empresa que objetiva este empreendimento. No entanto, a ausência de algumas poucas informações não descaracteriza a veracidade e realidade deste estudo.

Inicialmente foram calculados para todos os casos a viabilidade dos projetos sem flexibilidade gerencial e em seguida, através da TOR foram consideradas as flexibilidades gerenciais, com isto foi possível fazer uma analogia entre as ferramentas tradicionais e as que consideram o gerenciamento do risco.

Foi considerado neste trabalho os três casos tradicionais de Opções Reais: Caso 1 – implementar o projeto, onde foi considerado um cenário de estabilidade econômica e valia apenas investir no projeto; Caso 2 – Postergar o investimento, neste caso foi considerado um cenário onde existia um momento de crise que inviabilizava o projeto, no entanto foi levado em consideração possibilidade de postergar o investimento, de forma que quando passou o momento de crise dar-se-ia a implementação do projeto com grande viabilidade para os investidores; Caso 3 – Cancelar o investimento, neste caso tinha-se um cenário estável no início da implementação, no entanto surge uma crise econômica que inviabilizaria o projeto, dados o aumento no investimento inicial e o aumento no custo do GN – Gás Natural, principal componente do custo no processo *float*.

Após as análises feitas nos três casos, pode-se concluir que a TOR, realmente é uma ferramenta muito importante para análise de investimento, pois ela se mostrou bastante eficiente fornecendo aos investidores mais segurança para tomada de decisão, dadas suas informações mais precisas e realistas.

6.1 LIMITAÇÕES

As principais limitações deste trabalho, se dá pelo fato de que a tecnologia *float* é muito pouco difundida, tornando-se assim bastante difícil o cálculo dos custos de produção para elaboração do fluxo de caixa.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como visto, a aplicação da TOR permite que os investidores tenham maior segurança no momento da decisão do investimento. Desta forma sugere-se para trabalhos futuros a aplicação da TOR em projetos de expansão, que oportunamente pode ser na expansão de uma linha de vidro *float*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E.L. **Introdução a pesquisa operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. Rio de Janeiro.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Real Options: A Practitioner's Guide**. Texere. 2001.
- COX, J. C.; ROSS, S. A. & RUBINSTEIN, M. **Option Pricing: a simplified approach**.
Journal of Financial Economics
- DANTAS, M.G.; TÁVORA-JR, J.L. **Tecnologias de Automação e Inofrmação como Fatores de Inovação e Competitividade das Empresas de Saneamento**. XX Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2000.
- FERREIRA, R.G.; **Matemática Financeira Aplicada**. 5.ed. Recife: Editora Universitária, 2000.
- GITMAN, L. J. **Principios da administração financeira**, 10 edição. Tradução técnica Antônio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Addison Wesley, 2004.
- R.L. HALL and C.J. HITCH, **Price Theory and Business Behavior**, Oxford Economic Papers, no. 2 (May 1939): 17.
- HULL, J. **Options, futures and other derivative securities**. Englewood Cliffis: Prentice Hall. 1997.
- LAPPONI, J. C. **Projetos de investimentos na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- LEITE F^o., G D. S. **Justificativa de investimentos em tecnologias avançadas de manufatura: um framework para avaliação de opção de esperar, sob ótica das opções reais**. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. CTG – Programa de pós Graduação em Engenharia de Produção, 2008.

- SAITO, M. B. **Teoria das opções reais: Uma aplicação considerando-se o valor da flexibilidade gerencial a projetos de investimento em inovação tecnológica.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. CTG - Programa de pós Graduação em Engenharia de Produção, 2010.
- MAGALHÃES, M. N **Noções de matemática e estatística.** 3ª Edição, IME- USP. São Paulo 2008
- MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection.** *Journal of Finance*, v. 7, p. 77-91, 1952.
- MINARDI, A.M.A.F. **Teoria de opções aplicada a projetos de investimento.** São Paulo: Atlas, 2004.
- MINARDI, A.; **Teoria de Opções Aplicada a Projetos de Investimento.** RAE – Revista de Administração de Empresas. v. 40, n. 2, PP 74-79, Abr./Jun. 2000.
- MORAN, M. R. **Concentração de poder em cadeias produtivas: um estudo de caso sobre a indústria do vidro float no Brasil.** São Paulo, 2008.
- OLIVEIRA, M.R.G.; CARMONA, C.U.M. & TÁVORA-JR, J.L. **Value at Risk Dinâmico: Um Estudo Comparativo entre os Modelos Heterocedásticos e a Simulação de Monte Carlo.** Revista Brasileira de Finanças, vol. 4, n. 2, PP 188-202, 2006.
- ROSS, S.A., WESTERFIELD, R.W. e JAFFE, J.F. **Administração Financeira CORPORATE FINANCE,** São Paulo, Ed. Atlas, 2ª edição, 2002;
- TÁVORA-JR, J.L.; SIVINI, S. & CONSENTINO, A.C.C. **Critérios de Competitividade na Análise de Projetos.** XVIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 1998.

