

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA  
ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS**

**MAÍSA SANTOS JOAQUIM**

**ORIENTADOR: ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA  
TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PUBLICAÇÃO:  
BRASÍLIA - DF, DEZEMBRO DE 2012**

J62a Joaquim, Maísa Santos.  
Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas agroflorestais / Maísa Santos Joaquim. -- 2012.  
xi, 116 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2012.  
Inclui bibliografia.  
Orientação: Álvaro Nogueira de Souza.

1. Engenharia florestal - Economia. 2. Economia florestal.  
3. Florestas - Administração. 4. Florestas - Agricultura.  
I. Souza, Álvaro Nogueira de. II. Título.

CDU 634.0.6(81)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por todas as maravilhas que têm feito em minha vida, por todas as conquistas que me permitiu alcançar até agora e por me mostrar que fazer o bem é a melhor alternativa para se viver.

À razão da minha existência, minha vida, meu porto seguro, meu GRANDE amor, meu filho Moisés Eduardo, pelos momentos felizes, pela descontração nos momentos mais tensos, companheirismo, paciência, compreensão, carinho, amizade e bom humor, em mais uma jornada cumprida.

Ao meu outro amor, Álvaro, meu esposo querido e adorado, pelos conselhos, entusiasmo, força, dedicação, companheirismo, paciência, pelos exemplos de honestidade, de amor ao próximo, franqueza e pelo amor e carinho em todas as fases da minha vida.

A minha vozinha Laudelina, exemplo de dedicação, MUITA força, fé em Deus, de alegria, esperança, paciência e sabedoria.

Aos meus sogros, Jair e Dorinha, agora, meus pais (Moisés e Zélia) que, infelizmente, já não tenho mais, pelos exemplos de simplicidade, humildade, carinho, acolhimento, aconchego e por ensinar, a cada gesto, que a vida deve ser aproveitada com muito amor e alegria.

Ao meu cunhado Bilhardo, mais que irmão, por acompanhar toda minha trajetória, sempre torcendo pelo meu sucesso, me dando força e ânimo para cumprir as etapas e vencer os obstáculos impostos para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu orientador, pelas horas e horas de discussões e conversas, pelo apoio, ensinamentos na vida profissional e pessoal, pelos exemplos de dedicação ao ensino.

Aos professores que sempre me auxiliaram nos momentos mais complicados do andamento desse trabalho.

Aos membros da banca Jorge Madeira Nogueira, Flávio Botelho, Reginaldo Sérgio Pereira pela disposição em contribuir. Em especial ao professor Carlos Henrique Rocha, pelo auxílio.

Dedico aos meus pais amados e admirados, Moisés da Silva Joaquim  
(*in memorian*) e a Zélia Maria Santos (*in memorian*) que lutou,  
a cada minuto, com todas as suas forças pela vida, sempre  
exalando alegria, confiança e fé. Muito obrigada por tudo!  
Amo vocês! Eternas saudades.....

## **RESUMO**

### **APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.**

**Autora: Maísa Santos Joaquim**

**Orientador: Professor Doutor Álvaro Nogueira de Souza**

**Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais**

**Brasília, dezembro de 2012.**

Este trabalho teve por objetivo principal utilizar o método de análise de investimentos de opções reais em um sistema agroflorestal (SAF) composto por eucalipto, soja e gado de corte, e comparar os resultados com métodos tradicionais de análise financeira. O desenvolvimento do trabalho empregando o método de opções reais foi motivado pela necessidade das empresas que trabalham com SAF em ter análises de investimentos mais robustas e que consigam captar a volatilidade das variáveis de primordial relevância para o sucesso financeiro dos projetos, pois, análises equivocadas podem causar a irreversibilidade do investimento e prejuízos. Com aplicação do método é possível visualizar, em uma única análise, os possíveis cenários atingidos com a volatilidade dos preços (variáveis estocásticas analisadas). O Valor Presente Líquido (VPL) adotado como o valor do ativo subjacente (projeto) foi de R\$ 5.684,32, utilizando a taxa de desconto (WACC) de 9,95% e taxa de juros livre de risco de 7,5%. Para determinar a volatilidade foi utilizado o desvio padrão do retorno logaritmizado, calculado em 27,06%, tendo como média 0,0883, valores dos movimentos ascendentes (u) 1,3107 com probabilidade de ocorrência de 61,34% e descendentes (d) 0,7628 com probabilidade de 38,66%. O valor da opção em caso de abandono foi de R\$2.059,01/ha positivo. Os resultados mostraram que o VPL superestimou o retorno do projeto e que seria mais viável abandoná-lo. Foi testada também a volatilidade de séries históricas dos preços dos produtos oriundos do SAF, cujo valor foi 20,16%, média de R\$71,76, movimentos ascendente e descendente de 1,2234 e 0,8174, consecutivamente. O valor de abandono foi o valor presente dos custos dispendidos pelo investidor a cada ano. O valor da opção em caso de abandono foi de R\$4.121,03 negativos e o valor da flexibilidade foi de R\$1.444,98. Os resultados comprovaram que o investimento é economicamente viável e não deverá ser abandonado.

**Palavras-chave:** Sistemas Agrossilvipastoril, Viabilidade Financeira, Opções Reais.

## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF THE THEORY OF REAL OPTIONS ANALYSIS ON INVESTMENT IN AGROFORESTRY SYSTEMS.**

**Author: Máisa Santos Joaquim**

**Supervisor: Professor Doutor Álvaro Nogueira de Souza**

**Postgraduate Programme in Forest Sciences**

**Brasília, december de 2012.**

This manuscript main goal was use the investment analysis method of real options in an agroforestry system (AFS) composed for eucalyptus, soy and beef cattle, and compare the results with traditional economic analysis methods. The development of this work using the real options method was motivated by the companies needs that work with AFS, so that to have more robust investment analyzes and they were able to capture the volatility of the great importance variables for the economic success of the projects, therefore, the misleading analysis can cause the irreversibility of investment and losses. With this method application is possible to visualize, in a single analysis, the possible scenarios hit with price volatility (stochastic variables analyzed). The Net Present Value (NPV) adopted as the value of the underlying stock was R \$ 5,684.32, using the discount rate (WACC) of 9.95% and risk-free interest rate of 7.5%. To determine the volatility was used logarithmic return standard deviation, it was calculated in 27.06% with average of 0.0883, the upward movements values (u) were 1.3107 with a probability of 61.34%, and the downward movements values (d ) were 0.7628 with 38.66% of probability. The abandonment option value was R\$ 2,059.01 / ha positive. The results showed that the NPV overestimated the project return and that would be feasible to abandon it. We also tested the historical price series volatility of SAF products, whose value was 20.16%, with average of R\$ 71.76, the upwards and downwards movements were 1.2234 and 0.8174, consecutively. The abandonment value was the costs present value incurred by the investor each year. The option value in case of abandoned was R\$4,121.03 negatives and the flexibility value was R\$1,444.98. The results showed that the investment is economically viable and it should not be abandoned.

**Keywords:** Agroforestry System, Economic Viability, Real Options

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 – JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 – Hipótese: .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2 – Objetivo .....</b>	<b>3</b>
<b>2 – REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 – SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF).....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 – TAXA DE DESCONTO E RISCO DE UM INVESTIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 – TEORIA DAS OPÇÕES REAIS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.1 – Definições e Conceitos.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.2 – Modelo de Black &amp; Scholes (B &amp; S).....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3 – As Flexibilidades nas Opções Reais - Volatilidade.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.4 – Trabalhos com Opções Reais .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.5 – Tipos de Opções.....</b>	<b>26</b>
<b>3 – SIMULAÇÃO MONTE CARLO.....</b>	<b>33</b>
<b>4 – ÁRVORE DE DECISÃO E MODELO BINOMIAL .....</b>	<b>36</b>
<b>5 – METODOLOGIA DE COPELAND &amp; ANTIKAROV .....</b>	<b>41</b>
<b>6 – TOR x VPL .....</b>	<b>46</b>
<b>7 – MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>53</b>
<b>7.1 – ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2 – BASE DE DADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.1 – Soja.....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.2 – Boi Gordo .....</b>	<b>54</b>
<b>7.2.3 – Eucalipto .....</b>	<b>55</b>
<b>7.3 – MÉTODOS DE ANÁLISE.....</b>	<b>58</b>
<b>7.3.1 – Método de Copeland &amp; Antikarov .....</b>	<b>58</b>
<b>8 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>8.1 – APLICAÇÃO DO MÉTODO SEGUINDO AS ETAPAS ESTABELECIDAS POR COPELAND &amp; ANTIKAROV.....</b>	<b>66</b>
<b>8.2.1 – Taxa de juros - WACC.....</b>	<b>66</b>
<b>8.2.2 – Fluxo de Caixa .....</b>	<b>67</b>
<b>8.3 – VOLATILIDADE – VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....</b>	<b>68</b>
<b>8.3 – VALOR DE ABANDONO .....</b>	<b>72</b>

<b>8.4 – MÉTODO MONTE CARLO.....</b>	<b>75</b>
<b>8.5 – VOLATILIDADE DA VARIÁVEL ESTOCÁSTICA - PREÇO.....</b>	<b>82</b>
<b>8.6 – ÁRVORE DE EVENTOS .....</b>	<b>84</b>
<b>8.7 – VALOR DA OPÇÃO DE ABANDONO.....</b>	<b>86</b>
<b>8.8 – VALOR DA OPÇÃO.....</b>	<b>90</b>
<b>9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>92</b>
<b>10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos utilizados na implantação da soja no Sistema Agroflorestal .....	54
Tabela 2 - Custos para produção do boi gordo.....	55
Tabela 3 – Volumes prognosticados em função da idade. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Tabela 4 – Custos de implantação do eucalipto no Sistema Agroflorestal .....	56
Tabela 5 - Custos de manutenção do eucalipto no Sistema Agroflorestal .....	56
Tabela 6 - Resumo do Fluxo de Caixa .....	67
Tabela 7 - Valores utilizados para o cálculo da volatilidade.....	68
Tabela 8 – Dados para confecção da Árvore de Eventos .....	69
Tabela 9 - Valor do Abandono .....	73
Tabela 10 - Cotação mensal do preço da saca da soja no ano de 2011. ....	76
Tabela 11 - Cotações do preço da arroba do Boi gordo em 2011. ....	77
Tabela 12 - Série Histórica Preços de Eucalipto em 2011. ....	77
Tabela 13 - Séries históricas dos preços das variáveis deflacionados.....	79
Tabela 14 - Parâmetros utilizados para simulação com Método de Monte Carlo.....	79
Tabela 15 – Resultados da simulação Método de Monte Carlo .....	81
Tabela 16 - Volatilidade da Série Histórica dos Preços .....	84
Tabela 17 - Diferença entre as Volatilidades do VPL e Série Histórica .....	86
Tabela 18 - Custos que geraram o Valor de Abandono.....	87
Tabela 19 - Cotação mensal do preço da saca da soja entre os anos de 1998 a 2012. CONAB, EMBRAPA, AGROLINK.....	107
Tabela 20 - Cotações do preço da arroba do Boi gordo .....	109
Tabela 21 - Série Histórica Preços de Eucalipto .....	111
Tabela 22 - Séries históricas dos preços das variáveis deflacionados.....	113

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Analogia entre um Projeto de Investimento e uma Opção financeira .....	13
Figura 2 - Árvore de Decisão e Opções Reais.....	29
Figura 3 - Árvore de Decisão Básica.....	37
Figura 4 - Relação entre preço (S) multiplicado por uma variável e tempo (t).....	38
Figura 5 - Opções Reais e a opção de investir.....	50
Figura 6 – Histograma de Frequência.....	79

# 1 – INTRODUÇÃO

A exploração das florestas pode se dar por meio do arranjo agrossilvipastoril – é uma forma de uso da terra em que se combinam espécies arbóreas lenhosas (frutíferas e/ou madeireiras) com cultivos agrícolas e/ou animais, de forma simultânea ou em sequência temporal e que interagem econômica e ecologicamente – vem se tornando, cada vez mais, um importante sistema de produção por ser considerado o sistema mais completo dentre os sistemas agroflorestais, atraindo produtores pelas inúmeras vantagens ecológicas e econômicas, proporcionando a maximização do lucro (SANGUINO *et al.* 2007).

Diversos trabalhos confirmam sua eficácia, demonstrando o melhor desenvolvimento do pasto, a melhor capacidade de suporte do rebanho de gado, a eficiência no uso do solo com culturas de rotação anual, o sistema tem sido considerado sustentável sob os pontos de vistas financeiros, social e ambiental (FICK, 2011).

A análise de viabilidade financeira da maioria dos trabalhos em que os sistemas agroflorestais são o foco é realizada com métodos tradicionais: Valor Presente Líquido – VPL (SOUZA *et al.*, 2007; BENTES – GAMA *et al.*, 2005) e Taxa Interna de Retorno – TIR (SANGUINO *et al.*, 2007, REZENDE & OLIVEIRA, 2008; PINTO, 2002).

Segundo Souza *et al.* (2007), os Sistemas Agroflorestais imobilizam recursos por um longo período de tempo e estão sujeitos a inúmeras incertezas relacionadas ao mercado consumidor como: variações nos preços dos produtos, condições bioedafoclimáticas, custos dos insumos, dentre outros. Por isso, é necessário que o planejamento, desde o preparo de solo para o início da implantação das culturas até a negociação do produto final, seja devidamente conduzido para que o investimento se torne economicamente viável.

A flexibilidade está presente em investimentos da área florestal como os sistemas agroflorestais, e, para essa classe, os métodos tradicionais de avaliação financeira de projetos utilizados podem não ser os mais indicados para avaliar corretamente o potencial de um projeto de investimento.

Pelo fato de investimentos em Sistemas Agroflorestais conterem diversas incertezas, conseqüentemente potencializando os riscos, que não são captadas pelos métodos tradicionais, Coelho Júnior *et al.*, em 2008, inseriram testes de probabilidade

baseado no Método Monte Carlo na tentativa de captar as volatilidades que influenciam diretamente a viabilidade financeira do projeto.

No entanto, os testes de probabilidade existentes para tratar apenas uma variável individualmente não são suficientemente confiáveis para determinar a viabilidade financeira de um projeto em relação às flexibilidades que são típicas em projetos agroflorestais.

Nesse contexto, Dixit & Pindyck (1994); Copeland & Antikarov (2001), Brandão, Dyer & Hahn (2005) concluíram em seus trabalhos que a Teoria das Opções Reais é o método mais indicado para tratamento dos dados em análises de investimentos que possuam variáveis não determinísticas. Assim, propiciando uma avaliação apropriada das oportunidades de investimento em capital (DAMODARAM, 2009).

Em sistemas agroflorestais, Frey *et al.*, em 2009, analisaram a opção de substituir culturas (agricultura para sistemas agroflorestais e, sistemas agroflorestais para agricultura convencional) tendo como foco o uso da terra e projetos excludentes. Em nenhum trabalho foi analisado a viabilidade financeira de sistemas agroflorestais com culturas não excludentes.

## **1.1 – JUSTIFICATIVA**

As incertezas inerentes aos investimentos em sistemas agroflorestais são muitas, a começar pelo preço dos produtos derivados das culturas que compõem o arranjo, que dependerá do foco e da necessidade da empresa naquele momento, renovação ou não de possíveis contratos de venda, até a tecnologia a ser utilizada.

As empresas que atuam neste segmento necessitam de processos e de ferramentas de gestão que priorizem a flexibilidade na tomada de decisão, não apenas pontualmente, mas na execução do projeto de investimento.

Brandão, Dyer & Hahn (2005) analisando investimentos em exploração de poços de petróleo, concluíram que os métodos tradicionais de análise de investimentos como o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) são incapazes de captar a volatilidade existente nesses projetos e é neste cenário que a Teoria das Opções Reais mostra-se com maior eficiência.

O principal objetivo dos responsáveis financeiros das empresas deve ser o de tomar decisões que maximizem os lucros em relação aos investimentos realizados. A

escolha de uma ferramenta adequada que capte a volatilidade da análise de investimentos no projeto é de extrema relevância (ANTONIK & ASSUNÇÃO, 2011).

Equívocos na avaliação proporcionados por métodos incapazes de incorporar os riscos podem resultar na rejeição de projetos viáveis ou mesmo na aceitação de projetos que depreciarão os ativos da empresa (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

### **1.1.1 – Hipótese:**

A análise de investimentos de Sistemas Agroflorestais utilizando a Teoria de Opções Reais proporciona a melhoria no controle dos riscos existentes em investimentos mediante a tomada de decisão.

### **1.1.2 – Objetivo**

O presente trabalho teve como objetivo geral aplicar o Método de Opções Reais na análise de investimento de um Sistema Agroflorestal composto por eucalipto destinado a serraria e geração de energia, soja e boi gordo com horizonte de quatorze anos.

Especificamente buscou-se por:

- 1 – Aplicar o método proposto Copeland & Antikarov (2001);
- 2 – Comparar os resultados com o método do Valor Presente Líquido;
- 3 – Determinar o valor da flexibilidade do projeto.

## 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 – SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF)

O termo SAF se refere a um conjunto de tecnologias e sistemas de uso da terra, onde espécies florestais são utilizadas em conjunto com as culturas agrícolas e/ ou atividades pecuárias numa mesma área, dentro de um arranjo espacial e/ ou sequência temporal (INTERNATIONAL COUNCIL OF RESEARCH IN AGROFORESTRY - ICRAF, 1998).

Segundo Lopes (2001), os sistemas agroflorestais são compostos por, no mínimo, duas espécies, sendo pelo menos uma perene e envolvem interações ecológicas, econômicas e geram benefícios variados em ciclos sempre superiores a um ano.

De acordo com Saguino *et al.* (2007), entre as alternativas existentes para o uso da terra, está o Sistema Agroflorestal, que contempla a produção de alimentos e a preservação ambiental (OLIVEIRA & VOSTI, 1997).

Os arranjos agrossilvipastoris vêm se tornando cada vez mais um importante sistema de produção, atraindo produtores pelas inúmeras vantagens ecológicas e econômicas (FLICK, 2011).

A diversificação de cultivos mediante os SAFs é uma fonte estratégica de produção de alimentos diante do monocultivo em pequena escala ou em escala empresarial, embora estes também estejam suscetíveis às variações do desempenho das culturas selecionadas, bem como às flutuações dos preços de mercado, entre outros fatores tecnológicos e financeiros (RAMÍREZ *et al.*, 2001).

De acordo com Lopes (2001), os SAFs são sistemas que geralmente necessitam de baixo capital para sua manutenção e produzem, pela sua miscelânea de espécies, uma gama de produtos maior do que os sistemas de monocultivos (alimentos, madeira), além dos benefícios ambientais como: aumento/manutenção dos níveis de biodiversidade, conservação da fertilidade e da biofísica do solo, abrigo da fauna, espaço de lazer, controle de erosão e estabilização de regime hídrico.

Para Oliveira (2009), antes da implantação de um consórcio comercial é ideal que haja um planejamento técnico e análise de viabilidade financeira prévia para que fiquem bem especificadas quais espécies comporão o sistema e as perspectivas de

retorno do investimento com suas devidas volatilidades (ARCO-VERDE, SILVA & MOURÃO JÚNIOR, 2009).

Segundo Bentes Gama *et al.* (2005), estudos específicos sobre a viabilidade financeira de investimento de sistemas agroflorestais (SAFs), como alternativa para a diversificação da produção e renda e recuperação ambiental em regiões onde se pratica a agricultura pura (monocultura) têm sido cada vez mais necessários.

Mesmo com diversos autores concordando que os SAFs apresentam vantagens ecológicas e podem reduzir o risco de investimento em uma só cultura, constata-se que estes representam uma atividade complexa que apresenta tantos riscos e incertezas como outras atividades agrícolas e florestais mais conhecidas (BENTES – GAMA, 2005).

Oliveira (2009) afirmou que no Brasil as pesquisas realizadas em SAFs abordam os aspectos biofísicos, ecológicos e sociais em sua maioria, deixando uma lacuna em relação aos aspectos financeiros e, a demanda por essas informações escassas tem crescido em função das alternativas de diversificação de produção e renda proporcionada pelos sistemas Agroflorestais (WADT, KAINER & GOMES, 2005).

De acordo com Flick (2011) partindo daí a importância de se fazerem avaliações financeiras sob condições de risco para subsidiar os agentes de financiamento, técnicos e produtores nesse tipo de investimento.

Segundo Labarta-Chavarri & Lansing (2005), os níveis de avaliação dos SAFs, dependem dos indicadores financeiros, de indicadores do produtor e avaliação dos impactos ambientais. É importante considerar, também, na análise de investimentos os diversos componentes inter-relacionados em tempo e espaço que os SAFs possuem e que a natureza dos sistemas requer uma avaliação de rentabilidade financeira diferenciada.

Silva (2000) e Santos (2000), em suas análises financeiras de projetos com SAFs confirmaram que as associações de cultivos arbóreos, perenes e anuais proporcionam uma rápida recuperação do capital investido, com geração de renda imediata nos primeiros anos pela comercialização de culturas agrícolas de ciclos curto e médio, venda dos produtos pecuários, e ao longo da duração do sistema com a venda de diversos produtos, havendo destaque para a produção de madeira.

Na avaliação de projetos de sistemas agroflorestais, os pontos mais importantes e muitas vezes mais difíceis de serem obtidos se referem à quantificação dos custos,

receitas, taxas de desconto e, na maioria dos casos, a riscos e incertezas associadas ao investimento (BARROS, 2005).

Frey *et al.* (2009) afirmam que a modelagem pelas opções reais tornou-se muito importante e utilizada na economia florestal<sup>1</sup> na última década e tem sido utilizada para estimar rotações ideais de colheita e regimes de desbaste pelo fato da colheita da madeira ser uma decisão flexível, podendo aguardar condições futuras ideais.

## 2.2 – TAXA DE DESCONTO E RISCO DE UM INVESTIMENTO

A necessidade em compreender e até certo ponto mensurar o risco e o retorno de qualquer investimento é o pressuposto inicial para a avaliação de investimento, pois se o ambiente que circunda as organizações fosse isento de riscos não haveria necessidade em avaliar investimentos (ROSS, WESTERFIELD & JAFFE, 2002).

De acordo com Santos (2004), essa situação é tão utópica, cuja abstração é de difícil representação, pois o componente risco é algo intrínseco a todas as atividades humanas, inclusive a sua própria natureza.

Segundo Olivares (2002), as incertezas quanto ao futuro do investimento é o fator mais complexo na mensuração dos riscos, pois envolve as incertezas do projeto no escopo operacional, político e econômico, que ocasionarão diferentes resultados do mesmo projeto.

As opções de oportunidades de investimentos são valiosas e, para a maioria das empresas, grande parte do seu valor de mercado é derivado das suas opções de investir e crescer no futuro, e não da sua base de capital atual (DIXIT & PINDYCK, 1994).

As incertezas quanto ao futuro dos projetos, que necessitam de um horizonte de planejamento longo para sua maturação e significativos investimentos, influenciam decisivamente os administradores na tomada de decisão, por determinarem a continuidade da organização em virtude da competitividade (SANTOS, 2004).

---

1. Definida por Silva, Jacovine & Valverde (2002) como o ramo da ciência que trata da utilização racional de recursos com vistas à produção, à distribuição e ao consumo de bens e serviços florestais e, procura resolver problemas econômicos do setor florestal, como compra, venda, taxaço e manejo da floresta e seus produtos.

A incerteza deve ser levada em conta por ser importante para a avaliação de um investimento, pois estabelece a ligação entre aquisição de informações ao longo do tempo e o valor do projeto (MICALIZZI & TRIGEORGIS, 1999).

Para Souza Neto, Oliveira & Bergamini Júnior (2008), a análise de investimentos utilizando a opção real é uma ferramenta que auxilia a quantificar os riscos, por meio de uma perspectiva financeira, o valor de opções estratégicas.

Segundo Damodaran (2009), todas as técnicas existentes para avaliação de risco preconizam o risco de perdas e ignoram o componente da oportunidade no risco, e, as opções reais são as únicas que dão lugar de destaque para o potencial das oportunidades associado ao risco considerando a incerteza um valor adicional para aqueles que se preparam para tirar vantagens dela.

O caráter dinâmico da Teoria das Opções Reais permite a realização de análises mais realistas, uma vez que valora a tomada de decisão por períodos e proporciona uma visão detalhada do investimento e suas incertezas (INGERSOLL & ROSS, 1992).

De acordo com Majd & Pindyck (1987), na avaliação de opções reais uma maior incerteza significa uma maior espera para a realização dos investimentos como consequência de um prêmio maior cobrado sobre retornos para compensar o risco, expressados sob a forma dos valores críticos dos projetos (ROSS, WESTERFIELD & JAFFE, 2002; GRENADIER 2002; GITMAN & MADURA, 2003).

Segundo Dixit & Pindyck (1994), a teoria das opções reais proporciona ao administrador a flexibilidade de tomar decisões à medida que as informações e as incertezas do fluxo de caixa vão se revelando, de forma que os retornos esperados sejam maximizados ou perdas sejam minimizadas (BRANDÃO, DYER & HAHN, 2005).

Amaro de Matos (2001) cita que as incertezas de um negócio são incorporadas em sua taxa de desconto. No entanto, se as circunstâncias tornarem-se desfavoráveis, o administrador pode efetuar correções de rumo, eliminando os resultados ruins. Com a existência de opcionalidade faz com que a taxa de desconto não precise ser tão elevada (BRENNAN & SHWARTZ, 1985).

De acordo com Copeland & Antikarov (2001), uma das questões mais debatidas na avaliação de projetos é a escolha da taxa de desconto e, portanto, da atribuição de um nível de risco ao projeto.

Não é fácil saber a taxa de desconto a ser aplicada sobre os retornos esperados da opção no mundo real, pois uma opção é mais arriscada do que seu ativo subjacente

(possui maior incerteza), exigindo por isso uma taxa de desconto maior (BISH & WANG, 2004).

Se a opção for transacionada no mercado, seu valor é conhecido e pode-se obter de forma inversa a taxa de desconto a ser utilizada. Mas existem alternativas mais simples de apreçamento de opções que dispensam esta estimativa e de outras variáveis, como por exemplo, as probabilidades reais dessa taxa ocorrer (FLEISCHMANN, FERBER & HENRICH, 2006).

Segundo Tosta de Sá (1999), a primeira vez que se analisaram, estatisticamente, os investimentos no mercado financeiro, sob um ponto de vista que pode realmente ser considerado técnico, foi na década de 20 nos Estados Unidos devido ao otimismo e as constantes altas das ações americanas.

Após a crise de 1929 e ao longo da década de 30 ocorreu a consolidação do mercado de capitais para a economia em geral, com isso houve um maior cuidado no tratamento da análise do risco em investimentos. O mercado de ações passa a ser mais transparente e aberto (IUBEL, 2008).

De acordo com Andrade (2000), o risco pode ser definido como uma estimativa do grau de incerteza que se tem com respeito à realização de resultados desejados. Desta forma, se a faixa de valores previsíveis para um determinado investimento for muito grande, o grau de risco do investimento também será elevado.

Para Antonik & Assunção (2011), o risco é a probabilidade de haver variações nos resultados previstos, não importando se essas variações são para mais ou para menos. A preocupação com a incerteza é maior quando as variações podem trazer prejuízos ou frustrar determinado empreendimento (LISBOA, 2011; LEMES JÚNIOR, RIGO & CHEROBIM, 2002, DAMODARAN, 2006).