APÊNDICE I - ANEXOS DOS CASOS

ANEXOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ÁREVA CASO 2

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81
82	83	84
85	86	87
88	89	90
91	92	93
94	95	96
97	98	99
100	101	102
103	104	105
106	107	108
109	110	111
112	113	114
115	116	117
118	119	120
121	122	123
124	125	126
127	128	129
130	131	132
133	134	135
136	137	138
139	140	141
142	143	144
145	146	147
148	149	150
151	152	153
154	155	156
157	158	159
160	161	162
163	164	165
166	167	168
169	170	171
172	173	174
175	176	177
178	179	180
181	182	183
184	185	186
187	188	189
190	191	192
193	194	195
196	197	198
199	200	201
202	203	204
205	206	207
208	209	210
211	212	213
214	215	216
217	218	219
220	221	222
223	224	225
226	227	228
229	230	231
232	233	234
235	236	237
238	239	240
241	242	243
244	245	246
247	248	249
250	251	252
253	254	255
256	257	258
259	260	261
262	263	264
265	266	267
268	269	270
271	272	273
274	275	276
277	278	279
280	281	282
283	284	285
286	287	288
289	290	291
292	293	294
295	296	297
298	299	300
301	302	303
304	305	306
307	308	309
310	311	312
313	314	315
316	317	318
319	320	321
322	323	324
325	326	327
328	329	330
331	332	333
334	335	336
337	338	339
340	341	342
343	344	345
346	347	348
349	350	351
352	353	354
355	356	357
358	359	360
361	362	363
364	365	366
367	368	369
370	371	372
373	374	375
376	377	378
379	380	381
382	383	384
385	386	387
388	389	390
391	392	393
394	395	396
397	398	399
400	401	402
403	404	405
406	407	408
409	410	411
412	413	414
415	416	417
418	419	420
421	422	423
424	425	426
427	428	429
430	431	432
433	434	435
436	437	438
439	440	441
442	443	444
445	446	447
448	449	450
451	452	453
454	455	456
457	458	459
460	461	462
463	464	465
466	467	468
469	470	471
472	473	474
475	476	477
478	479	480
481	482	483
484	485	486
487	488	489
490	491	492
493	494	495
496	497	498
499	500	501
502	503	504
505	506	507
508	509	510
511	512	513
514	515	516
517	518	519
520	521	522
523	524	525
526	527	528
529	530	531
532	533	534
535	536	537
538	539	540
541	542	543
544	545	546
547	548	549
550	551	552
553	554	555
556	557	558
559	560	561
562	563	564
565	566	567
568	569	570
571	572	573
574	575	576
577	578	579
580	581	582
583	584	585
586	587	588
589	590	591
592	593	594
595	596	597
598	599	600
601	602	603
604	605	606
607	608	609
610	611	612
613	614	615
616	617	618
619	620	621
622	623	624
625	626	627
628	629	630
631	632	633
634	635	636
637	638	639
640	641	642
643	644	645
646	647	648
649	650	651
652	653	654
655	656	657
658	659	660
661	662	663
664	665	666
667	668	669
670	671	672
673	674	675
676	677	678
679	680	681
682	683	684
685	686	687
688	689	690
691	692	693
694	695	696
697	698	699
700	701	702
703	704	705
706	707	708
709	710	711
712	713	714
715	716	717
718	719	720
721	722	723
724	725	726
727	728	729
730	731	732
733	734	735
736	737	738
739	740	741
742	743	744
745	746	747
748	749	750
751	752	753
754	755	756
757	758	759
760	761	762
763	764	765
766	767	768
769	770	771
772	773	774
775	776	777
778	779	780
781	782	783
784	785	786
787	788	789
790	791	792
793	794	795
796	797	798
799	800	801
802	803	804
805	806	807
808	809	810
811	812	813
814	815	816
817	818	819
820	821	822
823	824	825
826	827	828
829	830	831
832	833	834
835	836	837
838	839	840
841	842	843
844	845	846
847	848	849
850	851	852
853	854	855
856	857	858
859	860	861
862	863	864
865	866	867
868	869	870
871	872	873
874	875	876
877	878	879
880	881	882
883	884	885
886	887	888
889	890	891
892	893	894
895	896	897
898	899	900
901	902	903
904	905	906
907	908	909
910	911	912
913	914	915
916	917	918
919	920	921
922	923	924
925	926	927
928	929	930
931	932	933
934	935	936
937	938	939
940	941	942
943	944	945
946	947	948
949	950	951
952	953	954
955	956	957
958	959	960
961	962	963
964	965	966
967	968	969
970	971	972
973	974	975
976	977	978
979	980	981
982	983	984
985	986	987
988	989	990
991	992	993
994	995	996
997	998	999
1000	1001	1002