Para Silva (2003), os retornos esperados podem variar em função de inúmeros fatores: o gerenciamento do projeto, disponibilidade de matéria-prima e mão-de-obra adequada, comportamento do mercado consumidor, variação na legislação do setor, políticas econômicas e evolução dos mercados internacionais, determinado assim, o risco do investimento (IUBEL, 2008).

Segundo Rigolon (1999) 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 possa ser completa de modo a eliminar toda a incerteza). Pode-se vivenciar parte do projeto e então decidir se continua ou não a empreitada.

O mesmo autor ressalta que os dois últimos fatores estão intimamente interligados, já que a incerteza sobre o futuro impacta diretamente na possibilidade de adiamento do investimento na medida em que alterações nas “variáveis relevantes, como o preço do produto, o custo dos insumos, a taxa de juros, a taxa de câmbio, a oferta de crédito e a regulação” podem afetar a viabilidade de um projeto.

Os investimentos em ativos físicos têm os seus retornos expressos em fluxos de caixa do projeto, os quais estão sujeitos as condições de incertezas e, quando se pode quantificar as incertezas, têm-se situações de risco (ASSAF NETO, 2001; LOPES, 2001).

Mishkin (2000) define os tipos de riscos existentes e os fatores agrupados que os determinam:

- 1- O risco do empreendimento é o risco associado às escolhas administrativas da gerência da empresa na condução do empreendimento, como a escolha dos fornecedores, posicionamento do produto no mercado, treinamento de funcionários, nível salarial, política de estoques e nível de endividamento e investimento.
- 2- O risco de negócio está relacionado às atividades da empresa, mas afetam todas as empresas do ramo, concorrentes diretos e próximos. Os principais riscos de

negócios são: retração da demanda, escassez da matéria-prima e mão-de-obra, concorrência de produtos importados, obsolescência tecnológica e o impacto das ondas de fusões e aquisições.

- 3- O risco país vem do fato que investir nesse ou naquele país interfere nos resultados do empreendimento. As decisões de política econômica, as leis do país, as condições de estabilidade econômica e inflacionária causam variabilidade nos retornos esperados, à medida que muda as condições de financiamento do investimento e do capital de giro da atividade, alteram a carga fiscal do empreendimento, aumentam ou diminuem a renda disponível da população.

Sodal, Koekebakker & Aadland (2008) e Gitman (2004) definem dois principais riscos que são comumente utilizados em análises de projetos em agronegócios: o **Risco de Gestão**, que está associado ao grau de sucesso em empreendimentos similares, a competência técnica em produção e comercialização (incluindo-se aí a motivação para a inovação) e a saúde financeira do grupo em análise e o **Risco de Negócio**, que está associado a fatores não controláveis que afetam os agronegócios tais como o surgimento de barreiras alfandegárias, aspectos fitossanitários, variações além do limite nas condições climatológicas na época de plantio e de colheita e, principalmente, preços de mercados não competitivos em função de superoferta ou falta de qualidade do produto.

Em sua maioria, os investidores são avessos ao risco, pois, quando há a possibilidade de aumento no risco do investimento, exigem-se retornos mais elevados (FLICK, 2011).

Segundo Assaf Neto (2001) e Sanvicente (1997) a forma mais utilizada para avaliação do risco de mercado na teoria do investimento convencional é o Modelo de Formação do Preço de Ativos de Capital (CAPM).

No entanto, de acordo com Padilha (2003), o CAPM não é utilizado no Brasil diretamente, pois não existe uma boa *proxy* dos retornos do mercado por não ser suficientemente desenvolvido e diversificado.

Na abordagem tradicional, o impacto da incerteza ou risco é unidirecional: quanto maior a incerteza, menor o valor do projeto. No caso das opções reais, a incerteza aumenta o valor da opção (DIAS, 2006).

No caso das opções reais, como o ativo subjacente costuma não ser transacionado em mercados de conhecimento público, é necessário encontrar uma

variável substituta (*Proxy*) – é o maior problema teórico associado à análise de opções reais. Essa variável pode ser obtida por uma simulação pelo Método de Monte Carlo do valor do projeto, outro ativo transacionado em mercados de conhecimento público ou um portfólio sintético de ativos (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

Segundo Securato (1993) e Damodaran (2009), os riscos envolvidos podem ser entendidos como a probabilidade de perda ou de ser obtida rentabilidade inferior àquela considerada para deflagrar a decisão de investir, medida pelo desvio padrão do retorno dos ativos.

Um dos desafios da administração estratégica é o de avaliar os riscos de projetos, isso porque os novos investimentos exigem um cuidado na alocação dos recursos considerando os mesmos como escassos para toda organização. E é nesse sentido que as opções reais de um investimento podem contribuir nas decisões estratégicas da empresa (IUBEL, 2008).

## **2.3 – TEORIA DAS OPÇÕES REAIS**

### **2.3.1 – Definições e Conceitos**

De acordo com Amaran & Kulatilaka (1999) o tema original “Opções Reais” pode ser atribuído ao Professor Stewart Myers, primeiro a identificar que muitos dos ativos reais podiam ser analisados sob perspectiva das opções financeiras. Surgiu da insatisfação dos administradores, estrategistas e acadêmicos com as técnicas tradicionais de análise de projetos de investimento (MARTINEZ, 1998; HULL, 1998).

Segundo Copeland (2002), a análise de opções reais é uma das idéias mais importantes em finanças corporativas surgidas nos últimos 30 anos, é uma das mais novas e para decisões de investimento com horizontes de mais de um período, é superior à abordagem do Valor Presente Líquido.

A Teoria das Opções Reais (TOR) é derivada das opções financeiras, que teve sua utilização inicial no mercado financeiro e visava atender a necessidade de produtores agrícolas em buscar uma forma de garantir um preço pelas suas colheitas futuras (ALVAREZ & JERMANN, 2005; LEUNG & KWOK, 2010).

Segundo Baskshi, Carr & Wu (2008) os produtores buscavam vender no mercado a colheita futura por um preço já estabelecido e encontravam nos investidores

possíveis compradores desse direito, que buscavam auferir lucros utilizando sua *expertise* em determinar o valor futuro desses ativos.

Apesar das enormes diferenças entre os campos de atuação, a TOR trouxe conceitos e características das opções financeiras, resguardando as diferenças para a modelagem matemática utilizada em ativos reais (THIJSSSEN, HUISMAN & KORT, 2006).

Modelos como as opções financeiras, as opções reais dependem de seis variáveis básicas (SOUZA NETO, OLIVEIRA & BERGAMINI JÚNIOR, 2008):

1. *Ativo subjacente sujeito ao risco (ASSR)*: No caso das opções financeiras, é um valor mobiliário, como, por exemplo, uma ação ordinária ou um título. No caso das opções reais, é o valor do ativo real sem considerar as flexibilidades gerenciais (pode ser o valor de um projeto, de uma aquisição, de uma concessão adquirida). Quanto maior o valor do ASSR, maior o valor da opção. Diferentemente das opções financeiras, em que o titular não influencia o valor do ativo, nas opções reais os gestores podem aumentar o valor dos projetos através de decisões assertivas.
2. *Preço do exercício*: No caso das opções financeiras, é o valor da ação no momento de sua maturidade. No caso das opções reais, é o montante necessário que deve ser investido para realizar a opção. Por exemplo, é comum o preço do exercício ser o valor do investimento necessário para se seguir adiante com o projeto. No caso da opção de compra, à medida que o preço do exercício aumenta, o valor da opção diminui.
3. *Prazo de vencimento da opção*: É o período pelo qual a opção está disponível. No caso das opções financeiras, esse prazo é negociado no momento da contratação; no caso das opções reais, o período depende das características do ASSR, por exemplo, a concessão de exploração de uma mina cedida pelo governo por cinco anos.
4. *Desvio padrão do valor do ASSR*: É a medida da volatilidade do ASSR, ou seja, os riscos e as incertezas relativos ao retorno futuro esperado do investimento. O valor da opção aumenta quanto maior for a volatilidade do ativo. No caso das opções financeiras, é mais fácil a sua estimativa, pois, em geral, o preço dos ativos negociados é observável, podendo-se estimar a variância de seus retornos. No caso das opções reais, e essa é a maior dificuldade no processo de cálculo, em geral, os ativos (projetos, aquisições) são negociados no mercado, portanto, é

necessário recorrer a simulações das variáveis para estimar a volatilidade do projeto. Outra alternativa à solução dessa dificuldade é recorrer à busca de *proxies* no mercado, ou seja, empresas ou ativos que tenham ações também negociadas em bolsa e que se assemelhem em volatilidade ao ASSR em análise.

5. *Taxa de juros livre de risco*: É a taxa esperada livre de risco. À medida que a taxa aumenta, o valor da opção também aumenta, já que o valor do preço do exercício é realizado no futuro.
6. *Dividendos*: No caso de opções reais, são fluxos de caixa descontados futuros produzidos pelo projeto. Quando existe dividendo, o valor do projeto diminui, e, portanto, o valor da opção.

As opções reais são analogias das chamadas opções financeiras, que é um contrato que dá ao seu titular o direito, sem uma associada obrigação, de comprar (*call option*) ou vender (*put option*) um ativo financeiro por um preço predeterminado em um período de tempo preestabelecido, mas não podem ser definidas como uma simples adaptação (MANFRINATO, FIGUEIREDO NETO & CREPALDI, 2003).

Kensinger (1987) retifica que é possível fazer uma analogia entre as opções reais de um investimento e desse modo pode-se comparar e avaliar analogamente os casos de riscos de um investimento em infra-estrutura e do risco presente em outras oportunidades de alocação de recursos (LUEHRMAN, 1998), demonstrado Figura 1:

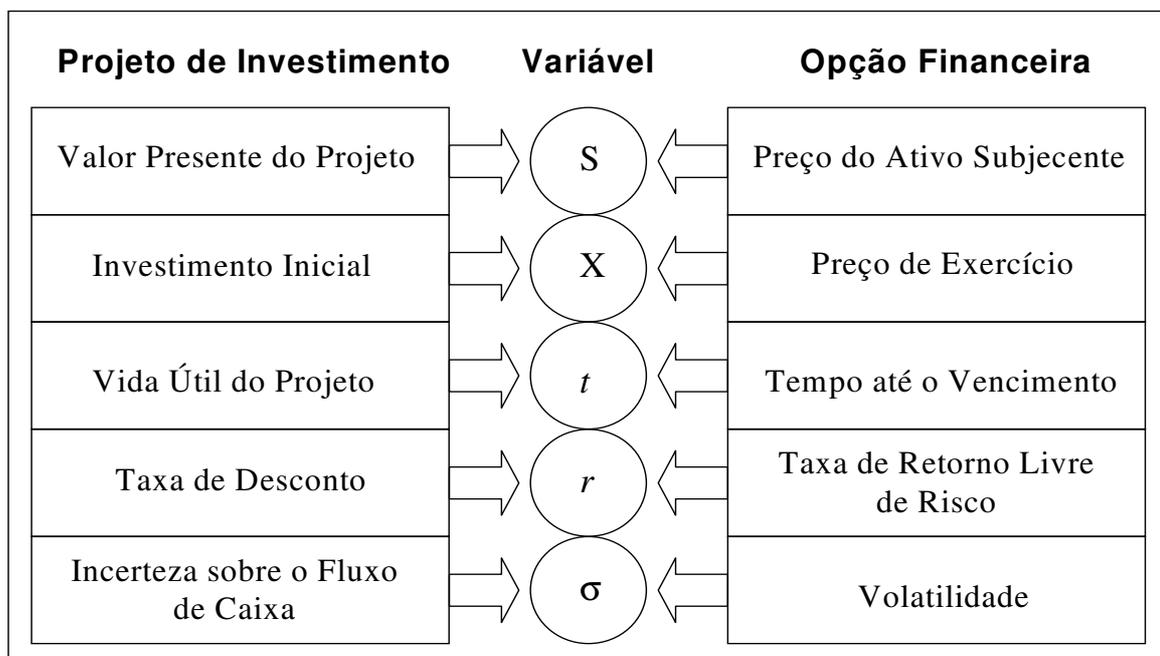


Figura 1 - Analogia entre um Projeto de Investimento e uma Opção financeira

Martinez (1998) afirma que o valor corrente de uma ação na opção financeira pode ser comparado ao valor presente do fluxo de caixa no caso das opções reais; o preço de exercício pode ser comparado com o custo do investimento e o tempo para o vencimento de ações pode ser considerado análogo ao tempo até a oportunidade desaparecer no caso das opções reais.

Além disso, a incerteza do valor da ação pode ser considerada como equivalente à incerteza do projeto avaliado pela TOR, já a taxa de juros sem risco das opções financeiras pode ser comparada à mesma taxa existente em um investimento qualquer (IUBEL, 2008).

Monteiro (2003) realizou a equiparação das variáveis e argumentou que tais opções podem ser mensuradas com maior facilidade em virtude da correspondência entre as variáveis financeiras básicas e de algumas variáveis importantes na consideração das opções reais, conforme Quadro 1, a seguir:

<b>OPÇÃO FINANCEIRA</b>	<b>OPÇÃO REAL</b>
Preço do ativo subjacente (S)	Valor presente esperado de um investimento real
Preço de exercício (X)	Valor do investimento no projeto
Taxa de dividendos da ação	Fluxo de caixa gerado pelo projeto
Tempo até o vencimento ou tempo de expiração da opção (t)	Tempo até o vencimento do projeto ou tempo de expiração da oportunidade de investimento
Taxa de juros (r)	Valor do dinheiro no tempo (*TMA ou **TRL)
Volatilidade dos retornos da ação ( $\sigma^2$ )	Incerteza (volatilidade) sobre o valor presente do projeto

Quadro 1 - Variáveis básicas – Opções financeiras versus opções reais (MONTEIRO, 2003)

\*TMA – Taxa Mínima de Atratividade; \*\*TRL – Taxa Livre de Risco.

Rigolon (1999) e Padilha (2003) definem algumas diferenças entre opções financeiras e opções reais: 1. As financeiras têm vida mais curta (no máximo um ano) que as reais; 2. O ativo-objeto não pode ser comercializado e não é divisível (isso prejudica o cálculo de parâmetros, como a volatilidade e a formação de carteiras de *hedge*); 3. As opções reais são, em geral, compostas (por exemplo: expandir ou abandonar); 4. As opções financeiras são exclusivas, enquanto as reais podem ser compartilhadas com concorrentes.

Rochman (2000) salienta que a condição necessária para o uso da teoria de opções financeiras na avaliação de opções reais é a existência de um ativo financeiro que seja perfeitamente relacionado com o ativo-objeto que não é negociado.

Para Copeland & Antikarov (2005), as condições podem ser: o preço do produto, a taxa de juros, a taxa de câmbio, o custo do investimento, a oferta de crédito e a regulação, sendo que a incerteza no comportamento destes é determinante no investimento e afetam o valor da opção.

Iubel (2008) retifica que a incerteza do valor da ação pode ser considerada como equivalente à incerteza do projeto avaliado pela Teoria das Opções Reais. Já a taxa de juros sem risco das ações financeiras pode ser comparada à mesma taxa existente em um investimento qualquer.

A criação de valor e a posição competitiva da empresa são influenciadas pelas decisões de utilização dos recursos e pela avaliação das possibilidades de investimento. Devido a isso, por meio da equivalência entre oportunidades de investimento, as organizações estabelecem a relação direta entre as opções reais e as opções financeiras para análise de seus projetos (TRIGEORGIS, 1996).

Segundo Cheng (2007), para existir uma opção real são necessárias três condições básicas:

- Irreversibilidade: o projeto é parcialmente ou totalmente irreversível, isto é, não é possível recuperar todo o investimento inicial caso haja mudança de planos.

- Incerteza: a respeito dos retornos futuros do investimento, o fluxo de caixa não é fixo e conhecido de antemão.

- Possibilidade de reavaliação: é possível postergar a ação para obter mais informações sobre o futuro.

Segundo Pindyck (1991) o problema é que para opções reais fica difícil de atribuir valores para os parâmetros porque não são comercializados em mercados, o que torna difícil calcular a variância.

Opções reais também não apresentam preços de exercício pré-especificados, bem como também, datas para maturação (o preço de exercício e data de vencimento são fatores que estão, pelo menos em parte, sob o controle da empresa que está criando a opção real) (GRANADIER, 2002).

Segundo Barney (2007), a variância no preço do ativo subjacente corresponde à incerteza sobre os fluxos de caixa reais (deflacionados) que uma opção real gerará

caso seja exercida. O nível de incerteza associado ao fluxo de caixa de uma opção real geralmente não é conhecido quando ela é criada.

Devido a todas essas dificuldades em criar equivalências entre as opções financeiras e as opções reais, o precursor de uma série de artigos e desenvolvimento de outros modelos que tratam do apuração de vários tipos de opções foi o modelo Black-Scholes que expôs pela primeira vez uma solução fechada para o preço de equilíbrio de uma opção de compra (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Para Basso (2007), o valor de uma opção financeira depende de cinco variáveis: 1 – o valor do ativo subjacente, S (por exemplo, o valor da ação na qual uma opção acionária é lançada); 2 – o preço de exercício da opção, X; 3 – o tempo para a maturidade de uma opção, T; 4 – a variância no preço do ativo no qual uma opção é escrita,  $s^2$  e 5 – a taxa de juros livre de risco,  $r_f$ .

Estas variáveis compõem o valor de uma opção financeira na famosa fórmula de Black-Scholes (1973), conforme equação 1:

$$c = SN(d_1) - [Xe^{-r_f T}N(d_2)] \quad (1)$$

Onde:

$c$  = o valor desta opção;

$S$  = o valor do ativo subjacente;

$X$  = preço de exercício da opção;

$T$  = tempo até a maturidade;

$r_f$  = taxa livre de risco;

$\sigma^2$  = variância no preço do ativo subjacente;

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + r_f T}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{1}{2}\sigma\sqrt{T} \quad (2)$$

e,

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (3)$$

$N(d_1)$  e  $N(d_2)$  são as áreas acumuladas das densidades de probabilidade  $d_1$  e  $d_2$  (BOLLERSLEV, CHOU & KRONER, 1992). O Quadro 2, apresenta a correspondência entre os parâmetros das opções financeiras e reais.

Correspondência entre os Parâmetros para cálculo de Opções Financeiras e os de Opções reais e relações esperadas entre variações nos parâmetros e valor da opção real

<b>Opção Financeira</b>	<b>Opção Real</b>	<b>Impacto no Valor da Opção Real</b>
<b>Parâmetro</b>	<b>Analogia</b>	
Preço de exercício: X	Quantia de dinheiro que uma empresa vai ter que investir se e quando ela tiver que exercer a opção.	Quanto menor o preço de exercício, tanto maior o valor de uma opção real.
Preço do ativo subjacente: S	Valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo ativo construído ou adquirido se quando a empresa exercer a opção real.	Quanto maior o fluxo de caixa gerado ao exercer a opção, tanto maior o valor da opção.
Tempo para maturidade: T	Período de tempo que uma decisão para investir pode ser adiada.	Quanto mais longo o período de tempo até a maturidade, tanto maior o valor da opção.
Taxa de juros livre de risco: $r_f$	Taxa de juros livre de risco	Quanto maior a taxa livre de risco, tanto maior o valor da opção real.
Variância no preço do ativo subjacente (associado com incerteza dos fluxos de caixa em uma opção real) $\sigma^2$	Incerteza no fluxo de caixa associado com o investimento postergado	Quanto maior a incerteza sobre os fluxos de caixa futuros, tanto maior o valor da opção real.

Quadro 2 - Comparação dos parâmetros de opção financeira X opção real. (COPELAND & ANTIKAROV)

### 2.3.2 – Modelo de Black & Scholes (B & S)

Não havia modelo matemático para determinar o valor da opção. O modelo de precificação desenvolvido por Fischer Black & Myron Scholes em 1973, conhecido como Modelo Black & Scholes, ou B&S, também é aplicável às opções reais e tratou do valor de uma opção de compra do tipo europeia (PINHEIRO, SOUSA & SAVOLA, 2010).

Os dois autores utilizaram como objeto de estudo a opção de compra do tipo europeia por suas características peculiares: exercida sobre um objeto; sem pagamento de remuneração ou dividendo; poderia ser negociada no mercado à vista, com preço determinado pela lei de oferta e demanda (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

Silva & Macedo (2003) e Minardi (2004) relatam que, para elaboração do estudo realizado, seguiram-se os seguintes parâmetros: preço das ações, preço de exercício, taxa de juros sem risco, prazo até o vencimento da opção e a volatilidade, considerados como constantes no modelo.

Damodaran (2002), no entanto, estabelece uma restrição, já que o modelo B&S é aplicável às opções europeias e o problema das opções reais requer, por vezes, o exercício antecipado como ocorre nas opções americanas.

Damodaran (2008) faz algumas considerações sobre a aplicabilidade da teoria de B&S para o problema da avaliação de projetos já que os modelos de precificação de opções requerem que:

- O preço do ativo objeto seja amplamente conhecido (p.ex., ações negociadas em bolsa de valores). Nas opções reais o valor do ativo objeto é calculado com base no fluxo de caixa previsto, isto é, baseia-se em premissas subjetivas;
- Não haja oscilações bruscas em seu preço, o que pode ocorrer com as opções reais;
- A variância seja conhecida e constante: razoável para opções de curto prazo, embora as opções reais sejam de longo prazo;
- O exercício seja instantâneo. No caso de opções reais, o exercício dá-se ao longo do tempo necessário para implantar o projeto em questão, o que pode levar meses.

A intuição básica explorada por este tipo de metodologia é a seguinte: os fluxos de caixa do projeto evoluem de forma estocástica (Movimentos Brownianos) ao longo do tempo e os custos de implementação estão associados às características específicas da firma que realiza o investimento, logo podem ser considerados irreversíveis (MASCARENHAS FILHO, 2011; COPELAND & ANTIKAROV, 2002).

De acordo com Zhu & Weyant (2003), na presença de incerteza em relação aos lucros de longo prazo existe um valor associado à opção de adiar a decisão sobre a realização do investimento em busca de novas informações sobre preços, estrutura de custos e outras características do mercado de atuação da firma antes de comprometer os recursos.

Schio (2009) conclui que o vendedor de uma opção está negociando um direito de compra ou venda de um ativo para que alguém (o comprador da opção) faça algo em data futura a suas custas. O comprador paga em data presente o prêmio, ou preço da opção, sendo essa a remuneração do vendedor do título, por ter assumido a responsabilidade de tomar uma posição no mercado em data futura se assim solicitar o comprador da opção (MINARDI, 2004).

Mun (2002), afirma que a flexibilidade em exercer ou abandonar opções em diferentes períodos do fluxo de caixa, quando o grau de incerteza se dilui, é o que faz a teoria das opções reais tão valiosa para avaliar tomadas de decisão estratégicas. Brach (2003) acrescenta que essa flexibilidade gerencial torna as decisões mais realistas.

Segundo Brandão & Saraiva (2006), a empresa tomará decisões de investimento e decisões operacionais, com relação a um projeto, durante toda a vida deste e ao avaliar um projeto hoje, supõe-se que as decisões futuras serão ótimas, contudo, não se sabe ainda quais serão estas decisões, uma vez que grande parte das informações ainda está por ser descoberta.

Desta forma, a possibilidade de adiar o investimento consiste numa opção importante e que não deve ser desconsiderada ao avaliar um projeto de investimento (ROSS, WESTERFIELD & JAFFE, 2002).

### **2.3.3 – As Flexibilidades nas Opções Reais - Volatilidade**

Para Myers (1977), Dixit & Pindyck (1994), Damodaran (2000), as flexibilidades nas decisões gerenciais não são captadas na tradicional metodologia usada pela maioria das empresas, que é a abordagem do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), o diferencial apresentado pela TOR é exatamente incluir o valor da incerteza e da flexibilidade na análise de viabilidade dos investimentos.

Para Trigeorgis (2000), a flexibilidade tem valor e por mais que isso seja óbvio, é complexa. E, para o mesmo autor, as técnicas tradicionais de análise de investimento – fluxo de caixa descontado, simulação Monte Carlo e Árvores de Decisão – não conseguem refletir por completo essa flexibilidade, mas, os modelos baseados em opções são sensíveis à flexibilidade nas decisões de alocação de recursos.

A análise de Opções Reais não é apenas um método, mas também uma nova forma de encarar a dinâmica da decisão de investir, também permite perceber quais os riscos e volatilidades que uma empresa pode assumir com tranquilidade (COPELAND & ANTIKAROV, 2001; DAMODARAN, 2006).

De acordo com Schio (2009), a volatilidade pode ser compreendida como a velocidade de mudança de preço do mercado de uma determinada ação, ou seja, a possibilidade do ativo objeto sofrer uma grande oscilação direcional para cima ou para baixo.

Para Matos (2001) a definição da volatilidade requer maior reflexão, já que o valor de uma opção real é uma função da variabilidade o VPL dos fluxos de caixa gerados; ou seja, da variabilidade do valor da firma. O problema se agrava quando se considera um projeto ou empresa nova, sem histórico.

Segundo Dixit & Pindyck (1994), a volatilidade é uma tentativa matemática de mensurar a incerteza em relação aos retornos proporcionados pela ação. De todos os fatores que alteram o preço da opção a volatilidade é o mais subjetivo, e por isso, a mais difícil de medir e compreender (COPELAND & ANTIKAROV, 2001, DAMODARAN, 2002, IUBEL, 2008).

A volatilidade é medida pela raiz quadrada da variância da série da variável em estudo, nada mais nada menos que a variação de preço referente a um desvio padrão da média expresso em porcentagem, por um período de tempo predeterminado (HULL, 1996).

Block (2007) e Chen, Zhang & Lai (2009) classificam a volatilidade do seguinte modo:

1. Volatilidade futura: trata-se da velocidade do preço do ativo no futuro, ou seja, é a distribuição normal futura dos preços que o ativo pode assumir, contudo como não se pode ter certeza do futuro, essa volatilidade não é considerada para efeitos de cálculos.
2. Volatilidade histórica: é alcançada quando se lança mão do preço do ativo no passado, num período determinado de tempo, e por meio de ferramentas estatísticas. Como a variância é determinada pela volatilidade do ativo, verifica-se as limitações do método a começar pela escolha do período a ser analisado e por não conseguir captar com toda segurança as variáveis futuras, em muitas ocasiões desconhecidas no momento da análise.
3. Volatilidade implícita: também conhecida como previsão de mercado, procura determinar o valor do parâmetro de volatilidade que iguala o valor teórico de uma carteira com o preço do mercado do ativo. Assim, se considera a expectativa do mercado sobre a volatilidade daquela carteira, incorporando as informações do passado.
4. Volatilidade sazonal: característica marcante de *commodities* agrícolas que apresentam uma variação “conhecida” em virtude de mudanças climáticas e períodos de “entre safras”.

Para Antonik (2005), a análise pelo método das opções reais é um 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, definida sinteticamente:

$$\text{VPL Total Final} = \text{VPL do Projeto} + \text{VPL das Opções Reais}$$

Brasil *et al.* (2007) ressalta que ao observar a equação “projetos que apresentam valor presente negativo podem ser eventualmente viáveis, caso não tenham sido contempladas as flexibilidades embutidas no processo de avaliação

De acordo com Dixit & Pindyck (1994) uma firma com uma oportunidade de investimento irreversível carrega uma opção de investir no futuro (ou de esperar); ela tem o direito – mas não a obrigação – de comprar um ativo (o projeto) no futuro, a um preço de exercício (o investimento). Quando a firma investe, ela exerce a opção e paga um custo de oportunidade igual ao seu valor (PEREIRA & ARMADA, 2001).

Para Antonik (2005) a teoria de opções reais traz uma abordagem baseada na incerteza dos projetos de investimentos, especialmente porque esse tipo de análise, por trabalhar com cenários e condições que se desenvolvem no futuro, são extremamente carregadas de ambientes incertos e condições que podem ou não se realizar.

A maior parte do desafio de se considerar a abordagem das opções nas estratégias se esbarra na identificação da gama total de opções que se possui, separando-as umas das outras e dedicando-se qual é a de maior valor (AMRAM & KULATILAKA, 1999).

Uma opção representa o direito de escolha após a revelação de novas informações. Em termos corporativos, estas escolhas são consequências das incertezas que, por sua vez, derivam de fontes externas e internas, podendo ser divididas em categorias como dinâmica de mercado, incertezas políticas ou regulatórias, capacidades organizacionais, conhecimento e evolução do mercado competitivo (BRACH, 2003; NOGUEIRA *et al.*, 2006).

#### **2.3.4 – Trabalhos com Opções Reais**

A análise de oportunidades de investimento como opções é o produto de mais de uma década de pesquisa por diversos economistas, e é um tópico ainda muito ativo nas publicações acadêmicas (KERR, MARTIN & BASSO, 2009).

Uma das primeiras aplicações surgiu com Pindyck (1984) que introduziu o uso da Teoria de Opções Reais para precificar um recurso renovável com direito de propriedade.

Tourinho (1979) empregou a Teoria das Opções Reais e mostra que reservas de recursos naturais podem ser vistas como opções sobre a produção daquele recurso e precificadas de acordo.

Em seguida em 1985, Brennan & Schwartz aplicaram os métodos da TOR na área de investimentos em recursos naturais, analisando a opção de parada ou abandono de uma mina, em que incertezas sobre as receitas futuras de um projeto são cruciais e políticas ótimas de decisões quanto ao desenvolvimento, operação e abandono são necessárias.

Logo em seguida Paddock, Siegel & Smith (1988) utilizaram a teoria das opções reais para avaliar o *timing* do desenvolvimento de um investimento, demonstrando, empiricamente, que a avaliação por meio da TOR levaria a resultados melhores do que pelo método VPL tradicional.

Morck, Schwartz & Stangeland (1989) empregam a TOR para valorar uma concessão hipotética de pinheiros em Alberta, Canadá, considerando estoques de madeira (volumetria) e preços estocásticos, com a metodologia desenvolvida pelos próprios autores, denominada MSS.

Um processo estocástico é uma variável que se desenvolve no tempo de uma maneira que é pelo menos parcialmente aleatória e imprevisível. De maneira mais formal, um processo estocástico é definido por uma lei de probabilidade para a evolução de uma variável  $\chi$  durante um tempo  $t$  (DIXIT & PINDYCK, 1994). Uma forma que é utilizada para descrever a variável estocástica é o processo proposto por Wiener que tem as seguintes propriedades, segundo Tomiya (2004):

- a) O processo Wiener é um Processo de Markov, a distribuição de probabilidade para todos os valores futuros do processo depende apenas do seu valor corrente (valor de hoje) e não é afetado por valores passados do processo ou por nenhuma outra informação corrente. Como resultado, o **valor corrente** do processo **é tudo** que se precisa **saber** para fazer a melhor **previsão** dos seus valores **futuros**;
- b) O processo Wiener tem incrementos independentes, a distribuição de probabilidade para uma mudança no processo sobre qualquer tempo é independente de qualquer outro intervalo;

c) Mudanças no processo sob qualquer intervalo finito de tempo são normalmente distribuídas, com a variância que cresce linearmente com o intervalo de tempo.

Segundo Dixit & Pindyck (1994) e Dias (1996), o processo Wiener pode ser usado como um bloco construtor para modelar uma variedade muito numerosa de variáveis que varia continuamente (ou quase continuamente) e estocasticamente sobre o tempo. Um desses modelos é o Movimento Geométrico Browniano (MGB) que é a base para a construção dos modelos de opções reais.

No Brasil, da mesma maneira que em outros países, a utilização tem sido feita em vários setores, como mostra DIAS (2005) que usou a TOR para avaliar investimentos sob condições de incerteza na exploração do petróleo.

Outro setor avaliado foi o Setor Elétrico no ano 2000 quando Castro analisou por meio da TOR, a flexibilidade de uma usina termoeletrica. Já em 2002, Gomes utilizou o método para verificar o melhor momento de se investir em termoeletricidade no Brasil.

A Teoria das Opções Reais é uma abordagem moderna para análise de ativos reais que complementa as ferramentas tradicionais de análise de viabilidade financeira, avaliando as incertezas presentes no fluxo de caixa do investimento e visualizando as oportunidades ao longo da vida útil do projeto, tais como opções de expandir ou abandonar um projeto (NORONHA, NORONHA & LEITE, 2010; DIXIT & PINDICK, 1994).

Segundo Myers (1977), Manfrinato, Figueiredo Neto & Crepaldi (2003), a afirmação de Dixit & Pindyck (1994) é correta à medida que o exercício de opção (investimento) possa ser irreversível e determinada organização sempre tenha a oportunidade de adiar o investimento, preservando o valor ou realizando outro investimento até que as condições de mercado se tornem favoráveis.

Copeland & Antikarov (2001) ressaltam que o conceito de opções, que é aplicado para determinado mercado financeiro, também pode ser utilizado na análise de um projeto de investimento em ativos fixos, como a construção de um edifício, que é considerado um conjunto de opções reais. Para calcular o valor de uma opção, um dos dados necessários é o valor da volatilidade do ativo subjacente (COPELAND & ANTIKAROV, 2002).

Segundo Dixit & Pindyck (1994) e Copeland & Antikarov (2001, 2005), é importante saber que o ativo subjacente tem lógica inversa ao preço de exercício (quanto maior o preço deste para uma opção de venda, mais valiosa é a opção; Para o

caso do ativo subjacente, quanto menor seu valor, maior é o valor da sua opção de *put*; Para as opções de *call*, ela é mais valiosa quanto menor for o preço de exercício e maior o valor do ativo subjacente).

Manfrinato, Figueiredo Neto & Crepaldi (2003) resumem os conceitos de *call*, *put*, ativo subjacente e preço de exercício da seguinte maneira:

- a) *Call* (opção de compra): Entende-se que o detentor da opção de *call* tem a possibilidade de compra. Não existe, no entanto, obrigação para realização da mesma. Esta compra pode ser realizada pelo preço de exercício em uma data determinada ou em um período anterior a essa mesma data (CARVALHAES, 2006).
- b) *Put* (opção de venda): A opção de *put* determina a existência de uma garantia de tráfego ou de receita para o investimento, ou seja, dá ao investidor o direito de vender. Porém, na opção de *put*, não há, necessariamente, a obrigação de venda e esta pode ser realizada em uma data estipulada previamente ou, até mesmo, antes desta data (BRANDÃO & SARAIVA, 2006).
- c) Ativo subjacente: Também chamado de *underlying* ou de ativo objeto. Trata-se de um ativo financeiro, ou não, sobre o qual se faz um contrato derivativo. A variação do preço do ativo subjacente vai determinar os ganhos ou perdas dos contratantes do derivativo. Exemplo: Em um contrato de opção de venda de determinado produto, o ativo subjacente é o próprio produto e o derivativo é a opção. Pode-se dizer que o derivativo é um investimento que tem seu valor determinado por outro investimento (TITMAN; GRINBLATT, 2005).
- d) Preço de exercício: É o valor pré-determinado da opção. Assim, quando a compra ou venda de determinada opção é realizada, o valor pago pelo comprador é o preço do exercício.

Para Pasin, Martelanc & Souza (2011) os investidores que trabalham com um ativo real podem alterar o valor da opção subjacente, diferentemente daqueles que trabalham com opções financeiras (MANFRINATO, FIGUEIREDO NETO & CREPALDI, 2003; IUBEL, 2008).

De acordo com Silva Neto (1996), a relação entre o valor do ativo subjacente e do preço de exercício determina uma das modalidades de classificação das opções definidas a seguir:

- a) *In the Money* (dentro do dinheiro): O preço do ativo subjacente é maior que o preço de exercício para a opção de compra e menor que o preço de exercício

para a opção de venda. É por meio desse conceito que se avalia o valor intrínseco de uma opção, uma vez que essa é definida como a porção *in the Money* do valor (prêmio) de uma opção.

- b) *At the Money* (no dinheiro): O preço do ativo subjacente é igual ao preço de exercício tanto para a opção de compra, quanto para a opção de venda.
- c) *Out the Money* (fora do dinheiro): O preço do ativo subjacente é menor que o preço de exercício para a opção de compra e é maior que o preço de exercício para a opção de venda (SAMANEZ, 2007).

Merton (1973) salienta a importância de conhecer a diferença da classificação das modalidades das opções com relação à data (americana ou européia) de expiração e à posição (*short* e *long*).

Segundo Myers & Majd (1990), opção européia é aquela que concede ao investidor o direito, mas não a obrigação, de exercer a opção (seja ela de compra ou de venda) apenas na data de vencimento ou de exercício do projeto. Já a opção americana é aquela que concede ao investidor o direito, mas não a obrigação, de exercer a opção, a determinado preço, a qualquer momento até a data de exercício do projeto (MERTON, 1973).

De acordo com Silva Neto (1996), *Long* (posição comprada) – existe quando já ocorreu a compra de uma opção – desse conceito derivam as definições de *long in a call* (compra de opção de compra) e de *long in a put* (compra de opção de venda). E, *Short* (posição vendida) – existe quando já ocorreu a venda ou emissão de uma opção – desse conceito derivam as definições de *short in a call* (venda de opção de compra) e de *short in a put* (venda de opção de venda).

Segundo Pinheiro, Souza & Savola (2010), uma nova empresa ou um novo projeto pode apresentar riscos substancialmente maiores, mas as oportunidades também o serão. Outra abordagem é dar tratamento individual às incertezas que cercam o projeto, ao invés de estimar a volatilidade dos fluxos de caixa.

Iubel (2008) e Souza Neto, Oliveira & Bergamini Júnior (2008) afirma que, com base na Teoria das Opções Reais, é possível oferecer instrumentos estratégicos que permitam às organizações uma análise mais completa do investimento que realizam. Por meio deste, identificam-se opções e oportunidades de: fechar temporariamente o projeto ou abandoná-lo completamente; opção de redistribuir recursos para novos fins; opção de crescimento futuro do investimento e opção de planejamento contingencial (TRIGEORGIS, 1996).

Para Conrad (1997), o titular é o comprador da opção, que paga pelo direito de decidir se ela será exercida ou não no seu vencimento. O emitente, também chamado de lançador, é o vendedor da opção. Após ter vendido a opção ele não toma mais decisões, devendo aguardar a vontade do titular, que será tomada em função do preço do ativo subjacente (RIGOLON, 1999).

### 2.3.5 – Tipos de Opções

Para Copeland, Koller & Murrin (2002) existem 8 (oito) tipos de opções reais: (a) adiamento, (b) expansão, (c) abandono, (d) prorrogação ou abreviação, (e) ampliação ou redução de escopo, (f) mudança, (g) compostas e (h) opções arco-íris.

1. **Opção de adiamento:** Um investidor optará pelo adiamento de um projeto se ele vislumbrar a possibilidade de fazê-lo no futuro em condições mais favoráveis. Um projeto pode não ser viável no instante inicial, pois seu valor presente líquido é negativo, mas novas condições de mercado poderão reverter esta expectativa (AMARO DE MATOS, 2001).

Copeland, Koller & Murrin (2002) exemplificam a opção de adiamento com a situação do investidor que adquiriu os direitos de exploração de uma reserva de petróleo e decide adiar sua prospecção e extração porque o preço atual da commodity é insuficiente para cobrir os custos envolvidos. No entanto, se o preço do petróleo vier a subir, este investidor irá exercer sua opção de explorar a jazida. Esta situação se assemelha a uma *Call* americana, onde o prêmio pago pelo investidor é o valor pago pela concessão de exploração.

Outro problema típico de opções de adiamento diz respeito a avaliação do valor de patentes e licenças. Uma patente permite ao seu detentor lançar um produto sem equivalente na concorrência, o que lhe garante altas margens de lucro. No entanto, patentes tem vida limitada: seu detentor tem um prazo para desenvolvê-la, do contrário outros poderão fazê-lo. De qualquer forma, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento farão com que a concorrência mais cedo ou mais tarde desenvolva um produto semelhante (PINHEIRO, SOUSA & SAVOLA, 2010).

Segundo Damodaran (2002), em se considerando como prazo da opção o período de rendimentos extraordinários, durante o qual a empresa comercializa seu novo produto sem concorrência direta, a decisão de postergar o desenvolvimento desta

patente reduz o número de anos com fluxos de caixa extraordinários. Logo, um ano de postergação da patente significa um ano perdido de fluxos de caixa.

Os modelos de precificação de opções consideram que o exercício corresponde a um evento instantâneo. O desenvolvimento de patentes ocorre em um tempo considerável, pois requer a mobilização de recursos, contratação de pessoas, esclarecimento ao consumidor e campanha de marketing. A este respeito, é importante que se considere o ciclo de vida do produto, para efeitos de cálculo do VPL.

2. **Opção de expansão:** A opção de expansão trata da oportunidade de ampliar ou desenvolver um projeto a partir de um investimento realizado. O exercício da opção - representado pelo desenvolvimento do projeto - pode se dar a qualquer momento. Esta opção se equipara a uma *Call* americana.

Damodaran (2002, p. 382) levanta a hipótese de que esta opção pode estar embutida no valor de algumas companhias, o que faria com que elas fossem negociadas com ágio sobre o valor do fluxo de caixa descontado. Esta é a situação de pequenas empresas de crescimento acelerado em mercados de grande expansão. Em caso de sucesso, estas empresas poderiam expandir-se muito mais. Desta forma, estas empresas devem ser avaliadas considerando-se simultaneamente o valor presente líquido dos fluxos de caixa e o valor das opções reais embutidas.

As opções de expansão apresentam como dificuldade o prazo de vencimento indeterminado. No caso das opções de adiamento, o prazo é definido como o horizonte de tempo em que o detentor de um direito deve tomar uma decisão de empreender um novo projeto. No caso das opções de expansão, o investidor não possui estas restrições.

Santos & Pamplona (2002), estudando as opções reais aplicadas a projetos de pesquisa e desenvolvimento (P & D) estabeleceram as seguintes premissas:

- ✓ Irreversibilidade: a partir do instante que se investiu em P&D, não mais é possível recuperar estes recursos.
  - ✓ Incertezas: além das incertezas econômicas, existem aquelas de cunho técnico, pois o objeto de pesquisa poderá não surtir os resultados almejados.
  - ✓ *Timing*: após a conclusão do processo de P&D, a empresa tem a oportunidade de escolher o momento de introdução do produto, decidir sobre o aumento ou redução de sua produção ou mesmo o abandono.
3. **Opção de abandono:** É a opção de se abandonar ou vender um projeto, decisão está tomada à luz da comparação entre o valor de liquidação dos ativos e o valor presente dos fluxos de caixa (DIXIT & PINDYCK, 1995).

De acordo com Brasil *et al.* (2007) assemelha-se a uma *Put* americana (pois a decisão de abandonar pode ocorrer a qualquer tempo). Considere-se um projeto de produção de um bem, inicialmente considerado rentável, mas que com o passar do tempo venha a apresentar resultados negativos: se não existirem barreiras jurídicas (ex: um contrato de fornecimento de bens e serviços), o administrador poderá decidir pela interrupção da produção e interromper o ciclo de perdas decorrentes da decisão inicial de empreender o projeto.

4. **Opção de prorrogar ou abreviar:** É possível prorrogar ou abreviar um contrato por meio de um pagamento. A prorrogação assemelha-se a uma *Call* e o adiamento a uma *Put*. Contratos de arrendamento podem conter cláusulas desta natureza. Exemplo: um contrato imobiliário onde o locatário tem o direito de prorrogar o período de locação, ou abreviá-lo. Cabe ao locador do imóvel estabelecer o quanto valem estas cláusulas, pois elas se constituem em opções concedidas.
5. **Opção de ampliação ou redução do escopo:** Define-se escopo como o número de atividades abrangidas por um projeto. A ampliação do escopo assemelha-se a uma *Call*. Questões que levam à ampliação ou redução do escopo:
  - ✓ Possibilidade de verticalizar ou terceirizar determinadas fases da produção;
  - ✓ Aumento ou redução do público alvo beneficiado por determinado bem ou serviço;
  - ✓ Considerações sobre a demanda do bem ou serviço oferecido; etc.
6. **Opções de mudança:** Aplicáveis às linhas de produção, que podem ser ativadas ou desativadas (*Calls* e *Puts* respectivamente). O administrador poderá decidir pela prorrogação da produção, ou mesmo pela sua ampliação se esta linha de negócios for rentável; ou decidir abreviá-la, reduzi-la ou encerrá-la, por uma questão de baixa rentabilidade, baixa demanda, de produto ou processo substituto com melhor tecnologia ou menor custo.

Copeland, Weston & Shastri (2005) dão como exemplo um campo onde o petróleo é muito viscoso para ser bombeado, mas sua extração é viabilizada pela injeção de vapor no poço. O custo deste procedimento representa o prêmio da opção e a aposta do decisor é que o preço do petróleo se eleve para compensar este dispêndio.

7. **Opções compostas:** São opções sobre opções e são aplicáveis para os investimentos escalonáveis e seqüenciais. Cada etapa pode ser vista como uma opção (SOUZA NETO, OLIVEIRA & BERGAMINI JÚNIOR, 2008)

A título de exemplo, considere-se a fabricação de um bem durável qualquer: o investidor deverá decidir sobre o investimento na linha de produção para posteriormente, em função da demanda por aquele bem, decidir pelo aumento da produção, ou pela sua manutenção ou ainda pelo abandono do negócio.

As opções compostas requerem o uso de árvores de decisão para a tabulação do processo decisório face à incerteza. Santos & Pamplona (2002) exemplificam do uso de árvores de decisão, associando investimentos em pesquisa e desenvolvimento e na produção e comercialização de um bem.

A Figura 2 esquematiza o problema: em (1) toma-se a decisão de investir em P&D. Em (2) analisa-se o sucesso ou fracasso da decisão: se bem sucedida, prossegue-se para (3), quando se decide pela produção e comercialização. Em caso positivo, verifica-se em (4) se ocorreu a aceitação do produto pelo mercado. Negativas em (1), (2) e (3) determinam o encerramento do processo. A árvore poderia se estender, incorporando as decisões sobre aumento, manutenção, redução ou abandono da produção.

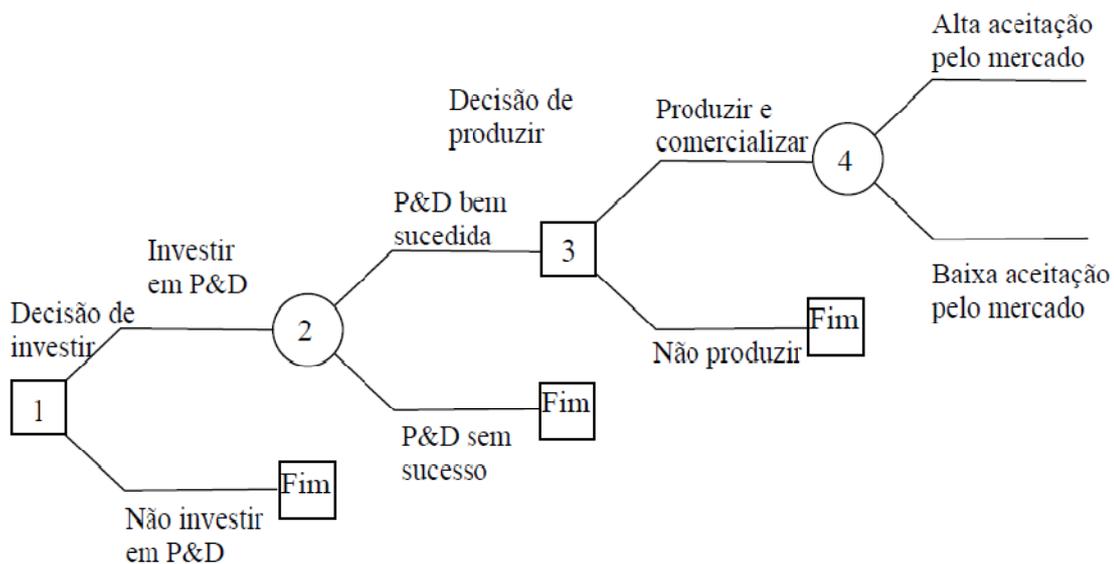


Figura 2 - Árvore de Decisão e Opções Reais

8. **Opção arco-íris:** São opções sobre um projeto sujeito a mais de uma incerteza, como a demanda, os custos, as ações da concorrência, etc. A conjunção de múltiplas incertezas com múltiplas decisões seqüenciais resulta nas opções arco-íris compostas.

Para Copeland & Antikarov (2002) estas talvez sejam as opções mais realistas. As opções compostas arco-íris procuram incorporar todas as incertezas de um projeto e

permitem tratar as decisões que serão tomadas ao longo do seu desenvolvimento caso as incertezas venham a requerê-las.

Por esta razão, estas opções são conhecidas também como opções de aprendizado, pois o decisor aprenderá a reagir de acordo com os eventos futuros (COPELAND, WESTON & SHASTRI, 2005).

A maioria das opções reais é afetada pela incerteza relativa ao preço de uma unidade de produto, da quantidade que pode ser vendida e das taxas de juro incertas que afetam o valor presente do projeto e muitas aplicações no mundo real exigem uma modelagem em termos de opções compostas do tipo arco-íris (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

Dezen (2001) estudou as opções arco-íris compostas aplicadas à exploração petrolífera, onde as incertezas são: o tamanho das reservas, incerteza esta que apenas será reduzida com o aprendizado obtido com a exploração do campo; a localização do campo, já que erros desta natureza atrasam o cronograma e geram custos adicionais; o preço da *commodity*, incerteza esta que perdura durante toda a vida da exploração do campo; o custo de produção; e as novas informações obtidas acerca das reservas a cada nova perfuração, o que poderá intensificar sua exploração ou recomendar o abandono.

A opção será exercida sempre quando o titular tiver o benefício de exercer seu direito, e é isso o mais importante da opção e o principal elemento que a difere dos outros tipos de contrato futuro negociados pelo mercado: existe o direito, mas não a obrigação de exercer (TRIGEORGIS, 2002).

#### 2.3.5.1 – Opções Compostas do tipo Arco íris

Opções compostas são opções cujo valor está condicionado ao valor de outras opções e, segundo Fleten & Rigen (2009), são as formas mais realistas e complicadas de opções reais.

Segundo Fuss *et al.* (2008) há duas formas de resolver as opções compostas: simultânea – a opção subjacente e a opção sobre estão simultaneamente disponíveis, não são sequenciais no tempo; sequenciais – as opções são executadas em fases, segunda opção só será criada quando a primeira opção é exercida, por exemplo a exploração de recursos naturais que deve-se aferir a quantidade a ser explorada, construção da infraestrutura, aquisição de equipamentos, entre outros, dependendo da especificidade do projeto.

A maioria das opções reais é influenciada pela incerteza referente ao preço dos produtos da empresa, à demanda por esses produtos e às taxas de juros (custo do capital), que afetam o valor presente do projeto e a essas opções que são movidas por múltiplas fontes de incerteza e múltiplas decisões sequenciais dá-se o nome de opções arco-íris (TRIGEORGIS, 1996; IUBEL, 2008).

De acordo com Gamba & Tesser (2009), as opções compostas arco-íris procuram incorporar todas as incertezas de um projeto e permitem tratar as decisões que serão tomadas ao longo do seu desenvolvimento caso as incertezas venham a requerê-las (MURTHY KONDA, SHAH & BRANDON, 2011).

De acordo Copeland & Antikarov (2001), até o mais complexo conjunto de incertezas que possa afetar os fluxos de caixa das opções reais de um projeto pode ser reduzido a uma única incerteza – a variabilidade do valor do projeto ao longo do tempo.

Para evitar essa complexidade recorre-se a duas hipóteses: A MAD – *Marketed Asset Disclaimer* – (negação do ativo negociado, que emprega o valor presente do ativo subjacente sujeito a risco sem flexibilidade, como se fosse o título negociado no mercado; Os preços (ou os fluxos de caixa) antecipados de maneira adequada flutuam de forma aleatória – Teorema de Samuelson, 1965 – (HSU & LAMBRECHT, 2007).

O teorema de Samuelson é de fundamental importância para as opções reais, pois considera: *“investidores têm informação completa sobre o fluxo de caixa e toda a informação já está embutida no preço corrente da ação, então as expectativas serão atingidas e os investidores irão receber exatamente o seu custo de capital, independente do padrão de fluxo de caixa. Apenas se os fatos evoluírem de uma forma diferente da esperada é que e os preços das ações desviarão do esperado. Mas como esses desvios são causados por eventos randômicos, então, os desvios da taxa de retorno esperada também são randômicos.*

De acordo com Mulder, Hetland & Lenaers (2007), riscos, (suas correlações e autocorrelações) podem ser modelados em um único fluxo de caixa descontado para definir a volatilidade do retorno do ativo subjacente. Em alguns casos específicos, pode ser útil ter, individualmente, uma determinada incerteza isolada das demais.

Samuelson prova com seu teorema que o valor dos preços de contratos futuros não muda com o tempo (sem juros e sem custo de transação), isto é, o valor de um projeto que pode ser considerado como a soma de contratos futuros é constante, desde que adicionados na análise os fluxos de caixa passados. Resumidamente, o valor do

projeto ao longo do tempo seguirá um trajeto aleatório independente do padrão do fluxo de caixa (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

Segundo Dias (1996), a prova de Samuelson é suficientemente válida para ser utilizada na prática, além de ser simples e mais empregado para modelar a incerteza não só em projetos, como em toda a literatura de economia e finanças.

A partir do Teorema de Samuelson, opções com várias incertezas passam a ter apenas uma, e a complexidade da análise de opções compostas do tipo arco-íris reduz-se a mesma de opções que podem ser resolvidas com as quatro etapas (1. estimativa do fluxo de caixa descontado do ativo subjacente sujeito a risco; 2. análise de Monte Carlo para estimar as volatilidades e construção da árvore de eventos; 3. incluir nós de decisão na árvore de eventos; 4. avaliação dos retornos da árvore de decisões) definidas por Copeland & Antikarov (C & A) em 2001.

A metodologia de C & A apresenta algumas vantagens do ponto de vista prático. Em primeiro lugar, é mais simples de ser aplicada. Não necessita resolver equações diferenciais parciais. Outra vantagem é poder tratar diferentes processos estocásticos em um mesmo projeto. Para isso, usa a simulação Monte Carlo. Em termos práticos, pode-se usar um número maior de processos estocásticos que os possíveis de serem utilizados em modelos em tempo contínuo (MENDÉZ & GOYANES, 2009).

### 3 – SIMULAÇÃO MONTE CARLO

É uma técnica que visa reproduzir situações supostamente semelhantes às reais e é definida como uma técnica aplicada a modelos matemáticos ou não, podendo estes ser reais ou supostamente reais, a fim de encontrar resultados ligados às premissas iniciais (GROPPELLI & NIKBAKHT, 2002).