FFI 1000 1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

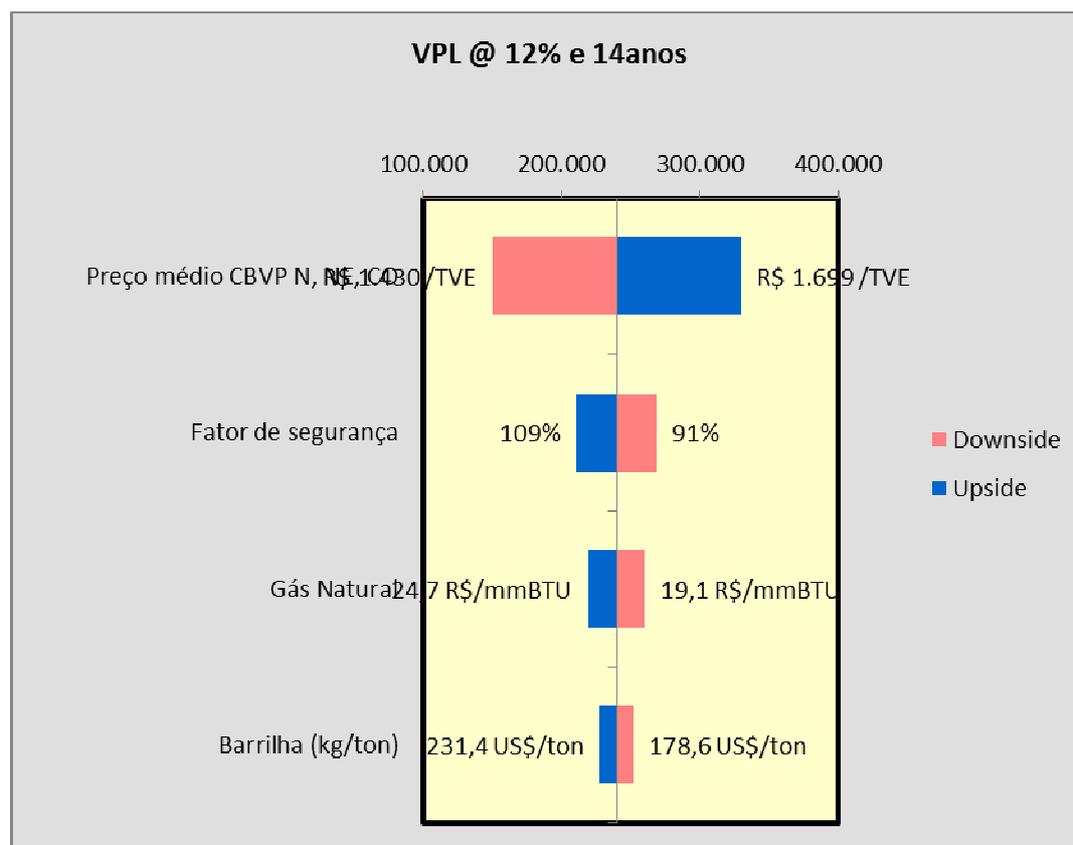
1000 1000 1000

1000 1000 1000

1000 1000 1000

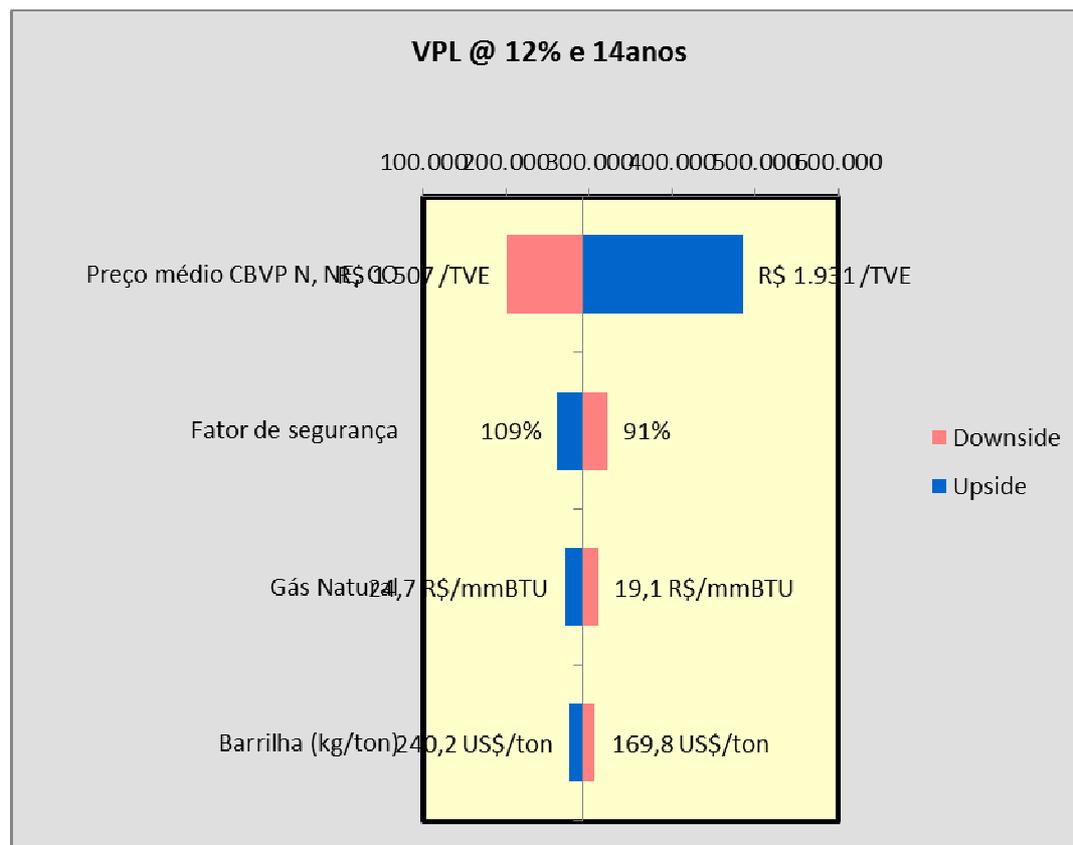
APÊNDICE II – TORNADO DOS CASOS

TORNADO CASO 1



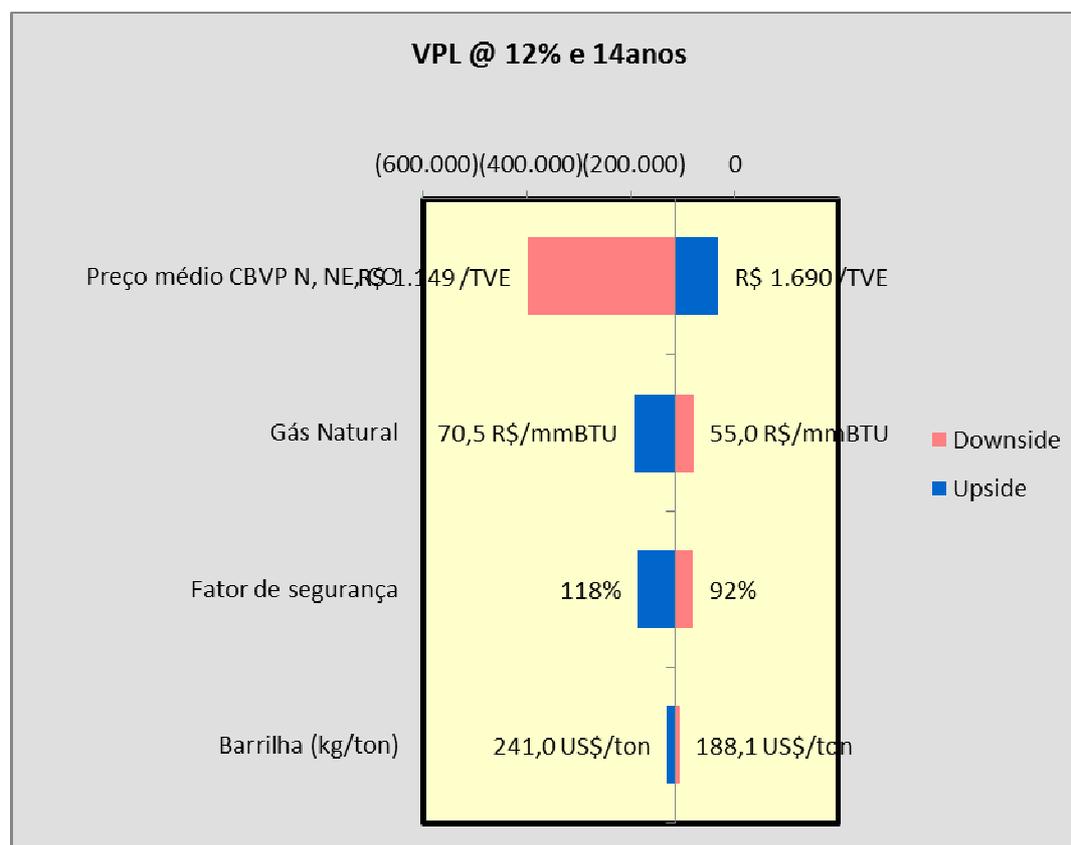
Variable	VPL @ 12% e 14anos			Input		
	Downside	Upside	Range	Downside	Upside	Base Case
Preço médio CBVP N, NE, CO	149.928	329.741	179.812	R\$ 1.430 /TVE	R\$ 1.699 /TVE	R\$ 1.565 /TVE
Fator de segurança	268.656	211.013	57.643	91%	109%	100%