Monte Carlo é um método de simulação baseado na utilização de números aleatórios que são sorteados para gerar resultados e as distribuições de probabilidades correspondentes. Este método permite, essencialmente, simular o comportamento de processos que dependem de fatores aleatórios.

Os métodos de simulação são ferramentas utilizadas para a tomada de decisão na solução de problemas de várias naturezas, especialmente úteis em situações que envolvam análise de riscos para prever o resultado de uma decisão face à incerteza (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2008).

A aplicação da simulação em problemas gerenciais requer primeiramente a modelagem em termos matemáticos do sistema que se pretende investigar, tornando conhecidas as variáveis e os relacionamentos relevantes do problema, permitindo simular as respostas do sistema a diferentes escolhas (políticas) da tomada de decisão (AGUIAR, ALVES & HENNING, 2010).

Os principais instrumentos utilizados para simulação, segundo Pindyck & Rubinfeld (2002), são: números aleatórios; métodos de estimação; amostragem de importância; roleta russa; amostragem estratificada; amostragem sistemática; correlação e regressão; e o método Monte Carlo.

Entre os métodos que utilizam probabilidade na análise de riscos o método de Monte Carlo é o mais simples do ponto de vista prático (Noronha, 1987). Segundo (Moura, 2007), de modo geral a análise de risco utilizando a simulação de Monte Carlo é definida por quatro passos distintos:

- ✓ Desenvolvimento do modelo: Nesta fase, o problema e suas características são modelados em uma planilha eletrônica, na qual a relação entre as variáveis do modelo é estabelecida;

- ✓ Identificar a Incerteza e/ou Risco: Identificar no modelo as variáveis que exercem significativa importância no resultado do modelo. Identificadas essas variáveis, o estudo de cada uma é necessário para que se defina a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a aquela série de dados. Esse procedimento se repete para cada uma das variáveis de risco do modelo. Essas são chamadas variáveis de entrada do modelo de simulação;
- ✓ Identificar a(s) Variável(eis) de Análise (Var. de Saída): Por outro lado, identificam-se as variáveis de estudo ou índices de desempenho do projeto cujos comportamentos serão analisados. Essas são chamadas variáveis de saída ou análise.
- ✓ Gerar Simulação: executar o modelo N vezes, gerando a série de valores para variável de análise;
- ✓ Análise do Modelo Simulado: obter a distribuição de frequência e distribuição de frequência acumulada para as variáveis de análise (saída);
- ✓ Tomar a Decisão: Tomar a decisão com base nas informações obtidas em conjunto como outros aspectos relevantes do projeto.

De acordo com Hull (2005), quando existir 3 (três) ou mais variáveis estocásticas, a Simulação Monte Carlo tende a ser numericamente mais eficiente que outros procedimentos, porque a complexidade de resolução aumenta linearmente, e para os outros a complexidade aumenta exponencialmente.

O método Monte Carlo é utilizado para fazer simulações aleatórias dos resultados, após a definição da característica das distribuições das variáveis.

O método Monte Carlo (MMC) que é uma técnica de simulação de sistemas discretos, muito utilizada em áreas como gestão de projetos, economia, física, química, medicina, entre outras. Quando aplicado à gestão de projetos, por exemplo, essa técnica de simulação tem como foco três áreas de conhecimento: risco, custo e tempo (GALVÃO, 2005).

Para estimar a distribuição de probabilidade dos retornos do projeto de investimento pode ser utilizada a Simulação Monte Carlo (COPELAND & ANTIKAROV, 2001; DAMODARAN, 2002). Uma vez sintetizada a distribuição de probabilidade, obtém-se o desvio padrão correspondente.

Segundo Copeland (2000), a utilização de simulador Monte Carlo é uma técnica de extrema confiabilidade para análise da incerteza, sendo que a parte de maior

relevância consiste na definição das distribuições estatísticas de probabilidade das variáveis.

Segundo LUEHRMAN (1998), o desvio padrão dos retornos futuros do projeto, obtido por meio da simulação, pode ser utilizado em substituição ao desvio padrão (volatilidade) dos preços do ativo negociado no mercado financeiro.

A utilização da simulação Monte Carlo para estimar a variação do valor presente de um projeto baseia-se na prova de Samuelson (1965), a qual afirma que os preços antecipados de modo adequado flutuam aleatoriamente. Sendo assim, qualquer que seja o padrão que se espera dos fluxos de caixa de um projeto, as variações de seu valor presente seguirão um caminho aleatório.

Segundo Copeland & Antikarov (2001), a prova de que os preços antecipados adequadamente flutuam aleatoriamente é válida e muito útil para a avaliação de opções reais. Ela significa que fontes múltiplas de incerteza, algumas das quais com reversão à média (isto é, com comportamento auto-regressivo), podem ser combinadas em um único processo binomial multiplicativo (MEIRELLES, REBELATTO e MATIAS, 2003).

A simulação Monte Carlo é simples de se utilizar e pode modelar as correlações cruzadas entre diversas variáveis, como preço e quantidade, e as propriedades de séries temporais, como reversão à média (COPELAND & ANTIKAROV, 2001). Desse modo, é possível estimar uma medida consolidada da volatilidade de uma árvore de eventos embasada no valor do projeto.

De acordo com Souza Neto, Oliveira & Bergamini Júnior (2008) o termo consolidada, é utilizado porque o resultado é uma única estimativa de volatilidade, gerada a partir das muitas incertezas que a compõem (como incerteza de preço, custo, quantidade). Difere-se, dessa forma, da volatilidade histórica, obtida a partir de uma série histórica, e da volatilidade implícita, obtida a partir do mercado financeiro.

Tylley, em 1993, foi o primeiro pesquisador a resolver problemas de valoração de opções americanas utilizando a Simulação Monte Carlo (HULL, 2005).

## 4 – ÁRVORE DE DECISÃO E MODELO BINOMIAL

Cox, Ross & Rubinstein publicaram um artigo seminal em 1979 e este modelo considera uma árvore de decisão em tempo discreto, onde cada estágio representa as trajetórias que poderão ser seguidas pelo preço da ação. Sua principal vantagem é a flexibilidade, pois, permitem avaliar tanto as opções de compra, como as de venda, sejam americanas ou européias, sobre ações que pagam ou não dividendos.

De acordo com Copeland & Antikarov (2001), para montar a árvore binomial, assume-se que o preço da ação segue um processo multiplicativo, onde o preço da ação seja  $S$ , e pode subir para  $Su$  no próximo período com probabilidade  $q$ , ou descer para  $Sd$  com probabilidade  $1-q$ . Os parâmetros  $u-1$  e  $1-d$  são as possíveis taxa de retorno da ação.

A árvore de decisão é uma maneira gráfica de visualizar as consequências de decisões atuais e futuras, bem como os eventos aleatórios relacionados. Ela permite a conceitualização e o controle de um bom número de problemas de investimentos sujeitos a riscos.

O risco e o tempo têm alto grau de relação entre si e, por isso, ao avaliar decisões inseridas no horizonte de tempo é que se visualiza melhor à medida do risco (BERNSTEIN, 1997).

A análise de projetos de investimento pode ser complementada pela árvore de decisão que considera as decisões futuras e incorpora alguma flexibilidade administrativa. Os investimentos são frequentemente divididos em etapas de capitalização e são realizados em diferentes estágios da vida do projeto (BISH & WANG, 2004).

Segundo Chod & Rudi (2005), a análise de projetos de investimento pode ser complementada pela árvore de decisão que considera as decisões futuras e incorpora alguma flexibilidade administrativa. Os investimentos são frequentemente divididos em etapas de capitalização e são realizados em diferentes estágios da vida do projeto.

Casarotto Filho & Kopittke (2000) afirmam que a árvore de decisão é uma maneira gráfica de visualizar as consequências de escolhas atuais e futuras, considerando, também, eventos aleatórios.

Segundo Trigeorgis & Mason (1987), a árvore de decisão, utilizada para captar o valor da flexibilidade, apresentará resultados incorretos, uma vez que pressupõe um

taxa de desconto constante ao longo de toda a árvore de eventos, ao passo que o risco do fluxo de caixa varia a cada nó da árvore de eventos

Para Copeland & Antikarov (2001) e Padilha (2003), a árvore de decisão é um instrumento a serviço do decisor de um projeto de investimento e proporciona melhor visualização das alternativas possíveis, retratando os momentos de incerteza ao longo da realização de um projeto.

Kort, Murto & Grzegorz (2010) esboçaram em seu trabalho uma árvore de decisão básica em que os nós quadrados representam decisões e os redondos as incertezas ou eventos aleatórios, conforme estrutura representada na Figura 3, a seguir:

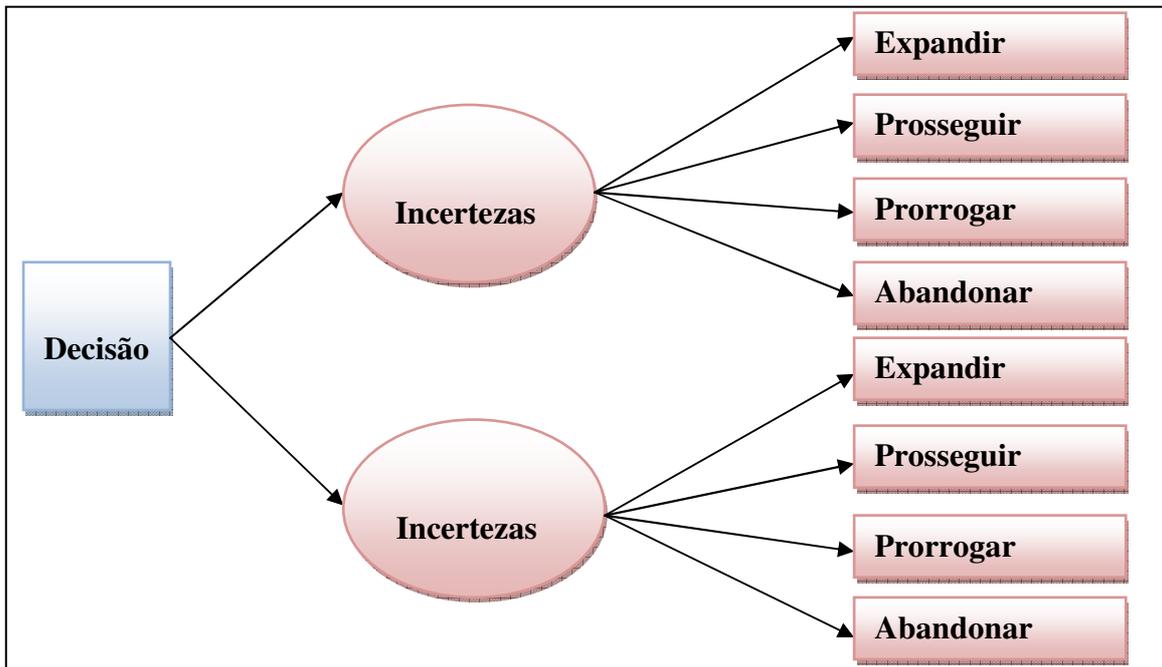


Figura 3 - Árvore de Decisão Básica

Os procedimentos para avaliar os investimentos por opções reais por meio do modelo de árvore de decisão são expressos a seguir (COPELAND & ANTIKAROV, 2001):

1. Determinar o valor do projeto sem flexibilidade: determinar o valor presente do cenário base no momento  $t = 0$ , pelo modelo do fluxo de caixa descontado.
2. Desenvolver a árvore de eventos do projeto: o objetivo é analisar a evolução dos diversos períodos projeto em função das incertezas (Neste caso, também deve ser utilizado o fluxo de caixa descontado para determinar o valor em cada nó da árvore de eventos).

3. Desenvolver a árvore de decisões do projeto: consiste em determinar a flexibilidade do investidor em reagir às incertezas. Esta capacidade de reação associada a uma probabilidade altera o perfil de risco do projeto.
4. Avaliar o projeto incluindo a flexibilidade por meio da criação de portfólios espelho – este método adiciona ao valor das opções reais que indicam a flexibilidade, ou seja, a capacidade de reagir à incerteza do investidor.

O modelo árvore de decisão possui a premissa de que o ativo-objeto, no caso, uma ação, segue um processo multiplicativo binomial no decorrer do tempo e em cada período de tempo, o ativo pode ter seu valor aumentado  $u$  vezes com probabilidade  $q$ , ou reduzido  $d$  vezes com probabilidade  $(1 - q)$ , e de que o custo de oportunidade é constante em todo período (BRASIL *et al.*, 2007), exemplificado por Brandão (2002) e apresentado na Figura 4:

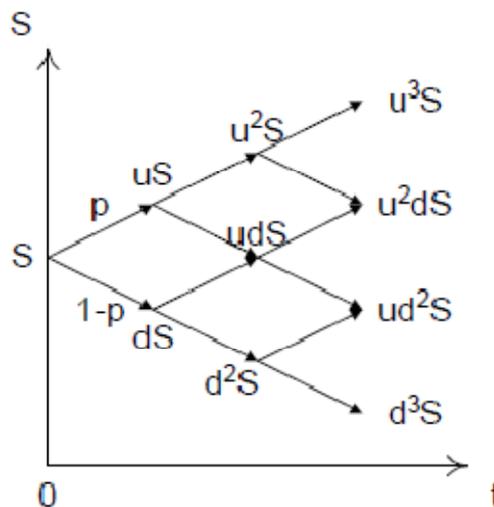


Figura 4 – Árvore de Decisão Recombinate (COPELAND & ANTIKAROV, 2001)

A Figura anterior demonstra a relação em que o preço ( $S$ ), a cada passo, é multiplicado por uma variável aleatória e passa a tomar valores distintos, representados por  $u$  e  $d$  (KORT, MURTO & GRZEGORZ, 2010).

O funcionamento do modelo binomial é baseado na premissa de que o preço de determinada ação segue um processo de multiplicação binomial em períodos discretos de tempo e pode ser representada por uma distribuição lognormal contínua e modelada por meio de uma árvore binomial discreta (MONTEIRO, 2003; SAMANEZ, 2007; CARVALHAES, 2006).

A ideia é construir um portfólio de *hedging*, ou seja, de proteção contra o risco de investimento e em cada período o ativo subjacente pode ter dois valores possíveis ( $u$  ou  $d$ ), com aumento ou perda do valor. O modelo binomial propõe que se devem

encontrar opções de precificação e de fórmulas para essa proteção, baseados em oportunidades livres de risco de arbitragem (AYMEN, 2004).

Segundo Bakshi, Carr & Wu (2008) o modelo binomial assume que: O preço do ativo segue um processo multiplicativo binomial em períodos discretos. Assim, para cada período, o ativo (representado por uma ação no momento do desenvolvimento do modelo) pode assumir somente dois valores distintos no tempo. Estes movimentos são descritos como ascendente e descendente pelo fato de representarem um valor maior e outro menor que o anterior; A taxa de juros é constante e, pode-se emprestar ou tomar emprestado a esta mesma taxa livre de risco.

O modelo binomial pode ser representado graficamente por duas formas distintas entre si. Uma delas serve para cálculos de precificação de opção de compra para no máximo dois períodos, conforme apresentado a seguir:

$$F = \frac{pF_u + (1-p)F_d}{r} \quad (4)$$

$$F_u = \text{Max}(uV - 1, 0) \quad (5)$$

$$F_d = \text{Max}(dV - 1, 0) \quad (6)$$

$$p = \frac{r-d}{u-d} \quad (7)$$

$$1 - p = \frac{u-r}{u-d} \quad (8)$$

Onde:

F: valor da opção de compra;

F<sub>u</sub>: valor da ação em caso de aumento do valor bruto da mesma;

F<sub>d</sub>: valor da ação em caso de queda do valor bruto da mesma;

V: valor bruto da ação;

p: probabilidade neutra ou risco;

r: 1 + taxa livre de risco;

u: 1 + mudança percentual no valor bruto da ação entre períodos, caso este aumente;

d: 1 + mudança percentual no valor bruto da ação entre períodos, caso este diminua.

As expressões acima são utilizadas para calcular o valor da opção de compra de trás para frente, calcula-se o valor da opção no tempo t, a partir dos nós finais. Como exemplo Casarotto Filho e Kopittke (2000), para o caso em que a árvore binomial

possui 2 intervalos de tempo subsequentes ( $t + 1$ ;  $t + 2$ ), inicia-se pelo valor no tempo  $t + 2$ , recessivamente, para o valor no tempo  $t + 1$  e só então se obtém o valor da opção no tempo  $t$ .

Aymen (2004) diz que a aplicabilidade do modelo binomial não encontra limitação em relação ao número de períodos diferentes existentes para o projeto de investimento.

A existência dessa flexibilidade se deve ao fato de que o modelo binomial utiliza-se do recurso de começar pela data em que este expira em direção aos períodos anteriores para encontrar o valor desta opção (CASAROTTO FILHO & KOPITTKKE, 2000).

De acordo com Meirelles, Rebelatto & Matias (2003), tal fato contribui para tornar o modelo binomial amplamente utilizado para mensurar a opção de postergar o investimento quando há existência de muitos períodos de tempo a serem considerados.

A teoria das opções reais procura inserir o projeto e os seus desdobramentos dentro de uma árvore de decisão, mostrando quais são as múltiplas alternativas motivadas por esses desdobramentos e pela incerteza. Sobre esses novos e múltiplos fluxos de caixa, calcula-se o valor presente líquido, ao mesmo tempo em que se verifica-se o caminho tomado atende a expectativa de rentabilidade definida pelo dono do capital (BRANDÃO, 2001; COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

Segundo Ross *et al.* (2002), ao avaliar um projeto hoje, supõe-se que as decisões futuras serão ótimas, contudo, não se sabe ainda quais serão estas decisões, uma vez que grande parte das informações ainda está por ser descoberta. A empresa tomará decisões de investimento e decisões operacionais, com relação a um projeto, durante toda a vida deste (COX, ROSS & RUBINSTEIN, 1979).

A teoria das opções reais procura “mapear” todo conjunto de alternativas, e colocá-las dentro de uma árvore de decisão, analisando inclusive se o investimento, ou parte dele, é reversível e passível de ser abandonado. Depois, com o auxílio do método do valor presente líquido, fica fácil verificar a rentabilidade de cada uma as opções e decidir pela melhor, em cada parte do processo (BRASIL *et al.*, 2007).

## 5 – METODOLOGIA DE COPELAND & ANTIKAROV

A metodologia proposta por Copeland & Antikarov (2001) seguem quatro etapas, também descrita por Sousa, Oliveira & Bergamini Júnior (2008):

O **primeiro passo** desse processo é uma análise tradicional do Valor Presente Líquido (VPL). Calcula-se, de maneira padrão, o VPL sem flexibilidade e desconta-se o investimento necessário para a realização do projeto para se chegar ao VPL do projeto. Então, projeta-se o fluxo de caixa descontado ao longo da vida do projeto.

O resultado do VPL sem flexibilidade será utilizado como o valor do ativo subjacente sujeito a risco (ASSR). O tratamento do VPL sem flexibilidade como ASSR é a primeira hipótese adotada para análise de projetos que não possuem portfólio e, é chamado de Negação do Ativo Negociado (MAD).

Assim como nas opções financeiras, necessita-se de um valor para o ASSR. Porém, diferentemente das Opções Financeiras, que têm o valor do título negociado disponível no mercado, nas Opções Reais não existe um valor previamente definido para o investimento em pauta.

Ao invés de procurar no mercado financeiro um ativo correspondente, a proposta é usar o valor do próprio projeto sem flexibilidade. Esta pode ser considerada a melhor estimativa não tendenciosa do valor de mercado do projeto, se este fosse um ativo negociado (BRASIL et al., 2007).

Esta abordagem prática permite valorar opções reais relativas a qualquer ativo real, para o qual é possível estimar o VPL, e possibilita abandonar a ingrata busca por um ativo correspondente no mercado financeiro – chamado ativo gêmeo.

Os preços das *commodities* mundiais eram usados como base para a ASSR, mas se pressupunha algo arbitrário de que a volatilidade do *commoditie* seria igual à do projeto sem flexibilidade (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

A **segunda** etapa do processo, após o cálculo do VPL sem flexibilidade, é a construção de uma árvore de eventos, alicerçada no conjunto de incertezas inerentes ao projeto e que influenciam a sua volatilidade.

A elaboração da árvore de eventos não incorpora as decisões gerenciais que podem ser tomadas; nesse momento, o objetivo é modelar a incerteza relacionada ao valor que ASSR pode tomar durante a vida do projeto.

Obter a volatilidade do projeto é a segunda hipótese que o modelo de quatro etapas assume para facilitar o cálculo, com o objetivo de simplificação, combinam-se as múltiplas incertezas dos projetos em uma única: a distribuição dos retornos do projeto. Isto é, resume-se, por meio de uma análise Monte Carlo, toda a volatilidade das variáveis do projeto na incerteza única do valor total do projeto.

A possibilidade de poder combinar todas as incertezas em uma única variável está suportada pelo Teorema de Paul Samuelson, primeiro economista a comprovar que a taxa de retorno de qualquer título seguirá um caminho aleatório, seja qual for o padrão do fluxo de caixa esperado que venha a ser gerado no futuro, desde que os investidores tenham informações completas sobre o fluxo de caixa.

Com essa comprovação, chega-se a conclusão que toda informação de que se dispõe sobre o esperado fluxo de caixa futuro já está incorporada ao valor corrente do título. Logo, se todas as expectativas forem confirmadas, os investidores auferirão exatamente os retornos exigidos no momento do investimento. Apenas os desvios aleatórios, não previstos e inesperados de trajetória causarão impacto no valor futuro do título.

Para as opções reais, a prova de Samuelson de que os preços adequadamente antecipados flutuam aleatoriamente é fundamental para que se possa simplificar o processo de valoração das opções reais, e combinar todas as incertezas econômicas do projeto em uma única.

A aplicação dessa prova à volatilidade dos fluxos de caixa de um projeto inicia pelas incertezas de preço, custo, quantidades e investimentos. Qualquer uma dessas variáveis pode estar correlacionada com ela mesma e com as outras em qualquer ponto do tempo do projeto. Elas podem afetar, aleatoriamente, o valor do retorno do projeto.

A *estimativa da volatilidade* do projeto deve ser combinada em uma única incerteza do retorno, para isso, uma das ferramentas utilizada é a simulação Monte Carlo, que é uma técnica de simulação em planilha que, aleatoriamente, gera valores seguidos para variáveis incertas com o objetivo de simular um modelo.

O não trivial nesse processo é a definição das propriedades estocásticas das variáveis que influenciam a volatilidade combinada do projeto, ou seja, como definir qual a correlação do preço ao longo do projeto e, ainda mais, a correlação do preço com a quantidade e o custo para chegar à volatilidade única do projeto. Para isso, têm-se duas alternativas viáveis, a seguir:

- ✓ Abordagem histórica: Parte do pressuposto que é razoável imaginar o futuro com base em determinado comportamento do passado. Pode-se então, utilizar dados históricos de projetos ou empresas para captar os valores de incertezas e das correlações entre as variáveis que influenciam a volatilidade do projeto. Utilizar esse recurso será sempre mais razoável, quanto mais os projetos tiverem características semelhantes, por exemplo, projetos de reposição, conversão ou substituição têm muita similaridade. Utilizam-se então as técnicas econométricas para capturar o valor da correlação entre as variáveis e seus respectivos intervalos de confiança, para poder projetar nas variáveis do projeto, os valores futuros. A partir desse ponto, então, pode-se aplicar a simulação Monte Carlo para encontrar a volatilidade do projeto em pauta.
- ✓ Abordagem subjetiva: Deve ser aplicada quando não existe a base histórica e o projeto é tão novo, que a única certeza é que o futuro não será igual ao passado. Nesse caso, deve-se recorrer às informações e à intuição dos responsáveis pelo projeto. Normalmente, tais executivos são capazes de fornecer as informações necessárias. O desafio é, portanto, capturar e estruturar a informação.

Os *processos estocásticos* são cálculos relativos e sequências de eventos governados por leis probabilísticas. Em avaliações de projetos sob regime de incerteza, não conseguimos traduzir o comportamento das variáveis por distribuição probabilística, a não ser por meio de processos estocásticos.

Entre os mais usados para o cálculo das opções e que possibilitam capturar o valor da volatilidade, estão o Modelo Geométrico Browniano (MGB) e a Reversão à Média de Longo Prazo.

O MGB é um processo estocástico no qual o valor do período seguinte de uma variável é igual ao seu valor nesse período, multiplicado por um fator de crescimento contínuo. O fator de crescimento é uma variável aleatória de distribuição normal, de crescimento esperado e de desvio padrão constante.

O fator de crescimento é uma variável aleatória de distribuição normal, de crescimento esperado e de desvio padrão constante. Como o fator determina o nível da variável aleatória nos períodos, tem que definir também seus limites superiores e inferiores, pois, com esses dados podemos deduzir a volatilidade da variável.

Nesse caso, devem-se estruturar as informações direcionando as perguntas aos gestores para extrair as informações de quais são os limites mínimos e máximos que a variável pode alcançar dentro de um intervalo de confiança, já que o fator de

crescimento e os valores esperados da variável já são valores conhecidos na análise do VPL padrão do projeto.

O procedimento de reversão à média representa a evolução de muitas incertezas. A amplitude dentro da qual elas se mantêm é constante, mesmo quando as projeções avançam no futuro. Diferentemente do MGB, que com a evolução no tempo do valor inicial, este tende a ampliar sua variância.

Categorias típicas de incertezas que registram reversão à média são preços das *commodities* e os custos unitários. Nesse caso, as informações necessárias são com que velocidade a variável retorna à média que são os valores dos limites máximos e mínimos que a variável pode alcançar.

Tendo deduzido a volatilidade do projeto, devemos montar a árvore de eventos alicerçada nos valores do ASSR para continuar na avaliação em quatro etapas.

Para *construção da Árvore de Eventos*, é necessário conhecer os seguintes parâmetros: o valor do ASSR (calculado no primeiro passo); o desvio padrão dos retornos do projeto (resultado da simulação Monte Carlo); a vida da opção em anos; número de passos por ano e a taxa anual livre de risco.

Com base nesses parâmetros, é possível calcular os movimentos ascendentes e descendentes e calcular o valor que o ASSR poderá assumir durante o tempo do projeto. Para calcular os movimentos ascendentes (u) e descendentes (d), é utilizado o modelo Cox, Ross e Rubinstein (1979), que deduziram uma relação que permite converter os movimentos u e d em grade binomial e o desvio padrão anual da taxa de retorno do ASSR.

O **terceiro passo** no processo é a identificação das opções reais que estão disponíveis e que a gerência pode exercer no projeto. Identificar seus efeitos sobre o valor presente do projeto e o seu momento de exercício. As opções disponíveis são de características específicas de cada projeto e podem ser: opções de abandono, de expansão, de contração, entre outras. Identificadas quais as decisões e quando elas estão disponíveis, criam-se os nós de decisão.

A **última e quarta etapa** do processo são o cálculo e a análise das opções reais no valor do projeto. Nessa etapa é possível visualizar o verdadeiro impacto que as incertezas e as flexibilidades exercem sobre o valor do projeto. O cálculo das opções é uma sequência detalhada, em que, além de usar grande parte das variáveis descritas anteriormente, utilizam-se novos elementos para executar a valoração e a análise dos resultados.

Nessa parte são incorporados cálculos das probabilidades objetivas e a abordagem do portfólio replicado e, também, já se conhece o valor do ASSR, a volatilidade dos retornos do projeto, a taxa livre de risco, a árvore de eventos e os seus movimentos ascendentes e descendentes e quais são as opções disponíveis do projeto.

A próxima variável a ser calculada é a probabilidade objetiva do projeto. Dado à triangularidade implícita entre o preço do ASSR, os retornos esperados no final do período como resultantes da volatilidade e o custo do capital.

A solução para o valor do projeto com a flexibilidade proporcionada pelas possibilidades das diversas opções começa a ser resolvida sempre no final da árvore de decisão para os retornos ótimos aos nós finais, e de trás para frente, ao longo da árvore.

A análise de cada nó de decisão definirá se a opção será ou não exercida. Essa análise deve ser realizada nó a nó da árvore de decisão. Os retornos para cada nó de decisão é o máximo entre o valor do ativo subjacente sujeito a risco e o valor da opção.

## 6 – TOR x VPL

O Fluxo de Caixa Descontado é um método de análise muito utilizado pelos analistas financeiros para estimarem o valor de uma empresa, por exemplo. O FCD determina o valor futuro estimado para os fluxos de caixa, descontando-os do custo de capital apropriado. Os principais representantes do FCD são o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) (SAITO, TÁVORA JÚNIOR & OLIVEIRA, 2010).

O Valor Presente Líquido (VPL) leva em consideração o valor do dinheiro no tempo – processo que calcula o valor do ativo no passado, presente e futuro - e é considerada uma técnica bastante sofisticada. O VPL é obtido subtraindo-se o investimento inicial de um projeto (FC<sub>0</sub>) do valor presente de suas entradas de caixa (FC<sub>t</sub>), descontadas a uma taxa igual ao custo de oportunidade da empresa (GITMAN, 2004).

Segundo Rezende & Oliveira (2008), quando  $VPL > 0$  significa que o investimento é viável, ou seja, o investimento será recuperado e remunerado de forma completa com a taxa requerida. Esta taxa requerida é a taxa mínima de juro exigida para aceitar um projeto.

A TIR é um indicador e também é considerada uma técnica bastante utilizada. No entanto seu cálculo manual envolve uma técnica de tentativa e erro, o que a torna bem mais complexa do que o cálculo do VPL. A TIR na realidade representa o valor do custo de capital, que iguala o VPL a zero, tornando-se assim uma taxa que remunera o valor que é investido no projeto (JOAQUIM, 2009).

Segundo Dixit & Pindyck (1994), 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 dos projetos de investimentos, o que muitas vezes conduzem a erros graves.

De acordo com Minardi (2004), o interesse das empresas por compreender e aplicar a ferramenta da Teoria das Opções Reais a projetos de investimentos está crescendo, já que o método do Valor Presente Líquido (VPL) não é considerado adequado para avaliar projetos em condições de incerteza, embora ele ainda seja necessário.

A superioridade da TOR em relação aos métodos baseados no fluxo de caixa descontado (FCD/VPL) é justificada pelo fato de as decisões de investimento serem raramente do tipo “agora ou nunca”. Aliado a isso, constata-se que os métodos tradicionais são estáticos, desconsiderando a capacidade da gerência em responder às incertezas (NORONHA, NORONHA & LEITE, 2010).

O VPL assume que todas as informações necessárias (incertezas) para se avaliar o investimento, estão disponíveis no momento em que se avalia o projeto, o que dificilmente é verdade (MICALIZZI & TRIGEORGIS, 1999).

Segundo Brandão (2001) quando o analista de investimentos calcula pura e simplesmente o valor presente líquido de um projeto, ele pode não considerar as inúmeras “opções” que os empresários teriam no futuro, tais como: abandonar parte do projeto, abandonar todo o projeto, não executar um projeto acessório, incorporar outros subprojetos. “Como um projeto é um ativo real, essas opções sobre ativos reais são chamadas de opções reais”.

Outro problema dos métodos de FDC são as taxas de retorno consideradas nos cálculos de viabilidade dos investimentos (DIXIT & PINDYCK, 1995). Em muitos casos essas taxas incorporam a aversão ao risco dos tomadores de decisão, o que representa um critério subjetivo para a análise da decisão. Essas taxas são conhecidas como *hurdle rates* (taxas de obstáculo).

Segundo Dixit & Pindyck (1994), a utilização dos métodos tradicionais de análise de investimentos podem induzir a decisões de investimento equivocadas, uma vez que duas características importantes das decisões de investimento são ignoradas por esses métodos, que são a irreversibilidade do investimento e a possibilidade de adiamento do investimento.

Segundo Trigeorgis (2000), muitos acadêmicos e gestores reconhecem que a abordagem tradicional do método de fluxo de caixa descontado para a avaliação de projetos de investimento de capital não conseguem capturar adequadamente a flexibilidade da administração para se adaptar e rever decisões em resposta às evoluções inesperadas no mercado ao fluxo corrente de informações.

Por meio da análise do VPL, um projeto é aceito se possuir um VPL positivo ( $VPL > 0$ ). Por meio da teoria de opções reais, para que um projeto seja aceito, é necessário que o projeto seja suficientemente lucrativo. Enquanto o método do VPL rejeita os projetos com VPL negativo ( $VPL < 0$ ), com a teoria de opções reais é possível

recomendar o investimento em projetos considerados estratégicos, como projetos que possuem opções de expansão significativas (DIAS, 1996).

O método do VPL não considera o valor da ação gerencial, já a teoria de opções reais permite ao gerente maximizar os ganhos em situações favoráveis e minimizar as perdas em situações desfavoráveis (BREALEY & MYERS, 1992).

É por isso que a TOR está sendo considerada uma metodologia mais moderna e abrangente, pois, normalmente, o uso do Valor Presente Líquido (VPL) subestima o valor total do projeto, por desconsiderar o valor de suas eventuais flexibilidades gerenciais (SOUZA NETO, OLIVEIRA & BERGAMINI JÚNIOR, 2008).

De acordo com Saito, Távora Júnior & Oliveira (2010), opções reais é um modelo de precificação de projetos, que pode ser utilizada para analisar decisões de investimento, ou seja, e a flexibilidade que um gerente tem para tomar decisões a respeito de ativos reais.

O grande diferencial da TOR é que ela valora a flexibilidade para reagir a eventos incertos, ou seja, ela preenche a lacuna deixada pelo fluxo de caixa descontado, o que não acontece com o VPL, servindo, portanto para avaliar ativos reais (projetos de investimento). O ponto central de análise da TOR é a valoração do resultado líquido do projeto, considerando as incertezas (GITMAN, 2004; BRENNAN & SCHWERTZ, 1985).

Para Minardi (2004) o VPL é considerado como ponto de partida para análise de opções reais. No qual não é levada em consideração à flexibilidade gerencial na tomada de decisão. No entanto, ambas as metodologias consideram todos os fluxos de caixa ao longo de vida de um projeto, sendo considerados como abordagens de fluxo de caixa descontado.

A possibilidade de adiamento de um investimento é uma opção importante e que não deve ser desconsiderada ao se avaliar um projeto de investimento. O VPL de um projeto estático de investimento (VPL estático) é inferior ao VPL dinâmico de um projeto (VPL expandido), pelo fato do primeiro incorporar o valor da opção, conforme mostrado por TRIGEORGIS (1995):

$$\mathbf{VPL_{expandido} = VPL_{estático} + Opção}$$

Apesar dessa falha no VPL de ignorar as flexibilidades gerenciais, o VPL ainda é bastante utilizado em projetos onde a incerteza é pequena. No entanto, à medida que se trabalha com cenários de grande incerteza e flexibilidades significativas, deve-se

reformular o VPL, para que seja possível capturar o valor dessas flexibilidades. Como mostra (TRIGEORGES, 1997; MINARDI, 2004).

De acordo com Pasin, Martelanc & Souza (2011), a melhor forma de se abordar uma avaliação de um projeto de investimento é ver a oportunidade como uma sucessão de opções de crescimento.

Ao se fazer uma avaliação, o cálculo do retorno a ser obtido no investimento (VPL<sub>estático</sub> e TIR) pode ser complementado com o cálculo do valor da opção real que será criada pelo investimento sucessivo na empresa e/ou da opção de adiamento ou retração (LUEHRMAN, 1998; MINARDI, 2004; MAGEE, 1964).

Segundo Copeland & Antikarov (2002), quando se avalia um projeto utilizando a TOR, ao contrário do que parece, não significa que a análise do VPL está sendo abandonada, até porque a opção real inicia-se a partir do VPL, ou seja, a TOR complementa a análise do VPL.

Segundo Carvalhaes (2006), para relacionar as opções reais com as opções financeiras é fundamental conhecer a influência do Valor Presente Líquido em todo esse processo. O VPL do próprio projeto sem flexibilidade deve ser utilizado como o ativo do objeto que é comparado com o preço do exercício, assim, é possível obter a melhor estimativa não tendenciosa para o valor de mercado de um projeto por meio do VPL tradicional (sem flexibilidade) (COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

Para que o valor da opção seja independente da atitude dos investidores perante o risco, deve-se atender a dois elementos fundamentais que relacionam a regra do VPL à TOR, a possibilidade de adiamento e a irreversibilidade do investimento (RIGOLON, 1999; BETZ, 1998; BRENNAN & SCHWARTZ, 1985).

No entanto, existem casos de investimentos que podem ser reversíveis e se a organização tem a possibilidade de “desinvestir” em curto período de tempo, recuperando o valor investido, considerando as variáveis que influenciam no retorno do mesmo, a regra do VPL também pode ser aplicada, possibilitando o investimento imediato (IUBEL, 2008; SAMANEZ, 2007).

De acordo com Meirelles (2003), a decisão pelo uso do VPL, desconsidera a opção que a empresa tem de esperar para realizar o investimento, isto é, se a empresa optar por esperar, poderá aferir com maior nitidez as variáveis que relacionam diretamente a opção real com a opção financeira. Com isso, facilita-se a determinação da volatilidade do valor do projeto com maior precisão, o que é muito difícil para o caso do VPL (REBELATTO, 2003).

A decisão com base no Valor Presente Líquido, por consequência, determina que a empresa pague um custo de oportunidade equivalente ao valor da própria opção (MATIAS, 2003).

Para Copeland & Antikarov (2002), no atual cenário de mercado competitivo e dinâmico, é incorreto desconsiderar essas variáveis, pois, a flexibilidade no processo decisório de adaptar futuras ações em resposta às diferentes condições de mercado e reações competitivas expande os valores das oportunidades de investimentos, potencializando as possibilidades de ganhos enquanto reduz os riscos de perdas.

Segundo Neto, Oliveira & Bergamini Júnior (2008), a questão da flexibilidade do valor impõe, portanto, que a análise baseada no fluxo de caixa descontado seja revista, já que ela fornece os resultados provenientes de um único cenário. Uma alternativa que se apresenta é a utilização da teoria das opções (PINHEIRO, SOUZA & SAVOLA, 2010).

A aplicação da teoria de opções não está restrita aos mercados de derivativos, mas encontra utilidade em outros campos das finanças. Saunders (2000) explica que o patrimônio líquido de uma empresa pode ser visto como um direito residual, onde os acionistas só terão direitos a reivindicar sobre os ativos após todo o capital de terceiros haver sido ressarcido; portanto, o capital próprio, sob o ponto de vista do investidor, assemelha-se a uma opção de compra.

A Figura 5 ilustra o diagrama de retornos de uma opção real, onde determinado projeto requer um investimento inicial e pelo qual se pretende obter no futuro um fluxo de caixa. Se o valor presente dos mesmos for inferior ao valor do investimento inicial o projeto não será viável.

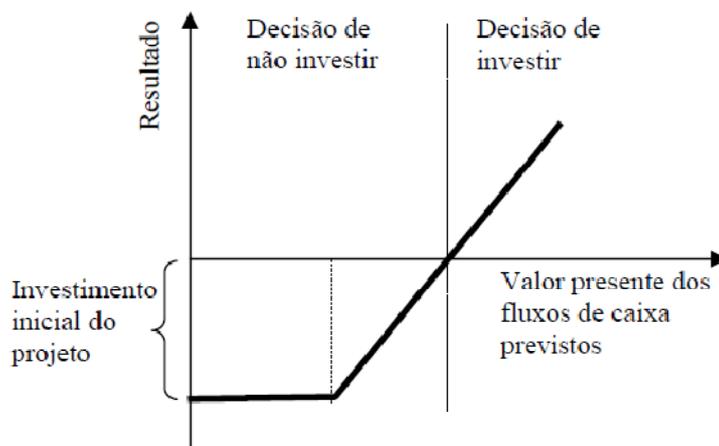


Figura 5 - Opções Reais e a opção de investir

Ao avaliar um projeto de investimento, é necessário considerar a possibilidade de adiá-lo, para que se possam aguardar novas informações e, desta forma, resolver algumas incertezas, e/ou esperar que as condições para a realização do investimento melhorem (PINDYCK, 1988; BREALEY & MYERS, 1992).

Segundo Black & Scholes (1973), raramente um investimento é do tipo agora ou nunca. Contudo, considerações estratégicas podem fazer com que as firmas antecipem os investimentos, visando, por exemplo, inibir a entrada de competidores, efetivos ou potenciais, na indústria (MOREIRA *et. al.*, 2000).

A possibilidade de adiar uma decisão de investimento permite aos tomadores de decisão tempo para examinar o desenrolar dos futuros acontecimentos e dá a chance de evitar erros de custo elevado, caso ocorram cenários desfavoráveis. Por outro lado, caso os eventos futuros caminhem para um cenário mais favorável, a espera terá permitido realizar o projeto em condições mais vantajosas, com uma maior rentabilidade (DIAS, 1996).

Mesmo com todas as suas vantagens em relação ao VPL, Fernández (2002) aponta alguns erros e dificuldades comuns na análise de projetos ou valoração de empresas por meio de opções reais e são eles:

- a) Assumir que a opção é replicável e aplicar a fórmula de Black & Scholes;
- b) A estimativa de volatilidade ser arbitrária e possuir efeito decisivo no valor da opção;
- c) Não é apropriado descontar os valores esperados dos fluxos de caixa pela taxa livre de risco (como feito implicitamente quando se usa o modelo Black; Scholes), porque a incerteza de custos e receitas na data de exercício pode ser maior ou menor do que a estimativa de hoje;
- d) Nem sempre se sabe o preço exato de exercício;
- e) Acreditar que o valor da opção aumenta quando as taxas de juros aumentam, e;
- f) Valorar contratos como opções reais quando na verdade não o são.

Copeland & Antikarov (2002) sinalizam outros problemas, como presumir incorretamente que a volatilidade do ativo subjacente sujeito a risco é igual à de alguns de seus componentes.

Para Nogueira (2006), em geral, a maior parte da volatilidade pode ser atribuída a duas ou três fontes de incerteza, e o conjunto de opções realistas podem, ao menos no curto prazo, ser reduzido a algumas poucas (DIXIT & PINDYCK, 1995).

Copeland & Antikarov (2002) lembram que muitas vezes surgem dúvidas quanto à extensão temporal da grade aplicada à opção real. A solução se baseia no fato de que as opções têm um risco mais elevado do que o ativo subjacente sujeito a risco do qual depende. Em consequência, o valor dos seus fluxos de caixa esperados (executados de modo ótimo), que estão razoavelmente longe no tempo, é descontado por um fator de valor presente, que rapidamente se aproxima de zero.

Segundo Nogueira *et al.* (2006), uma regra prática a ser considerada é a de ignorar opções que se estendem por mais de quinze anos, exceto quando os fluxos de caixa futuros dos anos mais afastados tenham peso muito relevante.

## **7 – MATERIAL E MÉTODO**

### **7.1 – ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo pertence à Votorantim Siderurgia, Grupo Votorantin, localizada no município de Vazante, na região Noroeste do estado de Minas Gerais. A latitude é 17°36' 09' ' e a longitude é 46°42' 02'' Oeste de Greenwich. A altitude é de 550m. O clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen (SOUZA, 2007). A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação média anual é de 1.450mm.

As unidades de estudo foram compostas por talhões de um clone de híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* provenientes de matrizes remanescentes de áreas produtivas da própria empresa, plantados no espaçamento 9 + 3 x 2 metros, em consórcio com soja e boi gordo, objetivando produzir madeira para serraria (fabricação de móveis) e energia (produção de carvão).

### **7.2 – BASE DE DADOS**

A base de dados utilizada na análise foi fornecida pela empresa sendo composta de informações de custos e receitas da implantação, condução e colheita dos produtos saca de soja e arroba (@) do boi gordo e, implantação e condução do eucalipto para venda do metro cúbico (m<sup>3</sup>) da madeira em pé.

#### **7.2.1 – Soja**

A soja é implantada no espaço de 9 metros entre as linhas do eucalipto, em uma área útil de 6,4 metros nos anos 1, 2 da primeira rotação, no ano 7 (após desbaste) e no ano 8 (final da primeira rotação).

A produtividade da soja no sistema foi de 18,67sc/ha (sacas por hectare). A baixa produtividade é justificada pelo uso de 53,33% da área cultivada

Os custos considerados para implantação da cultura no sistema agroflorestal, são dez por cento (10%) maiores que a implantação da cultura soja solteira, devido às

movimentações na área descontínua. A Tabela 1 apresenta os dados de custos de implantação da soja na área de SAF:

Tabela 1 - Custos utilizados na implantação da soja no Sistema Agroflorestal (R\$/ha)

Operação	Mecanizado		Manual		Insumos		Custo Total	
	Rotação		Rotação		Rotação		Rotação	
	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°
Dessecação	-	40,00	-	-	-	33,30	-	73,30
Calagem	40,00	40,00	-	-	42,00	42,00	82,00	82,00
Aplicação de herbicida	64,00	-	-	-	104,70	-	168,70	-
Inoculação e tratamento de sementes	-	-	6,39	6,39	24,52	17,52	30,90	23,90
Plantio e adubação	36,85	36,85	4,26	4,26	365,60	365,60	406,71	406,71
Aplicação de herbicida	32,00	32,00	-	-	65,60	65,60	97,60	97,60
Aplicação de inseticida	32,00	32,00	-	-	4,42	4,42	36,42	36,42
Aplicação de inseticida	32,00	32,00	-	-	12,25	12,25	44,25	44,25
Abastecimento de água para pulverização	9,00	9,00	-	-	-	-	9,00	9,00
Colheita	132,00	132,00	-	-	-	-	132,00	132,00
Adubação de cobertura	40,00	40,00	-	-	119,84	119,84	159,84	159,84
Aplicação de micronutrientes	32,00	32,00	-	-	10,02	10,02	42,02	42,02
Aplicação de fungicida	64,00	33,60	-	-	80,00	80,00	144,00	113,60
<b>Total</b>	<b>513,85</b>	<b>459,45</b>	<b>10,65</b>	<b>10,65</b>	<b>828,94</b>	<b>750,54</b>	<b>1.353,43</b>	<b>1.220,63</b>
<b>Total Proporcional Geral</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>974,47</b>	<b>878,85</b>

Fonte: Votorantim Siderurgia (2012) adaptada pela autora.

Os preços considerados, pela empresa, para geração de receita são baseados na média histórica dos preços da soja, R\$ 40,00 a saca.

### 7.2.2 – Boi Gordo

O gado (bezerro ou garrote) é introduzido no sistema a partir do ano 3, com peso médio de 8,25@, com rotação anual, até o ano 6, quando se dá início ao manejo da floresta com o primeiro desbaste, e , é reintroduzido a partir do ano 10 até o ano 14 , ano de encerramento do projeto.

No período em que o animal permanece no sistema há um ganho de peso de 8,25@ sendo encaminhado para venda com peso aproximado de 16,5@.

Os custos relacionados para formação do pasto e construção de infraestrutura estão dispostos na Tabela 2:

Tabela 2 - Custos para produção do boi gordo (R\$/ha).

Operação	Formação de Pastagem			
	Mecanizado	Manual	Insumos	Total
Gradagem intermediária	87,50			87,50
Gradagem niveladora	21,25			21,25
Mistura de adubo	0,50	8,52	240,00	249,02
Semeadura			30,30	30,30
Distribuição da mistura de adubo	53,60			53,60
Compactação com rolo	30,15			30,15
Operação (R\$/ha)	Infraestrutura			
	Mecanizado	Manual	Insumos	Total
Construção de eucarca elétrica		45,39	26,00	71,39
Instalação de aguadas		18,48	6,00	24,48
Perfuração de valetas	55,00	28,36	7,28	90,64
Saleiras		15,33	6,60	21,93
Depreciação				2,49
Operação (R\$/ha)	Outros custos			
	Insumos	Mão de obra	Aquisição de animais	Total
Vacina antiaftosa	2,70			2,70
Vacina anticarbúnculo	0,89			0,89
Vermífugo	6,66			6,66
Sal mineral	44,35			44,35
Carrapaticida/ Bernicida	9,44			9,44
Vaqueiro		14,40		14,40
Veterinário		3,29		3,29
Aquisição de novilhos (@)			75,00*	618,75
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>1.383,22</b>

\*Novilho entra no sistema com 8,25@.

Fonte: Votorantim Siderurgia (2012) adaptada pela autora.

O preço da arroba do boi gordo para geração de receitas adotada pela empresa é o valor atual de mercado no ano de inserção do novilho no sistema.

### 7.2.3 – Eucalipto

No ano 0 (zero) do projeto ocorre a implantação do eucalipto com espaçamento de 9 + 3 x 2, constituindo 12 m<sup>2</sup> por planta, com total de 833 plantas por hectare.

O volume de madeira foi estimado via prognose da produção e os valores utilizados foram estimados pela empresa, utilizando o modelo para curvas de sítios de Richards e para crescimento e produção de Schumacher.

De acordo com a prognose de produção, realizada pela empresa, o incremento médio anual esperado é de 40 m<sup>3</sup>/ha/ano.

As medições para realização da prognose iniciaram no ano de 2004, sendo realizadas medições mensais, nos anos subsequentes (2005, 2006, 2007, 2008 e 2009).

No primeiro desbaste, realizado no ano 6, foram retirados 75% do volume, que equivale a 120 m<sup>3</sup>, essa madeira é destinada a produção de energia.

No ano 8, é realizado o corte raso da floresta e retira-se 120m<sup>3</sup>, dos quais, 48m<sup>3</sup>, equivalente a 40% do volume total é destinado ao uso nobre da madeira e, o restante, 60% (72m<sup>3</sup>), é utilizado para energia.

Seguindo o manejo da floresta após o corte raso, conduz-se a brotação das cepas, com expectativa de produtividade de 216 m<sup>3</sup>, ao final do ciclo, no ano 14. Toda madeira do segundo ciclo é destinada a energia.

Os custos de implantação da cultura do eucalipto no sistema estão apresentados na Tabela 4:

Tabela 3 – Custos de implantação do eucalipto no Sistema Agroflorestal (R\$/ha)

IMPLANTAÇÃO				
Operação	Mecanizado	Manual	Insumos	Custo Total
1º Combate a formigas	-	61,32	37,60	98,92
Abertura de estradas e aceiros	27,50	-	-	27,50
Acabamento de estradas e aceiros	27,50	-	-	27,50
Encascalhamento carreador (25%)	78,30	-	-	78,30
2º Combate a formigas	-	30,66	9,40	40,06
Dessecação	64,00	-	60,00	124,00
Balizamento	-	10,22	-	10,22
Distribuição de corretivos	60,00	7,49	60,00	127,49
Subsolador adubador	120,60	-	400,00	520,60
3º Combate a formigas	-	25,55	4,70	30,25
1º Aplicação de herbicida	53,60	-	43,20	96,80
Plantio com plantadeira manual	40,00	74,94	367,50	482,44
Irrigação – 100%	96,00	18,74	-	114,74
Abastecimento água para irrigação	18,00	-	-	18,00
Adubação de plantio	22,50	51,10	142,80	216,40
4º Combate a formigas – repasse	-	7,49	0,94	8,43
Replante	-	7,49	18,38	25,87
2º Aplicação herbicida	53,60	-	0,38	53,98
1º Adubação de cobertura – manual	40,00	51,10	72,00	163,10
Abastecimento água para herbicida	11,25	-	-	11,25
<b>Total Proporcional Geral</b>	<b>712,85</b>	<b>346,10</b>	<b>1.216,89</b>	<b>2.275,85</b>

Fonte: Votorantim Siderurgia (2012) adaptada pela autora.

Os dados referentes aos custos incorridos na manutenção do eucalipto que compõe o sistema estão descritos na Tabela 5:

Tabela 4 - Custos de manutenção do eucalipto no Sistema Agroflorestal (R\$/ha)

Ano	Operação	Mecanizado	Manual	Insumos	Custo Total
1	Suporte Técnico	-	-	98,00	98,00
	Capina química manual na linha	96,00	149,89	36,00	281,89
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	1º Desrama p/madeira nobre	-	37,47	-	37,47
	2º Adubação de cobertura	55,00	-	96,00	151,00
2	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Capina química manual na linha	48,00	74,94	18,00	140,94
	3º Adubação de cobertura	40,00	-	72,00	112,00
	Inventário – crescimento	-	74,94	-	74,94

	2º Desrama p/madeira nobre	-	74,94	-	74,94
3	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação	27,50	-	-	27,50
	Combate formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário – crescimento	4,60	-	-	4,60
4	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	4,60	-	4,60
5	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário – crescimento	-	74,94	-	74,94
6	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário – crescimento	-	74,94	-	74,94
	Herbicida pré corte – condução de brotação	80,00	-	13,32	93,32
7	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Adubação – condução de brotação	80,00	-	357,00	437,00
	Capina manual na linha	48,00	74,94	18,00	140,94
	Inventário – colheita	-	149,89	-	149,89
8	Suporte Técnico	-	-	98,00	98,00
	Desbrota da brotação do desbaste	-	74,94	-	74,94
	Conservação de aceiros	4,40	-	-	4,40
	Combate a formigas	-	37,47	11,75	49,22
	Inventário – colheita	-	149,89	-	149,89
9	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formiga	-	15,33	7,05	23,38
	Inventário – Avaliação do crescimento	-	149,89	-	149,89
10	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Desbrota da brotação – madeira nobre	-	37,47	-	37,47
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário/Avaliação de crescimento	-	74,94	-	74,94
11	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário/Avaliação de crescimento	-	74,94	-	74,94
12	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário/Avaliação de crescimento	-	74,94	-	74,94
13	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário/Avaliação de crescimento	-	74,94	-	74,94
14	Suporte Técnico	-	-	42,00	42,00
	Conservação de aceiros	27,50	-	-	27,50
	Combate a formigas	-	15,33	7,05	22,38
	Inventário/Colheita/Plano de corte	-	149,89	-	149,89
<b>Total Geral</b>		<b>808,90</b>	<b>1.965,07</b>	<b>1.413,72</b>	<b>4.187,69</b>

Fonte: Votorantim Siderurgia (2012) adaptada pela autora.

O custo referente ao suporte técnico é anual e corresponde a 3,5% do custo de Implantação do Projeto.

O preço do metro cúbico da madeira em pé praticado pela empresa foi de R\$40,00 para energia e de R\$80,00 para serraria.

### **7.3 – MÉTODOS DE ANÁLISE**

O trabalho avaliou uma empresa florestal com o método de opções reais compostas do tipo arco-íris, que utiliza SAF como forma de investimento não correlacionada com ativos financeiros, isso quer dizer que, nenhum dos produtos oriundos do SAF é transacionado em mercado de capitais ou seguem os preços de *commodities*.