Gás Natural	260.533	219.136	41.397	19,1 R\$/mmBTU	24,7 R\$/mmBTU	21,9 R\$/mmBTU
Barrilha (kg/ton)	251.594	228.075	23.520	178,6 US\$/ton	231,4 US\$/ton	205,0 US\$/ton

TORNADO CASO 2



Variable	VPL @ 12% e 14anos			Input		
	Downside	Upside	Range	Downside	Upside	Base Case
Preço médio CBVP N, NE, CO	200.230	484.107	283.876	R\$ 1.507 /TVE	R\$ 1.931 /TVE	R\$ 1.643 /TVE
Fator de segurança	321.222	261.052	60.170	91%	109%	100%
Gás Natural	311.776	270.567	41.209	19,1 R\$/mmBTU	24,7 R\$/mmBTU	21,9 R\$/mmBTU
Barrilha (kg/ton)	306.817	275.457	31.360	169,8 US\$/ton	240,2 US\$/ton	205,0 US\$/ton

TORNADO CASO 3



Variable	VPL @ 12% e 14anos			Input		
	Downside	Upside	Range	Downside	Upside	Base Case
Preço médio CBVP N, NE, CO	(399.193)	(30.502)	368.692	R\$ 1.149 /TVE	R\$ 1.690 /TVE	R\$ 1.565 /TVE
Gás Natural	(78.033)	(192.960)	114.927	55,0 R\$/mmBTU	70,5 R\$/mmBTU	60,0 R\$/mmBTU
Fator de segurança	(79.827)	(188.507)	108.680	92%	118%	100%
Barrilha (kg/ton)	(106.948)	(130.936)	23.988	188,1 US\$/ton	241,0 US\$/ton	205,0 US\$/ton