Em situações de opções complexas, como é o caso da análise de Sistemas Agroflorestais que apresenta diversas volatilidades, o valor das opções é obtido por meio de cálculos complexos, requerendo para tanto, o uso de softwares específicos.

Para minimizar a complexidade dos cálculos e tornar o método acessível, Copeland & Antikarov (2001) propuseram quatro etapas. Tais etapas nortearam o desenvolvimento deste trabalho e foram desenvolvidas no ambiente *Windows* com utilização do *Microsoft Excel*®.

As variáveis selecionadas para a análise seguiram um critério de classificação levando em consideração a sua relevância em relação ao seu percentual observado no fluxo de caixa, seguindo a afirmação de Amram & Kulatilaka (1999) “*devido à dificuldade de identificação e mensuração de todas as opções existentes, prioriza-se as que exercem maior influência no valor do projeto*”.

#### **7.3.1 – Método de Copeland & Antikarov**

As etapas para análise de investimentos utilizando opções reais desenvolvidas por Copeland & Antikarov estão descritas no item 5 e são utilizadas no estudo.

**1. O valor presente do projeto de SAF sem flexibilidade** foi calculado e avaliado, aplicando-se o método do Valor Presente Líquido (Rezende & Oliveira, 2008) com fluxo de caixa anual. O horizonte de planejamento do projeto foi de 14 anos.

A taxa adotada pela empresa em suas análises financeiras com Sistemas Agroflorestais é de 9,9% a.a. (ao ano) calculado pelo WACC, sendo a mesma taxa exigida pelos investidores e de 10% a.a. para retorno da própria empresa.

Como o valor da taxa já está determinado, não foi necessário efetuar cálculos baseados em séries históricas, nem executar estudos de mercado para os produtos do sistema, tão pouco utilizar dados de um portfólio replicado, para a obtenção desse valor (BRANDÃO, DYER & HANH, 2005; COPELAND & ANTIKAROV, 2001).

No entanto, como há investimentos de terceiros, foi necessário determinar o Custo Médio Ponderado do Capital (CMPC ou WACC) que, nada mais é do que uma média ponderada do capital de terceiros e do capital próprio (FARBER, GILLET & SZAFARZ, 2006), para gerar uma taxa única utilizada nos cálculos de valor presente do projeto (FERNÁNDEZ, 2007).

Como as taxas estipuladas pelos investidores e pela empresa já estão pré-definidas, o cálculo foi simplificado sem perder sua relevância para confiabilidade dos resultados gerados. O cálculo do CMPC seguiu as seguintes etapas, conforme Tham & Pareja (2009):

a – Determinou-se o custo de capital de terceiros ( $R_t$ ), que é a taxa de retorno que os credores exigem para emprestar novos recursos à empresa (FORSTER, 2009). A taxa exigida da empresa pelos investidores foi de 9,9% a.a. Como a taxa é determinada, não será necessário descontar a inflação e as alíquotas de impostos, considerando que essas premissas já foram adotadas na avaliação prévia de investimento.

b – Determinou-se o custo de capital próprio ( $R_p$ ), definido como o retorno exigido por investidores da empresa, que é o custo de capital próprio da empresa. Igualmente à determinação do custo de capital de terceiros, o custo de capital próprio, também já é pré-determinado pela empresa no valor de 10% a.a. (por cento ao ano).

Considerando que o investimento de terceiros ( $C_t$ ) na empresa é de 50% e de capital próprio ( $C_p$ ) 50%, o valor de WACC foi calculado por:

$$\text{WACC} = \frac{D}{V} * R_d * (1 - i) + \frac{E}{V} * R_e \quad (4)$$

Onde:

D = valor de mercado do endividamento de longo prazo;

E = valor de mercado do capital acionário (equity);

V=D+E,  $R_d$  é o custo do endividamento para a empresa;

Re = custo do capital acionário da empresa;

i = alíquota marginal de impostos.

Como os valores de D, E, D, Re e i já estavam definidos pela empresa e pelos acionários, foi então utilizada a fórmula simplificada para obtenção do Custo Médio Ponderado do Capital, a seguir:

$$\mathbf{WACC} = (\mathbf{R}_t * \mathbf{CT}) + (\mathbf{R}_p * \mathbf{CP}) \quad (5)$$

Sendo:

WACC ou CMPM = Retorno exigido = TMA = Taxa de desconto

R<sub>t</sub> = Custo de capital de terceiros

CT = TMA de terceiros

R<sub>p</sub> = Custo de capital da empresa

CP = TMA da empresa

O valor do projeto (VPL) foi determinado descontando os fluxos de caixa futuros a uma taxa de desconto ajustada ao risco do projeto sem flexibilidade gerencial, de acordo com Rezende & Oliveira (2008):

$$\mathbf{VPL} = \sum_{j=0}^n \mathbf{R}_j (1 + \mathbf{WACC})^{-j} - \sum_{j=0}^n \mathbf{C}_j (1 + \mathbf{WACC})^{-j} \quad (6)$$

Sendo:

VPL = valor presente líquido;

R<sub>j</sub> = receitas no período j;

C<sub>j</sub> = custos no período j;

WACC = taxa de desconto;

j = período de ocorrência dos custos e das receitas;

n = número total de anos do fluxo de caixa.

Na realização dos cálculos, para o valor do ativo negociado foi adotado o valor presente do próprio projeto, sem flexibilidade, como o ativo objeto sujeito a risco, conforme Copeland e Antikarov (2001) “(...) se (os pressupostos) são aceitáveis na

análise do VPL, então podemos considerar razoável que o valor presente de um projeto sem flexibilidade seja o valor que ele teria, caso fosse um ativo negociado”, seguindo as premissas do MAD (*Marketed Asset Disclaimer*), pois não existem projetos semelhantes negociados no mercado e o VPL é adotado como ativo subjacente no portfólio replicante (HSU & LAMBRECHT, 2007; MÉNDEZ, 2009).

Segundo Samuelson (1965), em um mercado eficiente, os preços de um ativo já embutem todas as informações disponíveis e, independentemente de quais sejam os fluxos de caixa esperados para o projeto, o Valor Presente possuirá variações que obedecem a um caminho aleatório.

**2. Construção da árvore de eventos** (a árvore de eventos não incorpora decisões) partindo-se de  $t_0$  até  $t_n$ , com o objetivo de modelar as incertezas que influenciam o valor do ativo subjacente sujeito a risco ao longo do tempo.

O processo estocástico dos preços é dado pelo movimento geométrico browniano:

$$dP = \mu P dt + \sigma P dz \quad (7)$$

Sendo:

$P$  = preço do ativo no instante  $t$ ;

$\mu$  = taxa de crescimento de  $P$  (*drift*);

$\sigma$  = volatilidade de  $P$  (desvio-padrão instantâneo);

$dz$  = incremento de um processo de Wiener.

Para simplificar o cálculo foi utilizado o modelo binomial de Cox, Ross & Rubinstein (1979). Neste modelo, o processo estocástico contínuo do preço do ativo descrito pela equação (9) foi substituído por um caminho aleatório discreto com dois estados  $u$  (*up*) e  $d$  (*down*), que correspondem a uma alta e uma baixa do preço, considerando a probabilidade de ocorrência e a volatilidade.

A volatilidade (desvio padrão anualizado da distribuição dos retornos de um projeto em condições de incerteza) do valor agregado do projeto foi calculada utilizando as equações a seguir, seguindo Copeland & Antikarov (2001), Brandão, Dyer & Hanh (2005):

$$z = \ln \left( \frac{VP_1}{VP_0} \right) \quad (8)$$

Onde:

$$VP_0 = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+WACC)^t} \quad (9)$$

e

$$VP_1 = \sum_{t=2}^T \frac{FC_t}{(1+WACC)^{t-1}} \quad (10)$$

z = Variável de previsão;

ln = logaritmo neperiano;

VP<sub>1</sub> = Valor presente em t<sub>1</sub>;

VP<sub>0</sub> = Valor presente em t<sub>0</sub>;

FC<sub>1</sub> = Fluxo de caixa em t<sub>1</sub>.

A equação 10 foi utilizada para determinar a variável de previsão e foi utilizada como desvio do fluxo de caixa, a equação 11 foi utilizada para definir o valor presente no ano zero e a equação 12 para determinar o valor presente no ano 1.

Este cálculo foi realizado para cada interação e forneceu a distribuição dos retornos do projeto já implantado e seu desvio padrão. A partir desse ponto, aplicou-se a simulação dos dados por meio do Método Monte Carlo (VIALI, 2001; MORAES & LAURINDO, 2004).

Com esses dados foi realizada uma simulação utilizando o método Monte Carlo para a obtenção da nova volatilidade (incerteza) que foi utilizada como única em todo projeto, ano a ano, e aplicada para elaboração da árvore de eventos binomial.

A simulação seguiu os seguintes passos (BECKER & FERNANDES, 2005):

- a. No *Microsoft Excel*®, no item dados, localizado na aba principal, foi selecionado análise de dados e, dentro da aba análise de dados, o item geração de número aleatório.
- b. Ao clicar em geração de número aleatório, abrirá uma caixa para preenchimento das premissas: número de variáveis – VPL (1), número de números aleatórios (10.000), distribuição (normal), média e desvio padrão. Essa etapa foi realizada diversas vezes, adotando as mesmas premissas. Foram escolhidos os valores que melhor representaram uma distribuição normal.
- c. Com a saída dos dados foram gerados os valores para o desvio padrão que representou a volatilidade e a média, para construção da árvore de eventos.

De acordo com Assis (2008), Copeland & Antikarov (2001), Almansour & Insley (2011), Abdallah & Lasserre (2012), com a Simulação Monte Carlo, é possível adequar as variáveis estocásticas às premissas exigidas pela TOR sem que seja necessário utilizar os cálculos seminais do método, pois, passam a obedecer aos movimentos geométricos brownianos com reversão à média, devido à distribuição normal.

3. Depois de obtida a volatilidade do projeto, determinaram-se as decisões gerenciais tomadas nos nós da árvore de evento, para transformá-la em árvore de decisões binomial replicante, utilizando probabilidades neutras ao risco.

A árvore de eventos foi elaborada no *Microsoft Excel*. Os valores preveem os movimentos ascendentes ( $u$ ) e descendentes ( $d$ ) e suas probabilidades neutras a risco  $p$  e  $(1-p)$ , taxa de juros livre de risco ( $R_f$ ), volatilidade do projeto ( $\sigma$ ), variação do tempo ( $\Delta t$ ), conforme as equações a seguir:

$$\mathbf{u} = \mathbf{e}^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (11)$$

$$\mathbf{d} = \mathbf{1}/\mathbf{u} \quad \text{ou} \quad \mathbf{d} = \mathbf{e}^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (12)$$

$$\text{FCn ascendente} = \text{FC}_{n-1} * \mathbf{u} \quad (13)$$

$$\text{FCn descendente} = \text{FC}_{n-1} * \mathbf{d} \quad (14)$$

$$\mathbf{p} = \frac{(1+R_f)-\mathbf{d}}{(\mathbf{u}-\mathbf{d})} \quad (15)$$

$$\mathbf{q} = (\mathbf{1} - \mathbf{p}) \quad (16)$$

Onde:

$u$  = movimento ascendente – valor que multiplica o projeto com uma evolução positiva.

Será sempre maior que 1;

$d$  = movimento descendente assumido no momento 1 do projeto. Será sempre menor que 1.

$\sigma$  = volatilidade do projeto;

$e^\sigma$  = intervalo de tempo limitado a 1.

$p$  = probabilidade neutra ao risco (risco-neutro);

$\Delta t$  = variação do tempo.

Os fluxos de caixa ascendente e descendente foram obtidos com a multiplicação dos parâmetros  $u$  e  $d$  pelo valor inicial do projeto.

Como a análise envolve muitos períodos, foi construída a árvore binomial, que é de fácil visualização, além de permitir maior flexibilidade no momento da inserção das opções reais nos nós (BRANDÃO, DYER & HAHN, 2005). Os fluxos de caixa futuros podem ser trazidos a valor presente pela taxa livre de risco (HULL, 2005).

A árvore binomial apresenta os mesmos resultados da grade binomial, proposta por Copeland & Antikarov (2001), com um diferimento, uma duplicação de alguns nós, como mostrado na Figura 6:

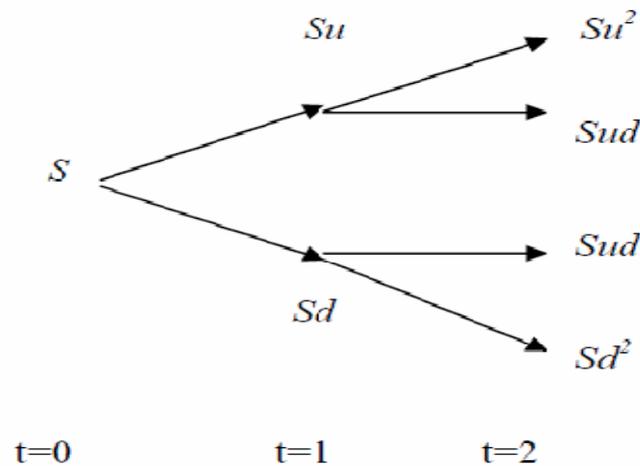


Figura 6 - Árvore Binomial descrita por Brandão (2003)

Com a árvore montada, testou-se a consistência da modelagem verificando se o resultado da modelagem binomial do ativo base sem considerar suas flexibilidades, chega ao mesmo valor obtido pela análise estática de VPL. Uma vez testada a consistência, introduziu-se no modelo as diferentes opções identificadas, utilizando para isso os nós de decisão disponíveis na ferramenta.

4. Calculou-se a opção real. O cálculo foi realizado de trás (últimos períodos) para frente (até o primeiro período). No último período, o valor do fluxo de caixa foi o máximo entre o valor da opção e zero, assim, para cada célula da última coluna a opção foi avaliada conforme equação:

$$V_{OR} = \text{Max}[X - V^{u \text{ ou } d}; 0] \quad (17)$$

Onde:

$V_{OR}$  = valor da opção real;

V = valor presente da árvore de eventos;

X = preço de exercício da opção.

A equação foi aplicada tanto para **u** quanto para **d**.

Quando o valor presente do projeto calculado no nó correspondente da árvore de eventos for maior que o valor investido, a opção deverá ser exercida e seu valor é  $V - X$ . Caso contrário, a opção não deverá ser exercida e seu valor é zero.

O valor destes fluxos de caixa será então o máximo entre o valor do exercício imediato e o valor de espera para o resultado do período subsequente.

Após o cálculo do valor da opção, a árvore de decisão foi montada com os valores obtidos para visualizar as decisões a serem tomadas.

O método da árvore de decisões representa uma tentativa de considerar alternativas existentes ao longo do tempo num processo decisório. De acordo com Magee (1964), a árvore de decisões é um meio de mostrar a anatomia de uma decisão de investimento e de mostrar a interação entre a decisão presente, eventos possíveis, ações de competidores e possíveis decisões futuras e suas consequências.

A abordagem da análise por árvore de decisões para o orçamento de capital pode levar em consideração decisões futuras feitas pela empresa e incorporar alguma flexibilidade administrativa no projeto.

O VPL expandido ( $VPL +$  o valor da opção) é expresso pela equação:

$$VPL_{exp} = VPL_T + VP_{OR} \quad (18)$$

Onde:

$VPL_{exp}$  = Valor Presente Líquido expandido;

$VPL_T$  = Valor Presente Líquido tradicional;

$VPL_{OR}$  - Valor Presente da opção.

## 8 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 – APLICAÇÃO DO MÉTODO SEGUINDO AS ETAPAS ESTABELECIDAS POR COPELAND & ANTIKAROV

#### 8.2.1 – Taxa de juros - WACC

Usualmente, trabalhos de análise de viabilidade financeira de investimentos em projetos florestais consideram taxas de juros que variam entre 4% e 18%a.a, pois consideram desde capital próprio a taxa de juros de linhas de créditos para produção (AMARO, 2010; REZENDE & OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2008; SOUZA, 2007; SANTOS & PAIVA, 2002).

Nas análises realizadas para opções financeiras, utiliza-se a taxa de juros livre de risco, pois, há a certeza dos preços futuros estabelecidos em contratos e, com isso pressupõe-se, segundo Trigeorgis (2000), Amram & Kulatilaka (1999), Araújo (2004), Brandão (2010) que o valor, executado ou não, no cumprimento do contrato, não se alterará por não sofrer nenhuma influência externa.

A taxa de juros livre de risco utilizada para a primeira análise foi a taxa média SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) que registra as transações com títulos públicos e mede o custo de captação da dívida interna, conforme Bruni, Famá & Siqueira (2001). De acordo com alguns autores essa taxa costuma ser adotada quando não existem ativos transacionados no mercado de capitais.

Para realização da análise, foi utilizada a taxa de desconto determinada pela empresa de 10%a.a., associada à taxa de retorno exigida pelos investidores de 9,9%a.a., utilizando o WACC.

Com a determinação do WACC, ajustou-se a nova Taxa Mínima Atratividade ponderada de 9,95%a.a., que será adotada para os cálculos que se seguem.

$$WACC = (0,5 \times 9,9\%) + (0,5 \times 10\%)$$

$$WACC = 9,95\%$$

A vantagem de utilização das probabilidades risco-neutro é que estas podem ser utilizadas para trazer a valor presente (pela taxa livre de risco) os fluxos de caixas assimétricos (CELOTO, 2004).

No entanto, para realização dos cálculos para opções reais, não existe essa certeza em relação aos preços e esses sofrem influência do mercado com suas respectivas taxas, a não ser quando se trabalha com *commodities* (ativos transacionados em bolsas de valores) como a soja.

Corroborando essa afirmação, Eschenbach *et al.* (2007), afirmaram que a volatilidade é a única variável adicionada às variáveis utilizadas pelos métodos tradicionais de avaliação para o cálculo da flexibilidade por opções reais e, apesar da dificuldade em determiná-la, é possível obtê-la calculando-se o desvio padrão da variável estocástica selecionada para análise (COPELAND & ANTIKAROV, 2001; BARNEY, 2007, HULL, 2006; DAMODARAN, 2009 ; COX, ROSS & RUBINSTEIN, 1979).

Visto isso, foram realizados novos cálculos considerando que a taxa de juros livre de risco possui o mesmo valor da taxa de desconto utilizada. A taxa mínima de atratividade exigida pelo investidor, de 9,9% foi utilizada, pois, para as análises nas quais não existem portfólios para replicar e nem ativos transacionados em mercado de capitais, é o procedimento mais indicado.

## 8.2.2 – Fluxo de Caixa

Conforme análise tradicional para determinação da viabilidade financeira de um projeto adotando-se o Valor Presente Líquido (VPL), o projeto começa a ser viável economicamente a partir do ano 6 (2015), de acordo com a Tabela 6:

Tabela 5 - Resumo do Fluxo de Caixa

Anos	Fluxo de Caixa	Custos	Receitas	VPL*	TIR
0	R\$ (2.379,96)	R\$ 3.126,58	R\$ 746,62	R\$ (2.379,96)	0%
1	R\$ (427,87)	R\$ 1.281,15	R\$ 853,28	R\$ (2.769,28)	0%
2	R\$ (1.102,52)	R\$ 1.102,52	R\$ -	R\$ (3.682,11)	0%
3	R\$ 52,82	R\$ 1.019,68	R\$ 1.072,50	R\$ (3.642,32)	0%
4	R\$ 273,06	R\$ 799,44	R\$ 1.072,50	R\$ (3.455,14)	0%
5	R\$ 202,71	R\$ 869,79	R\$ 1.072,50	R\$ (3.328,70)	0%
<b>6</b>	<b>R\$ 6.859,39</b>	<b>R\$ 963,11</b>	<b>R\$ 7.822,50</b>	<b>R\$ 564,44</b>	<b>12,92%</b>
7	R\$ (418,51)	R\$ 1.485,11	R\$ 1.066,60	R\$ 348,30	11,83%
8	R\$ 5.064,74	R\$ 1.041,86	R\$ 6.106,60	R\$ 2.728,30	20,57%
9	R\$ (849,58)	R\$ 849,58	R\$ -	R\$ 2.365,03	19,62%
10	R\$ 165,24	R\$ 907,26	R\$ 1.072,50	R\$ 2.429,32	19,78%
11	R\$ 202,71	R\$ 869,79	R\$ 1.072,50	R\$ 2.501,09	19,94%
12	R\$ 202,71	R\$ 869,79	R\$ 1.072,50	R\$ 2.566,38	20,07%
13	R\$ 202,71	R\$ 869,79	R\$ 1.072,50	R\$ 2.625,80	20,18%
14	R\$ 11.467,77	R\$ 944,73	R\$ 12.412,50	<b>R\$ 5.684,32</b>	23,89%

\*Descontado à taxa de 9,9%a.a.

O cenário apresentado com a avaliação de viabilidade financeira tradicional está em concordância com vários trabalhos que analisaram Sistemas Agroflorestais de forma geral, como Santos *et al.* (2000), Oliveira, Scolforo & Silveira (2000), Pinto (2002), Bentes Gama *et al.* (2005), Couto *et al.* (2006), Souza *et al.* (2007), Rodrigues *et al.* (2007), Coelho Júnior *et al.* (2008), Rodrigues *et al.* (2008), Cordeiro (2010), Müller *et al.* (2011), com os projetos apresentando retorno, em média, no sexto ano, quando ocorre o primeiro corte da madeira.

O valor adotado como valor do ativo subjacente sujeito a risco foi o valor presente líquido (VPL) do 14º de R\$5.684,32/ha. Esse valor serviu de comparação com os outros valores gerados nas árvores de decisão.

### 8.3 – VOLATILIDADE – VALOR PRESENTE LÍQUIDO

De acordo com Copeland & Antikarov (2001), Scartezini (2006), quando os valores necessários para os cálculos de opções são baseados no retorno do Projeto (VPL), é possível combinar diversas variáveis estocásticas como os riscos e as incertezas para determinar a volatilidade. Assim, a Tabela 7 apresenta os valores utilizados no cálculo:

Tabela 6 - Valores utilizados para o cálculo da volatilidade.

ANO	VPL	Log(VPt/VP0)
0	(R\$ 2.379,96)	0,06579795
1	(R\$ 2.769,28)	0,12373000
2	(R\$ 3.682,11)	-0,00471931
3	(R\$ 3.642,32)	-0,02291259
4	(R\$ 3.455,14)	-0,01619120
5	(R\$ 3.328,70)	
6	R\$ 564,44	-0,20965924
7	R\$ 348,30	0,89393463
8	R\$ 2.728,30	-0,06205447
9	R\$ 2.365,03	0,01164788
10	R\$ 2.429,32	0,01264345
11	R\$ 2.501,09	0,01119317
12	R\$ 2.566,38	0,00994011
13	R\$ 2.625,80	0,33541668
14	R\$ 5.684,32	

A média de 0,08836 da variável Z (rentabilidade) e a volatilidade (dada pelo desvio padrão da coluna 3) de 27,06%a.a. foram determinadas a partir dos resultados obtidos com a aplicação do Método de Monte Carlo. A simulação foi realizada para obtenção da distribuição normal da variável selecionada, critério exigido para aplicação da TOR.

A simulação Monte Carlo foi efetuada inúmeras vezes com 10.000 simulações que gerou, aleatoriamente, valores para os possíveis retornos do projeto. Dentre as distribuições geradas foi selecionado o grupo de valores que apresentaram distribuição normal.

Foi, então, determinada a frequência de ocorrência dos valores para composição do histograma com distribuição normal apresentado na Figura 7, a média e o desvio padrão para ser utilizado nos cálculos.

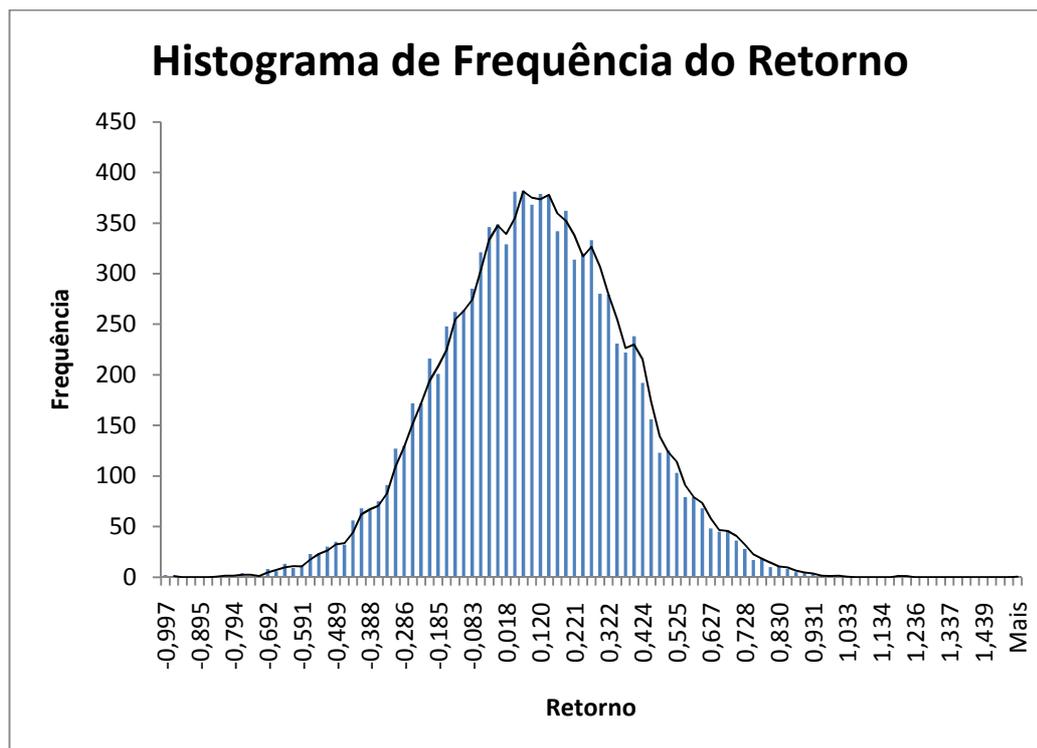


Figura 7 - Histograma de frequência do VPL com distribuição normal

Com a média e a volatilidade foram calculados os movimentos ascendentes e descendentes e, as probabilidades desses movimentos, conforme dados da Tabela 8:

Tabela 7 – Dados para confecção da Árvore de Eventos

Volatilidade	Média	Movimentos		Probabilidade	
		Ascendente (u)	Descendente (d)	p (u)	1 - p (d)
0,270629821 27,06%	0,0883667	1,310789754	0,762898853	61,34%	38,66%

A média é calculada após a aplicação da logaritmização, para que se possa obter a distribuição normal. A probabilidade de o movimento ascendente acontecer é de 61,34% e a do movimento descendente é de 38,66%. A árvore de eventos está apresentada na Figura 8.

Para a construção da árvore de eventos foi utilizada a volatilidade do VPL e não da taxa de retorno, muito utilizada também, quando os investimentos apresentam

retorno no primeiro período como Campos de Exploração de Petróleo (BRANDÃO, 2010; DEZEN, 2001; DIAS, 2005; MASCARENHAS FILHO, 2011).

Se fosse utilizada a volatilidade da taxa de retorno, não seriam captados os seis primeiros anos do projeto, pois, do ano zero ao ano cinco o VPL foi negativo, com isso, é impossível obter a taxa de retorno. Sem a taxa de retorno dos primeiros anos, o cálculo ficaria incompleto, com isso, é impossível determinar a volatilidade do projeto baseada na taxa de retorno.

Conforme explícito na árvore de eventos, em condições totalmente propícias em que o valor presente do projeto atingisse o ápice da probabilidade e da volatilidade, o retorno do projeto pode chegar, no 14º ano, a R\$ 251.270,25/ha. Tal valor está absolutamente em desacordo com a realidade dos projetos Agroflorestais.

Os projetos estudados por Brasil *et al.* (2007), Souza Neto, Oliveira & Bergamini Júnior (2008), também apresentaram valores irreais para os devidos setores analisados. No entanto, os valores possíveis de ocorrer seguem o movimento de reversão à média e sempre ocorrem em torno da média, nunca alcançando os pontos extremos da árvore (COPELAND & ANTIKAROV, 2001; CORREIA NETO, 2009). Esses trabalhos corroboram com os resultados alcançados na construção da árvore de eventos do projeto em questão.

A disposição binomial (duas saídas) dos valores na árvore de eventos impossibilita a visualização dos demais valores possíveis de ocorrer dentro do intervalo gerado entre o mínimo e o máximo da variável selecionada.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
														251.270,25
													191.693,79	
												146.242,97		146.242,97
											111.568,59		111.568,59	
										85.115,55		85.115,55		85.115,55
									64.934,56		64.934,56		64.934,56	
								49.538,50		49.538,50		49.538,50		49.538,50
							37.792,86		37.792,86		37.792,86		37.792,86	
						28.832,13		28.832,13		28.832,13		28.832,13		28.832,13
					21.996,00		21.996,00		21.996,00		21.996,00		21.996,00	
				16.780,72		16.780,72		16.780,72		16.780,72		16.780,72		16.780,72
			12.802,00		12.802,00		12.802,00		12.802,00		12.802,00		12.802,00	
		9.766,63		9.766,63		9.766,63		9.766,63		9.766,63		9.766,63		9.766,63
	7.450,95		7.450,95		7.450,95		7.450,95		7.450,95		7.450,95		7.450,95	
<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>		<b><u>5.684,32</u></b>
	4.336,56		4.336,56		4.336,56		4.336,56		4.336,56		4.336,56		4.336,56	
		3.308,36		3.308,36		3.308,36		3.308,36		3.308,36		3.308,36		3.308,36
			2.523,94		2.523,94		2.523,94		2.523,94		2.523,94		2.523,94	
				1.925,51		1.925,51		1.925,51		1.925,51		1.925,51		1.925,51
					1.468,97		1.468,97		1.468,97		1.468,97		1.468,97	
						1.120,68		1.120,68		1.120,68		1.120,68		1.120,68
							854,96		854,96		854,96		854,96	
								652,25		652,25		652,25		652,25
									497,60		497,60		497,60	
										379,62		379,62		379,62
											289,61		289,61	
												220,94		220,94
													168,56	
														128,59

Figura 8 - Árvore de Eventos baseada nos dados do VPL

Esse resultado corrobora com os conceitos da TOR testados por Ries & Antunes (2000); Hissa (2010); Sousa Neto, Oliveira & Bergamini Junior (2008); Copeland & Antikarov (2001); Brasil *et al.* (2007); Correia Neto (2009), que quanto maior a volatilidade, maior o risco e maior o retorno ou o prejuízo do investidor.

De acordo com Almansour & Insley (2012), Copeland & Antikarov (2001), Brandão, Dyer & Hahn (2005), uma maneira fácil de verificar se a árvore de eventos foi calculada e montada de maneira correta é a repetição dos valores que estão no mesmo alinhamento, pois, estes não sofrem o efeito da volatilidade, como se observa nos valores em negrito na Figura 8. Observando-se os demais valores seguindo os mesmos alinhamentos é possível verificar também que tais valores não sofrem os efeitos da volatilidade.

### **8.3 – VALOR DE ABANDONO**

Mesmo sendo uma opção do tipo arco-íris em que há diversas fontes de incertezas, e para esse trabalho foram definidas três: os preços dos produtos – soja, gado e eucalipto – produtividade das três culturas e os custos dispendidos no sistema, é preciso definir a regra de decisão que será tomada no caso de insucesso do projeto. Seguindo trabalhos de Brandão, Dyer & Hanh (2005), Baran (2005), Scartezini (2006), Frey *et al.* (2009) foi definida a opção de abandono.

O valor de abandono pode ser determinado de várias maneiras diferentes, considerando-se as possíveis receitas geradas se o projeto for vendido por um preço mínimo (Oliveira & Silva, 2011; Macedo & Nardelli, 2008), em caso de concessão de direito de uso utiliza-se a multa contratual como referência (Bordieri, 2004; Dias, 2005; Costa Lima & Suslick, 2006) e com a soma de todos os custos dispendidos para implantação do projeto, nesse último caso, desconsidera-se os custos com estudos prévios (GREDEM, 2005; MINARDI, 2004; COPELAND & TUFANO, 2004).

Para essa análise foi utilizado a última forma e determinou-se o valor de abandono somando todos os custos dispendidos para implantação do sistema e descontados à taxa utilizada para calcular o Valor Presente Líquido, 9,9%a.a. (Tabela 9).

Tabela 8 - Valor do Abandono

Ano	Custos Anuais	Custos anuais acumulados	VPC
0	R\$ 3.126,58	R\$ 3.126,58	<b>R\$ 3.126,58</b>
1	R\$ 1.281,15	R\$ 4.407,73	<b>R\$ 4.292,32</b>
2	R\$ 1.102,52	R\$ 5.510,25	<b>R\$ 5.205,15</b>
3	R\$ 1.019,68	R\$ 6.529,92	<b>R\$ 5.973,34</b>
4	R\$ 799,44	R\$ 7.329,37	<b>R\$ 6.521,36</b>
5	R\$ 869,79	R\$ 8.199,15	<b>R\$ 7.063,89</b>
6	R\$ 963,11	R\$ 9.162,26	<b>R\$ 7.610,52</b>
7	R\$ 1.485,11	R\$ 10.647,38	<b>R\$ 8.377,48</b>
8	R\$ 1.041,86	R\$ 11.689,23	<b>R\$ 8.867,07</b>
9	R\$ 849,58	R\$ 12.538,81	<b>R\$ 9.230,33</b>
10	R\$ 907,26	R\$ 13.446,07	<b>R\$ 9.583,31</b>
11	R\$ 869,79	R\$ 14.315,86	<b>R\$ 9.891,24</b>
12	R\$ 869,79	R\$ 15.185,64	<b>R\$ 10.171,42</b>
13	R\$ 869,79	R\$ 16.055,43	<b>R\$ 10.426,36</b>
14	R\$ 944,73	R\$ 17.000,17	<b>R\$ 10.678,33</b>

Os valores gerados foram comparados, nó a nó, com a árvore de decisão gerada, em que os valores dos últimos nós, no último ano (14º) foram calculados utilizando a taxa de juros livre de risco – SELIC – 7,5%, conforme demonstrado na Figura 9, árvore de decisão.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
														251.270,25
													195.973,46	
												152.845,78		146.242,97
											119.209,17		114.059,43	
										92.974,92		88.958,49		85.115,55
									72.514,03		69.381,48		66.384,26	
								56.555,94		54.112,77		51.775,14		49.538,50
							44.109,73		42.204,23		40.381,04		38.636,61	
						34.402,55		32.916,39		31.494,43		30.133,89		28.832,13
					26.831,61		25.672,51		24.563,48		23.502,36		22.487,07	
				20.926,81		20.022,79		19.157,82		18.330,22		17.538,37		16.780,72
			16.321,47		15.616,39		14.941,78		14.296,30		13.678,72		13.087,81	
		12.729,62		12.179,71		11.653,56		11.150,13		10.668,46		10.207,59		9.766,63
	9.928,22		9.499,33		9.088,97		8.696,33		8.320,66		7.961,21		7.617,30	
7.743,33		7.408,82		7.088,77		6.782,54		6.489,54		6.209,20		5.940,97		5.684,32
	5.778,37		5.528,75		5.289,91		5.061,39		4.842,75		4.633,54		4.433,38	
		4.312,04		4.125,77		3.947,54		3.777,01		3.613,84		3.457,73		3.308,36
			3.217,81		3.078,81		2.945,81		2.818,55		2.696,79		2.580,29	
				2.401,26		2.297,52		2.198,27		2.103,31		2.012,45		1.925,51
					1.791,91		1.714,50		1.640,44		1.569,57		1.501,77	
						1.337,19		1.279,43		1.224,16		1.171,27		1.120,68
							997,87		954,76		913,51		874,05	
								744,65		712,48		681,70		652,25
									555,68		531,68		508,71	
										414,67		396,76		379,62
											309,44		296,08	
												230,92		220,94
													172,32	
														128,59

Figura 9 - Árvore de Decisão com Taxa de Juros Livre de Risco

O valor da opção para essa análise foi de R\$ 2.059,01/ha positivos. Isso quer dizer que em caso de abandono, o investidor obterá lucro o valor de R\$2.059,01. Esse valor foi obtido ao se inserir a flexibilidade e a probabilidade de ocorrência da volatilidade dos possíveis retornos do projeto (VPL). Com isso, o projeto será mais viável economicamente se for vendido.

Da análise nó a nó percebe-se que o projeto só será viável se ocorrer movimentos ascendentes, se todas as variáveis estocásticas ficarem acima da média.

Apesar de muito indicado para determinar a volatilidade a ser utilizada nos cálculos de análise de risco de projetos com aplicação da TOR, essa forma de determinação da volatilidade não se mostrou apropriada para o caso tratado aqui, uma vez que os valores de receitas e custos que determinam o valor presente do projeto são os mesmos em todos os anos.

Tal fato fere a premissa essencial para aplicação da TOR, a volatilidade, pois, se os valores definidos como variáveis estocásticas permanecem fixos ao longo de todo o projeto é impossível determinar sua oscilação no horizonte de planejamento.

Percebeu-se com isso que, a volatilidade determinada com o Valor Presente Líquido, captou e combinou apenas, dois preços da madeira, um preço da soja, um preço da arroba do boi, produtividade do eucalipto e a taxa de juros que descapitalizou o Fluxo de Caixa.

Essa percepção ficou evidente quando se construiu a árvore de decisão utilizando ao invés da taxa de livre de risco (7,5%), a taxa mínima de atratividade do projeto (9,9%). Com isso, os valores não sofreram alteração. Sob essa ótica é indiferente à utilização da TOR ou do VPL.

A partir desse ponto da pesquisa, optou-se por trabalhar com séries históricas dos preços dos produtos gerados pelo SAF, seguindo Pinheiro, Souza & Savola (2010), devido às evidências de que a aplicação do método seguindo as etapas definidas por Copeland & Antikarov (2001), não se enquadraram adequadamente ao projeto estudado.

Como o valor do ativo base é o mesmo que o determinado na análise anterior por meio do VPL, iniciou-se o novo estudo a partir da etapa de aplicação do Método de Monte Carlo

#### **8.4 – MÉTODO MONTE CARLO**

A simulação utilizando o método Monte Carlo foi realizada com o valor presente do projeto. Como não apresentou resultados satisfatórios, foi necessário fazer uma adaptação e executar a simulação com séries históricas dos preços.

Seguindo recomendações de Copeland & Antikarov (2001), foi realizada uma análise de correlação nas variáveis selecionadas para que se possa admiti-las, pois é critério primordial das opções compostas do tipo arco-íris, utilizando a seguinte equação Fator de Correlação Linear de Pearson:

$$r_{x,y} = \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{\sqrt{[n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] \cdot [n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}} \quad (19)$$

Onde,

n = população;

$\Sigma$  = somatório.

x, y = variáveis estocásticas correlacionadas.

As variáveis apresentaram alta correlação cujo valor foi de 0,7485 (74,85%).

Foram selecionadas as variáveis incertas ou estocásticas mais significativas do projeto, preços do metro cúbico da madeira em pé, saca da soja, arroba (@) do boi gordo e as quantidades produzidas por hectare para cada atividade, e determinadas suas distribuições probabilísticas, com o objetivo de combinar, por meio da simulação Monte Carlo (SAMUELSON, 1965), todas as fontes de incerteza do projeto numa única distribuição – **abordagem consolidada da incerteza**.

Para o cálculo da volatilidade do preço da saca da soja de 60 Kg, foram considerados preços de uma série histórica de janeiro de 1998 a junho de 2012, de acordo com cotações diárias informadas em sites especializados – embrapa, bmfbovespa, agrolink. A Tabela 10 apresenta apenas os dados referentes ao ano de 2011. Os demais valores estão apresentados nos anexos.

Tabela 9 - Cotação mensal do preço da saca da soja no ano de 2011.

Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado
Jan.	49,63	1,087690	53,98
Fev.	49,28	1,077154	53,08
Mar.	46,32	1,066949	49,42
Abril	44,37	1,060479	47,06
Mai	44,94	1,055249	47,43
Jun.	45,13	1,055177	47,62
Jul.	45,77	1,056564	48,36
Ago.	46,50	1,057101	49,15

Set.	49,05	1,050661	51,54
Out.	46,21	1,042814	48,18
Nov.	45,35	1,038682	47,10
Dez.	45,23	1,034268	46,78

Fonte: CONAB, EMBRAPA, AGROLINK modificado pela autora.

Para o cálculo da volatilidade do preço da arroba do boi gordo (@ = 15 quilos), foram considerados preços de uma série histórica de janeiro de 1998 a junho de 2012 nos mesmos moldes do preço da soja (Tabela 11).

Tabela 10 - Cotações do preço da arroba do Boi gordo em 2011.

Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado
Jan.	103,07	1,0876897	112,11
Fev.	104,30	1,0771545	112,35
Mar.	105,46	1,0669488	112,52
Abril	104,23	1,0604787	110,54
Mai	100,41	1,0552489	105,96
Jun.	97,22	1,0551773	102,58
Jul.	99,34	1,0565642	104,96
Ago.	101,15	1,0571015	106,93
Set.	98,57	1,0506606	103,57
Out.	99,77	1,0428143	104,04
Nov.	106,17	1,0386821	110,28
Dez.	101,75	1,0342675	105,24

Fonte: RURAL CENTRO, PECUÁRIA.COM, EMBRAPA, AGROLINK modificado pela autora.

Os preços do metro cúbico do eucalipto foram levantados nos principais centros produtores e consumidores, nos estados de Minas Gerais, Bahia e São Paulo. Os preços são referentes aos anos de 1998 a 2012. A Tabela 12, como nos outros casos, apresenta apenas os dados referentes ao ano de 2011.

Tabela 11 - Série Histórica Preços de Eucalipto em 2011.

Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado
Jan.	49,15	1,08768974	53,46
Fev.	48,82	1,07715448	52,59
Mar.	49,05	1,06694879	52,33
Abril	49,90	1,06047867	52,92
Mai	49,46	1,05524888	52,19
Jun.	48,63	1,05517732	51,31
Jul.	46,52	1,05656422	49,15
Ago.	46,50	1,05710146	49,16
Set.	46,50	1,05066060	48,86
Out.	45,98	1,04281430	47,95
Nov.	47,20	1,03868211	49,03
Dez.	47,57	1,03426751	49,20

Fonte: IEA - SP, ABRAFLOR, AGROLINK, CIFLORESTAS, SISTEMAFAEG modificado pela autora.

A simulação Monte Carlo foi efetuada com 30.000 simulações e gerou, aleatoriamente, valores para variáveis incertas selecionadas para simular um modelo. Foi, então, determinada a frequência de ocorrência dos valores, a média e o desvio padrão para ser utilizado nos cálculos. Para realização dos cálculos foram utilizadas as fórmulas 14 e 15 e seguiram-se as etapas, de acordo com Moraes & Laurindo (2004):

Primeiro foi gerada a planilha com séries históricas, de dezembro de 1997 a junho de 2012, das variáveis desejadas, preços da saca de soja, arroba (@) do boi e metro cúbico em pé do eucalipto. O período da série histórica foi determinado de acordo com a menor série encontrada, a de preços de eucalipto.

Todos os preços foram deflacionados pelo IGP – DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna), pois, segundo FGV (2012), Dezordi & Souza e Silva (2007), Bartholomeu (2012) é o índice que melhor representa a cesta de produtos do agronegócio. A deflação se deu da seguinte maneira: o último mês da série – junho de 2012 foi considerado como base, que foi igualado a 100, e aplicou-se a fórmula para determinar o IGP-DI corrigido:

$$\text{IGP – DI corrigido} = \frac{\text{IGP-DI}_{t-1} * \text{Base}}{\text{IGP-DI}_t} \quad (14)$$

IGP – DI (t-1) = acumulado do mês anterior

Base = 100

IGP – DI t = acumulado do mês atual (da base)

Depois de calculado o IGP –DI corrigido foi determinado o novo valor do deflator, atualizado, com o seguinte cálculo:

$$\text{Deflator} = \frac{\text{IGP-DI}_t}{\text{IGP-DI}_{t-1}} \quad (15)$$

IGP – DI t = IGP – DI corrigido base

IGP – DI (t-1) = IGP – DI corrigido ao ano

Os valores do IGP – DI e os preços deflacionados estão expressos na Tabela 13 para o ano de 2011 e nos anexos para os demais anos.

Tabela 12 - Séries históricas dos preços das variáveis deflacionados

Ano	Mês	Preços			IGP-DI	Preços Corrigidos		
		Soja	Boi	Eucalipto		Soja	Boi	Eucalipto
2011	Janeiro	49,63	103,07	49,15	1,0877	<b>53,98</b>	<b>112,11</b>	<b>53,46</b>
	Fevereiro	49,28	104,30	48,82	1,0772	<b>53,08</b>	<b>112,35</b>	<b>52,59</b>
	Março	46,32	105,46	49,05	1,0669	<b>49,42</b>	<b>112,52</b>	<b>52,33</b>
	Abril	44,37	104,23	49,90	1,0605	<b>47,06</b>	<b>110,54</b>	<b>52,92</b>
	Maiο	44,94	100,41	49,46	1,0552	<b>47,43</b>	<b>105,96</b>	<b>52,19</b>
	Junho	45,13	97,22	48,63	1,0552	<b>47,62</b>	<b>102,58</b>	<b>51,31</b>
	Julho	45,77	99,34	46,52	1,0566	<b>48,36</b>	<b>104,96</b>	<b>49,15</b>
	Agosto	46,50	101,15	46,50	1,0571	<b>49,15</b>	<b>106,93</b>	<b>49,16</b>
	Setembro	49,05	98,57	46,50	1,0507	<b>51,54</b>	<b>103,57</b>	<b>48,86</b>
	Outubro	46,21	99,77	45,98	1,0428	<b>48,18</b>	<b>104,04</b>	<b>47,95</b>
	Novembro	45,35	106,17	47,20	1,0387	<b>47,10</b>	<b>110,28</b>	<b>49,03</b>
	Dezembro	45,23	101,75	47,57	1,0343	<b>46,78</b>	<b>105,24</b>	<b>49,20</b>

Após essa etapa os preços foram agrupados e seus valores mínimo e máximo foram determinados. Da mesma forma determinaram-se, a média, o desvio padrão e a frequência que foi determinada para que se pudesse observar a distribuição (Tabela 16).

$$\frac{\sum X_i}{n} \quad (16)$$

Onde,

$\sum X_i$  = Somatório dos valores;

N = Quantidade de valores.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (17)$$

Onde,

$X_i$  = Valor atual;

$\bar{X}$  = média;

$n - 1$  = Número de valores menos 1.

Tabela 13 - Parâmetros utilizados para simulação com Método de Monte Carlo

Parâmetros para Simulação com Monte Carlo			
Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão
125,33	36,24	71,76	20,17

A Figura 10 apresenta o histograma de frequência dos valores de preços corrigidos. Observa-se que os dados não estão distribuídos seguindo a forma normal.

Para alcançar tal distribuição, realizou-se a simulação Monte Carlo com o uso dos parâmetros calculados e demonstrados na Tabela 14.

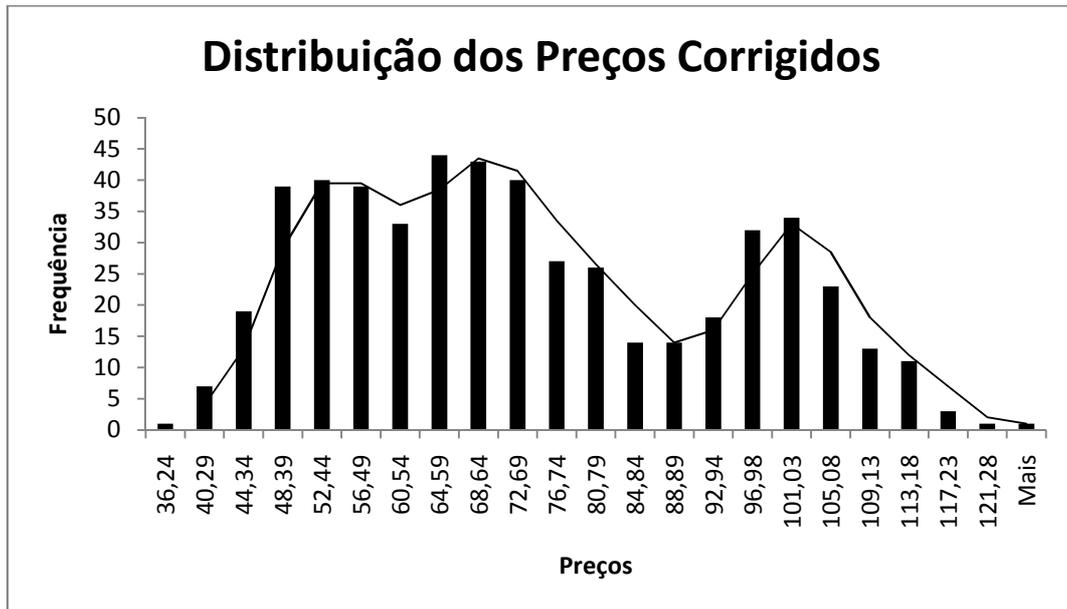


Figura 10 – Histograma de Frequência

A saída dos dados da Simulação com Método de Monte Carlo ficou conforme demonstrado na Figura 13, gráfico da volatilidade em torno da média.

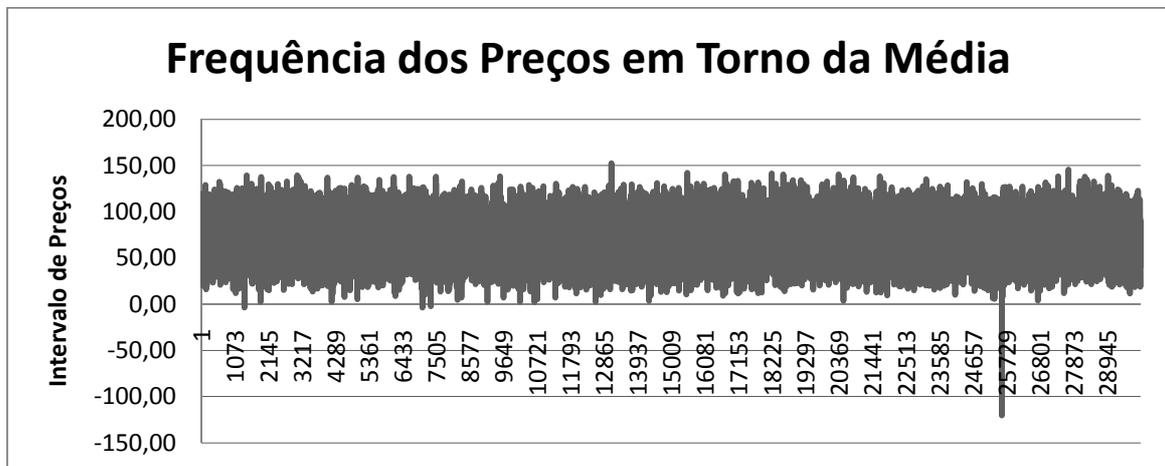


Figura 11 - Distribuição dos preços em relação à média

Nessa etapa foi calculada a volatilidade para os valores simulados com o método de Monte Carlo, para que as volatilidades das variáveis estocásticas se convertessem em apenas uma volatilidade (Tabela 15) – abordagem consolidada da incerteza – e para que o intervalo de preços fosse definido, seguindo Brandão, Dyer & Hanh (2006), Laskier (2007), Copeland & Antikarov (2001), Assis (2003).

Tabela 14 – Resultados da simulação Método de Monte Carlo

Bloco	Frequência	Bloco	Frequência	Bloco	Frequência
-176,01804	1	47,679534	522	115,40449	273
-22,09769	3	49,731806	594	117,45676	266
-15,940876	1	51,784077	629	119,50903	210
-13,888605	8	53,836348	685	121,5613	178
-11,836334	4	55,888619	679	123,61357	169
-9,7840624	4	57,940891	784	125,66584	143
-7,7317911	3	59,993162	842	127,71812	103
-5,6795198	6	62,045433	803	129,77039	100
-3,6272485	9	64,097705	853	131,82266	81
-1,5749772	9	66,149976	883	133,87493	69
0,4772942	17	<b>68,202247</b>	<b>899</b>	135,9272	63
2,5295655	28	70,254519	892	137,97947	50
4,5818368	26	<b>72,30679</b>	<b>965</b>	140,03174	44
6,6341081	28	74,359061	868	142,08401	41
8,6863794	47	<b>76,411333</b>	<b>944</b>	144,13629	26
10,738651	56	78,463604	872	146,18856	30
12,790922	64	80,515875	880	148,24083	18
14,843193	63	82,568146	875	150,2931	17
16,895465	81	<b>84,620418</b>	<b>896</b>	152,34537	10
18,947736	91	<b>86,672689</b>	<b>896</b>	154,39764	11
21,000007	96	88,72496	853	156,44991	6
23,052279	136	90,777232	788	158,50218	2
25,10455	162	92,829503	756	160,55446	12
27,156821	182	94,881774	712	162,60673	3
29,209092	217	96,934046	691	164,659	4
31,261364	249	98,986317	606	166,71127	1
33,313635	269	101,03859	579	168,76354	0
35,365906	330	103,09086	542	170,81581	1
37,418178	346	105,14313	480	172,86808	0
39,470449	362	107,1954	434	174,92036	0
41,52272	402	109,24767	418	176,97263	0
43,574992	432	111,29994	375	Mais	1
45,627263	510	113,35222	331		

Como o projeto já estava implantando e em andamento e a análise foi realizada sob essas premissas, a opção de abandono foi a que melhor se encaixou na análise, pois, necessitava de uma análise da viabilidade do restante do projeto.

Assim, para projetos que já foram implantados, a volatilidade é determinada utilizando-se os retornos, desde que os valores relativos a custos e receitas sejam reais, e, para projetos que ainda não foram implantados, realizam-se as análises em séries históricas para determinar a volatilidade (SCARTEZINI, 2006).

O histograma de frequência para os valores simulados ficou conforme demonstrado na Figura 14. Observa-se uma distribuição normal, com maior frequência de ocorrência dos novos valores (preços) médios.