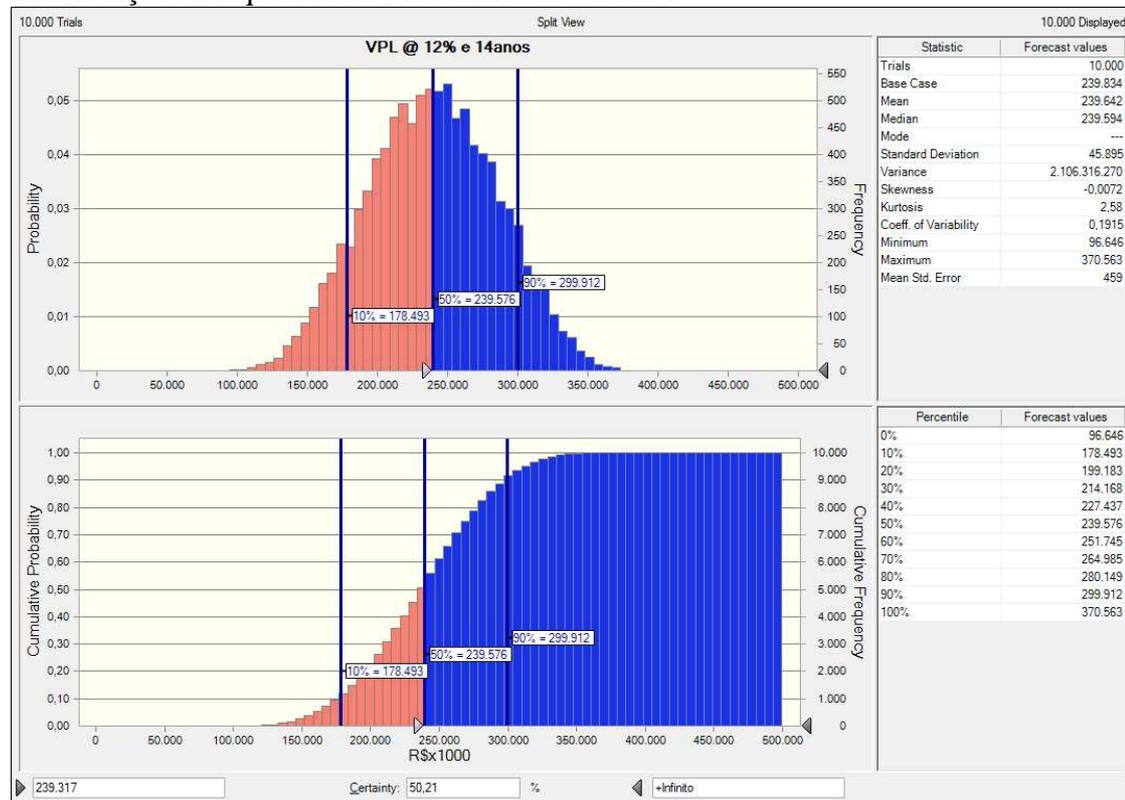
APÊNDICE III – FLUXO DE CAIXA DOS CASOS

FLUXO DE CAIXA CASO 1

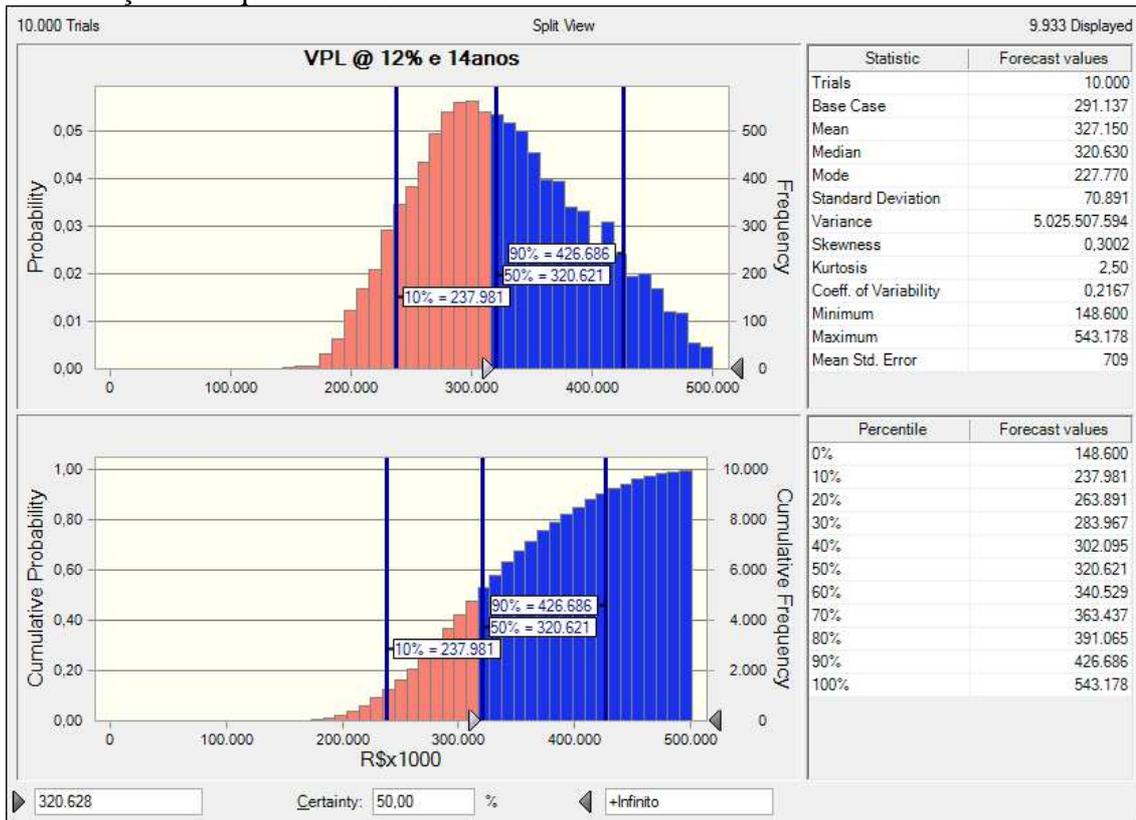
TIR	25,6%	18,0%					
FLUXO DE CAIXA DO ACIONISTA	FCL NOMINAL	FCL REAL	TIR NOMINAL	TIR REAL	VPL 8 anos	VPL 14 anos	VPL 28 anos
			2				
1	-63929,21	-63929,21			R\$ 65.698,88	R\$ 239.834,46	R\$ 455.544,70
2	-82574,87	-76049,79					
3	-90681,97	-79539,31					
4	9904,896	8297,0293	-90%	-91%			
5	36903,84	29522,701					
6	54339,59	41515,734	-23%	-26%			
7	75426,12	55033,864	-7%	-12%			
8	88509,94	61675,416	2%	-2%			
9	112938,9	75158,014	9%	4%			
10	127555	81066,475	14%	9%			
11	141464,8	85862,613	17%	12%			
12	157925,2	91541,694	19%	14%			
13	157021,6	86923,819	21%	15%			
14	165025	87245,069	22%	17%			
15	173264,6	87480,787	23%	17%			
16	146014,6	70406,204	24%	18%			
17	49670,42	22873,071	24%	18%			
18	162659,7	71534,974	24%	18%			
19	170756,5	71717,881	24%	19%			
20	179245,6	71896,987	25%	19%			
21	188145,9	72072,348	25%	19%			
22	197476,8	72244,022	25%	19%			
23	207258,9	72412,065	25%	19%			
24	217513,7	72576,534	25%	19%			
25	228263,7	72737,488	25%	19%			
26	239532,5	72894,984	25%	20%			
27	251344,7	73049,079	25%	20%			
28	261257,8	72514,703	26%	20%			
29	274235,6	72692,988	26%	20%			
30	287838,1	72866,66	26%	20%			

APÊNDICE IV – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS CASOS

Distribuição / Frequencia de Probabilidade - Caso 1



Distribuição / Frequencia de Probabilidade - Caso 2



Distribuição / Frequencia de Probabilidade - Caso 3