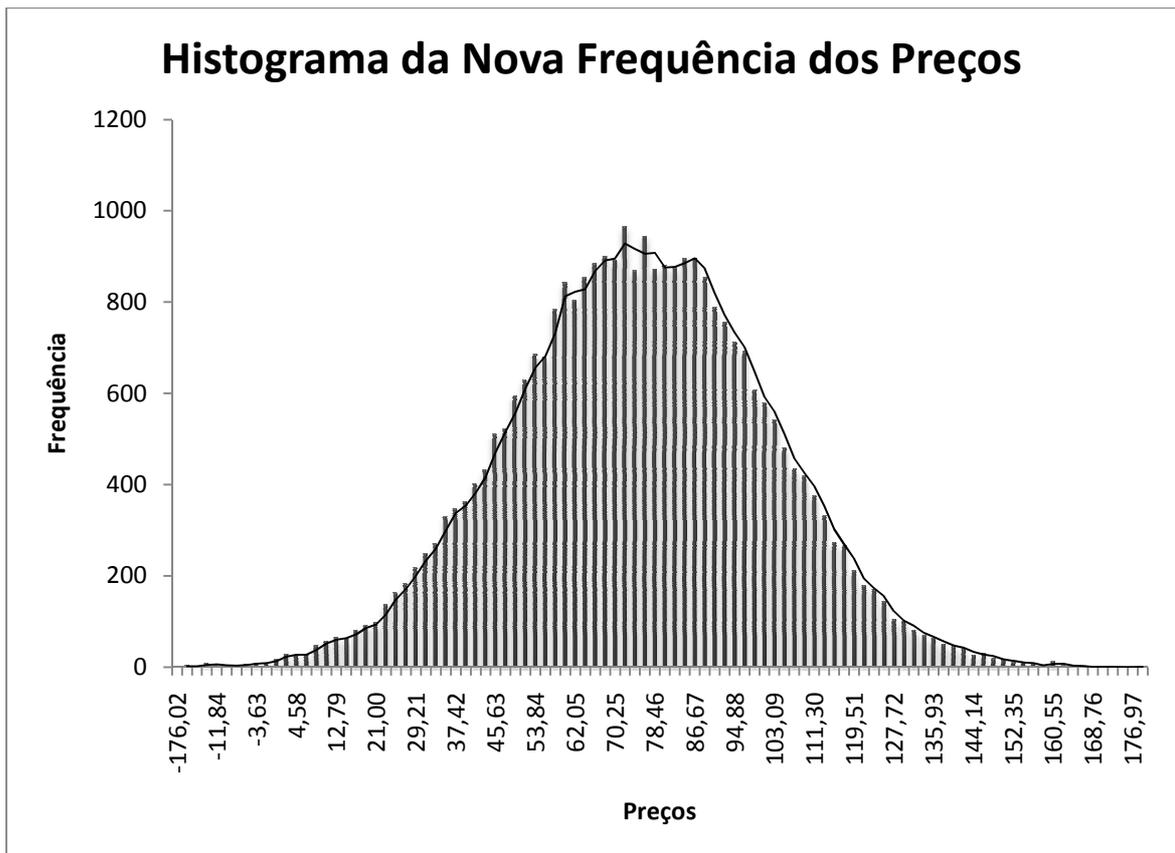


Figura 12 - Histograma de Frequência dos Preços após Simulação

## 8.5 – VOLATILIDADE DA VARIÁVEL ESTOCÁSTICA - PREÇO

Para a realização do cálculo foi adotada a premissa fundamental de que os preços dos produtos do SAF seguem um Movimento Geométrico Browniano (KERR, MARTIN & BASSO, 2009) ilustrado na Figura 15.

Adotou-se tal premissa na análise desse projeto por ser amplamente utilizada em finanças quando se estima o preço ou o valor de um ativo negociado no mercado, além de ser uma exigência para aplicação da TOR (SMITH, 2005).

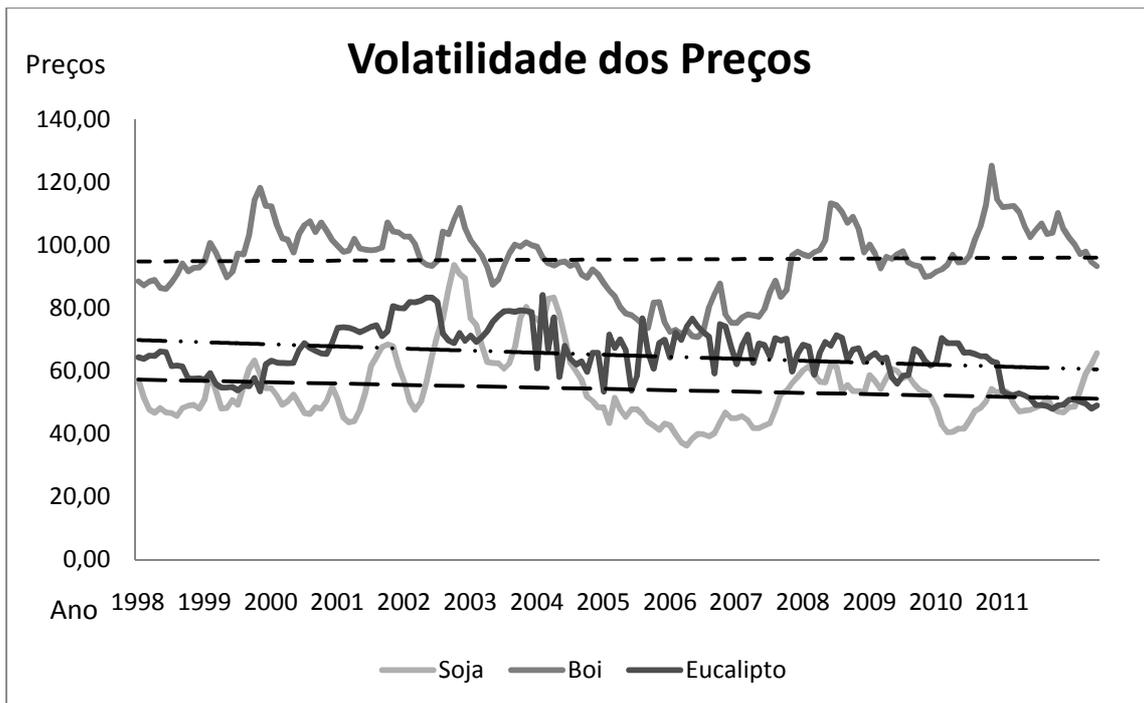


Figura 13 - Movimento Geométrico Browniano dos Preços x Ano

No período de 162 meses, em que pese ser um período curto para esse tipo de análise, os preços da soja, do boi e do eucalipto, retornaram à média por 8, 17 e 28 vezes, consecutivamente.

Com isso, comprova-se que os valores, além de seguirem um movimento com reversão à média, estão mais propícios à influência do mercado quando não são transacionados como *commodities*, corroborando com os resultados do trabalho de Campos (2007), Morettin & Tolo (2004).

Trabalhos que estudaram colheita ótima sob preços estocásticos como Morck, Schwartz & Strangeland (1989), Yin & Newman (1997), Thomson (1992), Conrad (1997) e Forsyth (2000), assumiram e comprovaram que os preços da madeira seguem o MBG.

Copeland e Antikarov (2002) fornecem uma argumentação e alguns resultados empíricos para suportar esta premissa como sendo razoável para estimar o valor futuro de um projeto. Tal premissa determina que o ativo subjacente não possa assumir valores negativos e a distribuição do valor no período final tenha forma lognormal, assumindo, adicionalmente, volatilidade constante ao longo de todos os períodos. A Tabela 18 apresenta a volatilidade da série histórica de preços.

Tabela 15 - Volatilidade da Série Histórica dos Preços

Volatilidade	Média	Movimentos		Probabilidade	
		Ascendente (u)	Descendente (d)	p (u)	1 - p (d)
0,2016	71,76				
20,16%		1,2234	0,8174	69,61%	30,39%

A volatilidade dos preços adotada nos cálculos passou a ser 20,16% com média de preço R\$ 71,76 para os produtos oriundos do SAF.

## 8.6 – ÁRVORE DE EVENTOS

Para construção da árvore de eventos (Figura 16) adotou-se o Valor Presente Líquido de R\$5.684,32 calculado primeira análise como o valor do ativo subjacente sujeito a risco (ASSR).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
														95.639,48
													78.175,15	63.900,37
												63.899,91	52.231,79	42.694,26
										42.693,65	52.231,41	42.693,96	34.898,04	28.525,66
								28.525,05	34.897,54	28.525,25	34.897,79	28.525,45	23.316,71	19.059,08
						19.058,53	23.316,21	19.058,67	23.316,37	19.058,80	23.316,54	19.058,94	15.578,78	12.734,09
					15.578,33	15.578,44	15.578,44	15.578,55	15.578,55	15.578,67	15.578,67	15.578,67	10.408,77	8.508,13
			10.408,40	12.733,64	10.408,47	12.733,73	10.408,55	12.733,82	10.408,62	12.733,91	10.408,70	12.734,00	6.954,50	5.684,61
		8.507,77	8.507,83	8.507,83	8.507,89	8.507,89	8.507,95	8.507,95	8.508,01	8.508,01	8.508,07	8.508,07	6.954,50	5.684,61
	6.954,20	6.954,25	6.954,25	6.954,30	6.954,30	6.954,35	6.954,35	6.954,40	6.954,40	6.954,45	6.954,45	6.954,45	4.646,56	3.798,10
<b><u>5.684,32</u></b>	<b><u>5.684,36</u></b>	<b><u>5.684,40</u></b>	<b><u>5.684,44</u></b>	<b><u>5.684,48</u></b>	<b><u>5.684,52</u></b>	<b><u>5.684,56</u></b>	<b><u>5.684,61</u></b>							
	4.646,36	4.646,40	4.646,40	4.646,43	4.646,43	4.646,46	4.646,46	4.646,50	4.646,50	4.646,53	4.646,53	4.646,53	3.104,55	2.537,66
		3.797,94	3.797,96	3.797,96	3.797,99	3.797,99	3.798,02	3.798,02	3.798,05	3.798,05	3.798,07	3.798,07	2.074,26	1.695,50
			3.104,43	3.104,46	3.104,46	3.104,48	3.104,48	3.104,50	3.104,50	3.104,52	3.104,52	3.104,52	1.132,83	1.132,83
				2.537,56	2.537,58	2.537,58	2.537,60	2.537,60	2.537,62	2.537,62	2.537,64	2.537,64	925,97	925,97
					2.074,21	2.074,22	2.074,22	2.074,23	2.074,23	2.074,25	2.074,25	2.074,25	756,89	756,89
						1.695,46	1.695,47	1.695,47	1.695,48	1.695,48	1.695,49	1.695,49	618,68	618,68
							1.385,87	1.385,88	1.385,88	1.385,89	1.385,89	1.385,89	505,71	505,71
								1.132,81	1.132,81	1.132,81	1.132,82	1.132,82	413,36	413,36
									925,96	925,96	925,96	925,96	337,88	337,88
										756,88	756,88	756,88		
											618,67	618,68		
												505,70		

Figura 14 - Árvore de Eventos com Volatilidade dos Preços

Ressalta-se que para verificação da montagem da árvore de eventos, os valores que compõem a mesma linha, em negrito, sendo iguais, indicam a qualidade do cálculo.

Percebe-se aqui quão expressiva é a diferença entre os valores gerados na primeira análise e na segunda. Com apenas 6,9 pontos percentuais de diferença da volatilidade gerada pelo VPL, da volatilidade de preços da série histórica, o valor no nó final (14º ano) apresentou diferença de R\$155.630,77.

Tabela 16 - Diferença entre as Volatilidades do VPL e Série Histórica

VPL						
Volatilidade	Média	Movimentos		Probabilidade		Nó 14º ano
0,2706	0,0883	Ascendete (u)	Descendente (d)	p (u)	1 - p (d)	R\$251.270,25
27,06%		1,310789754	0,762898853	61,34%	38,66%	
Séries Históricas						
Volatilidade	Média	Movimentos		Probabilidade		Nó 14º ano
0,2016	71,76	Ascendete (u)	Descendente (d)	p (u)	1 - p (d)	R\$95.639,48
20,16%		1,2234	0,8174	69,61%	30,39%	

Verifica-se a importância da determinação correta da volatilidade para executar análise de investimentos com aplicação da TOR. Erros na definição da volatilidade, por menores que sejam, podem levar o investidor a tomar decisões equivocadas sobre investir em um determinado projeto, ou mesmo na ordenação de projetos concorrentes.

## 8.7 – VALOR DA OPÇÃO DE ABANDONO

Os projetos agroflorestais possuem a peculiaridade de ser um só projeto, mas possuir vários produtos e ser executado em várias etapas. Isso faz com que o seu preço de venda, em caso de abandono, seja diferente ano a ano. Além disso, a floresta é um ativo que apresenta ganho de volume em madeira a cada ano. Assim, agrega-se valor ao projeto e aos seus custos em caso de abandono.

Para o sistema agroflorestal, não foi possível utilizar a metodologia proposta por Copeland & Antikarov, pois, ao se aplicar o modelo proposto por esses autores, o valor de abandono obtido foi maior que os retornos proporcionados com continuidade do projeto e, em todos os casos, a decisão foi pelo abandono do projeto.

Então, para que fosse possível realizar a análise, o valor de abandono considerado é composto, apenas, pelos valores dispendidos pelos investidores que, nesse projeto, corresponde a 50%, conforme Tabela 19. Pois, na pior das hipóteses, o

retorno exigido pelos investidores deverá ser cumprido e a empresa arcará com os prejuízos.

Tabela 17 - Custos que geraram o Valor de Abandono

Ano	Custos Anuais	Custos anuais acumulados	VPC	Valor do abandono (50%)
0	R\$ 3.126,58	R\$ 3.126,58	R\$ 3.126,58	<b>R\$ 1.563,29</b>
1	R\$ 1.281,15	R\$ 4.407,73	R\$ 4.292,32	<b>R\$ 2.146,16</b>
2	R\$ 1.102,52	R\$ 5.510,25	R\$ 5.205,15	<b>R\$ 2.602,57</b>
3	R\$ 1.019,68	R\$ 6.529,92	R\$ 5.973,34	<b>R\$ 2.986,67</b>
4	R\$ 799,44	R\$ 7.329,37	R\$ 6.521,36	<b>R\$ 3.260,68</b>
5	R\$ 869,79	R\$ 8.199,15	R\$ 7.063,89	<b>R\$ 3.531,95</b>
6	R\$ 963,11	R\$ 9.162,26	R\$ 7.610,52	<b>R\$ 3.805,26</b>
7	R\$ 1.485,11	R\$ 10.647,38	R\$ 8.377,48	<b>R\$ 4.188,74</b>
8	R\$ 1.041,86	R\$ 11.689,23	R\$ 8.867,07	<b>R\$ 4.433,53</b>
9	R\$ 849,58	R\$ 12.538,81	R\$ 9.230,33	<b>R\$ 4.615,17</b>
10	R\$ 907,26	R\$13.446,07	R\$ 9.583,31	<b>R\$ 4.791,66</b>
11	R\$ 869,79	R\$14.315,86	R\$ 9.891,24	<b>R\$ 4.945,62</b>
12	R\$ 869,79	R\$15.185,64	R\$ 10.171,42	<b>R\$ 5.085,71</b>
13	R\$ 869,79	R\$ 16.055,43	R\$ 10.426,36	<b>R\$ 5.213,18</b>
14	R\$ 944,73	R\$ 17.000,17	R\$ 10.678,33	<b>R\$ 5.339,16</b>

No projeto, metade do investimento (50%) é realizada pela empresa com taxa mínima de atratividade de 10,1% e a outra metade por investidores, que exige retorno de 9,9%. WACC = 9,95%. A Figura 17 mostra os custos dispendidos pelos investidores ao longo da vida do projeto.

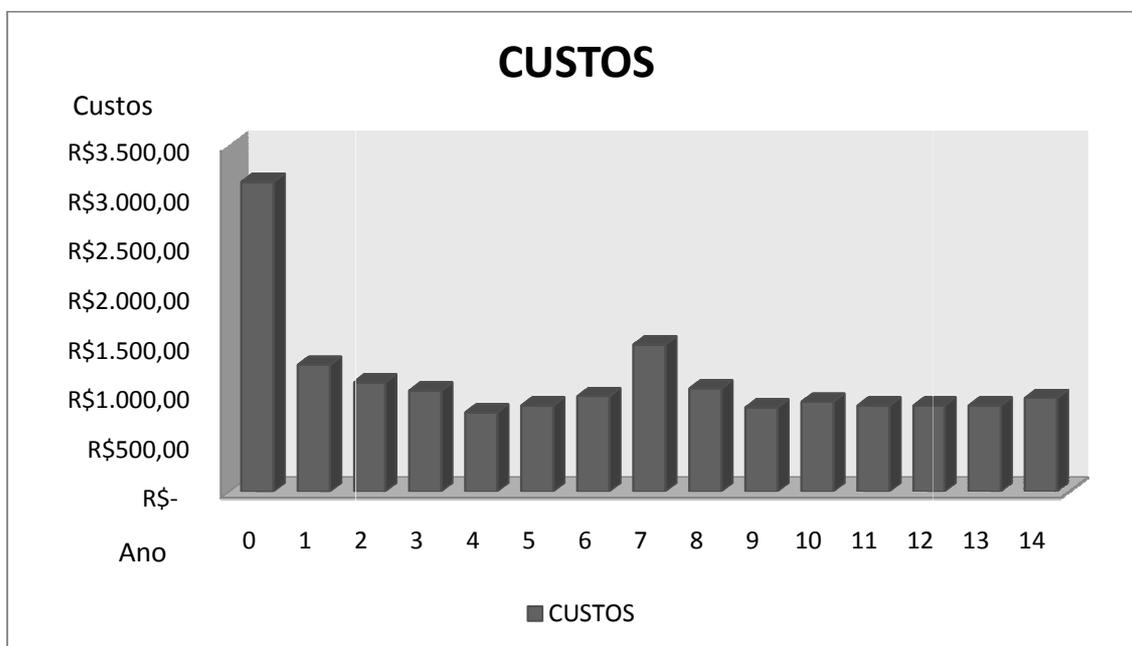


Figura 15 - Distribuição dos Custos ao Longo do Projeto

Nota-se que os maiores desembolsos ocorrem no ano zero em que ocorre a aquisição de máquinas, construção de infraestrutura e o plantio da floresta, e no ano sete, quando ocorre a condução da rebrota da floresta.

Nos trabalhos de Scartezini (2006), Dias (1996), Dias (2005), Dias & Rocha (2001), Dias (2006), Brandão (2010), para se determinar o valor de abandono de um projeto, considera-se algum tipo de multa pela rescisão contratual no caso de concessão do direito de uso (Exploração Hidrelétricas, Campos de Petróleo, Minas de ouro) o valor dos custos despendidos com investimentos até o momento da decisão do abandono descontado a depreciação da infraestrutura e maquinário (Agricultura, Pesquisa e Desenvolvimento).

Para projetos em que há a necessidade de investimentos todos os anos, como é o caso dos Sistemas Agroflorestais, em que há a inserção de novas culturas associadas à cultura principal, o valor do abandono tem que ser acumulado ano a ano e é crescente, conforme Figura 18:



Figura 16 - Valor do Abandono Acumulado

O projeto em análise nesse trabalho difere-se de todos os projetos analisados com utilização da TOR, pois, eles exigem que o investimento mais oneroso seja realizado no momento da implantação e nos anos seguintes são realizadas apenas manutenção do empreendimento. Além do mais, esses projetos apresentam retorno no primeiro período, fazendo com que o empreendedor perceba retorno no primeiro ano.

A árvore com os custos construída para facilitar a comparação dos valores pode ser observada na Figura 19. Como os custos, em caso de abandono são os mesmos em qualquer nó no respectivo ano, eles se repetem (MONTEIRO, 2003).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
														5.339,16
													5.213,18	
												5.085,71	5.339,16	
											4.945,62	5.213,18		
										4.791,66	5.085,71	5.339,16		
									4.615,17	4.945,62	5.213,18			
								4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16			
							4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18				
						3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16				
					3.531,95	4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18					
				3.260,68	3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16					
			2.986,67	3.531,95	4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18						
		2.602,57	3.260,68	3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16						
	2.146,16	2.986,67	3.531,95	4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18							
1.563,29	2.602,57	3.260,68	3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16							
	2.146,16	2.986,67	3.531,95	4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18							
		2.602,57	3.260,68	3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16						
			2.986,67	3.531,95	4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18						
				3.260,68	3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16					
					3.531,95	4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18					
						3.805,26	4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16				
							4.188,74	4.615,17	4.945,62	5.213,18				
								4.433,53	4.791,66	5.085,71	5.339,16			
									4.615,17	4.945,62	5.213,18			
										4.791,66	5.085,71	5.339,16		
											4.945,62	5.213,18		
												5.085,71	5.339,16	
													5.213,18	
														5.339,16

Figura 17 - Árvore do Valor de Abandono

Os valores do último ano são descapitalizados utilizando a taxa de juros livre de risco, seguindo Martins (2003), Cerbasi (2003) que, para essa análise foi utilizada a taxa mínima de atratividade exigida pelo investidor de 9,9%.

## **8.8 – VALOR DA OPÇÃO**

Caso o investidor queira abandonar o projeto, deixará de lucrar R\$4.121,03, pois, em caso de abandono, o valor que receberá será de apenas R\$1.563,29. A Figura 20 mostra como ficou a tomada de decisão nó a nó, em relação à volatilidade dos preços.

Os valores que estão tachados, em seus respectivos nós, caso ocorram, o projeto será abandonado.

O valor da flexibilidade deu positivo, valor determinado quando se compara o VPL com o valor determinado quando se utiliza a análise com a TOR, então, não se abandona do projeto.

Em caso de abandono (venda dos produtos), na tentativa de rever os valores investidos e/ou recuperação dos valores despendidos com os custos de investimentos, o valor recuperado será menor que o VPL sem flexibilidade. Por isso, não se executa a opção de abandono do projeto.

O valor de flexibilidade do projeto é de R\$1.444,98, que é o valor da diferença entre o VPL calculado com o método tradicional e o valor presente aplicando o método das Opções Reais. Para o cálculo, consideraram-se as mesmas premissas adotadas no cálculo do VPL, com a inserção da volatilidade.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
														Prosseguir
														Prosseguir 95.639,48
												Prosseguir	Prosseguir 78.175,15	Prosseguir
											Prosseguir	Prosseguir 63.899,91	Prosseguir	Prosseguir 63.900,37
										Prosseguir	Prosseguir 52.231,41	Prosseguir	Prosseguir 52.231,79	Prosseguir
									Prosseguir	Prosseguir 42.693,65	Prosseguir	Prosseguir 42.693,96	Prosseguir	Prosseguir 42.694,26
								Prosseguir	Prosseguir 34.897,54	Prosseguir	Prosseguir 34.897,79	Prosseguir	Prosseguir 34.898,04	Prosseguir
							Prosseguir	Prosseguir 28.525,05	Prosseguir	Prosseguir 28.525,25	Prosseguir	Prosseguir 28.525,45	Prosseguir	Prosseguir 28.525,66
						Prosseguir	Prosseguir 23.316,21	Prosseguir	Prosseguir 23.316,37	Prosseguir	Prosseguir 23.316,54	Prosseguir	Prosseguir 23.316,71	Prosseguir
					Prosseguir	Prosseguir 19.058,53	Prosseguir	Prosseguir 19.058,67	Prosseguir	Prosseguir 19.058,80	Prosseguir	Prosseguir 19.058,94	Prosseguir	Prosseguir 19.059,08
				Prosseguir	Prosseguir 15.578,33	Prosseguir	Prosseguir 15.578,44	Prosseguir	Prosseguir 15.578,55	Prosseguir	Prosseguir 15.578,67	Prosseguir	Prosseguir 15.578,78	Prosseguir
			Prosseguir	Prosseguir 12.733,64	Prosseguir	Prosseguir 12.733,73	Prosseguir	Prosseguir 12.733,82	Prosseguir	Prosseguir 12.733,91	Prosseguir	Prosseguir 12.734,00	Prosseguir	Prosseguir 12.734,09
		Prosseguir	Prosseguir 10.408,40	Prosseguir	Prosseguir 10.408,47	Prosseguir	Prosseguir 10.408,55	Prosseguir	Prosseguir 10.408,62	Prosseguir	Prosseguir 10.408,70	Prosseguir	Prosseguir 10.408,77	Prosseguir
	Prosseguir	Prosseguir 5.684,36	Prosseguir	Prosseguir 8.507,83	Prosseguir	Prosseguir 8.507,89	Prosseguir	Prosseguir 8.507,95	Prosseguir	Prosseguir 8.508,01	Prosseguir	Prosseguir 8.508,07	Prosseguir	Prosseguir 8.508,13
Prosseguir	Prosseguir 6.954,20	Prosseguir	Prosseguir 6.954,25	Prosseguir	Prosseguir 6.954,30	Prosseguir	Prosseguir 6.954,35	Prosseguir	Prosseguir 6.954,40	Prosseguir	Prosseguir 6.954,45	Prosseguir	Prosseguir 6.954,50	Prosseguir
5.684,32	Prosseguir	Prosseguir 5.684,36	Prosseguir	Prosseguir 5.684,40	Prosseguir	Prosseguir 5.684,44	Prosseguir	Prosseguir 5.684,48	Prosseguir	Prosseguir 5.684,52	<del>Abandonar</del>	5.684,56	<del>Abandonar</del>	5.684,61
	4.646,36	Prosseguir	Prosseguir 4.646,40	Prosseguir	Prosseguir 4.646,43	<del>Abandonar</del>	4.646,46	<del>Abandonar</del>	4.646,50	<del>Abandonar</del>	<del>4.646,53</del>	<del>Abandonar</del>	<del>4.646,56</del>	<del>Abandonar</del>
		3.797,94	Prosseguir	Prosseguir 3.797,96	<del>Abandonar</del>	<del>3.797,99</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.798,02</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.798,05</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.798,07</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.798,10</del>
			3.104,43	<del>Abandonar</del>	<del>3.104,46</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.104,48</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.104,50</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.104,52</del>	<del>Abandonar</del>	<del>3.104,55</del>	<del>Abandonar</del>
			<del>2.537,56</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.537,58</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.537,60</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.537,62</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.537,64</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.537,66</del>	<del>Abandonar</del>
				<del>2.074,21</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.074,22</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.074,23</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.074,25</del>	<del>Abandonar</del>	<del>2.074,26</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>
					<del>1.695,46</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.695,47</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.695,48</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.695,49</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.695,50</del>	<del>Abandonar</del>
						<del>1.385,87</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.385,88</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.385,89</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.385,89</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>
							<del>1.132,81</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.132,81</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.132,82</del>	<del>Abandonar</del>	<del>1.132,82</del>	<del>Abandonar</del>
								<del>925,96</del>	<del>Abandonar</del>	<del>925,96</del>	<del>Abandonar</del>	<del>925,96</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>
									<del>756,88</del>	<del>Abandonar</del>	<del>756,88</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>
										<del>618,67</del>	<del>Abandonar</del>	<del>618,67</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>
											<del>505,70</del>	<del>Abandonar</del>	<del>505,70</del>	<del>Abandonar</del>
												<del>413,36</del>	<del>Abandonar</del>	<del>Abandonar</del>
													<del>337,88</del>	<del>Abandonar</del>

Figura 18 - Árvore de Decisão com as Decisões nó a nó

## 9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização da TOR possibilita a melhor visualização dos possíveis retornos alcançados nos anos do projeto. Com isso, o planejamento do projeto pode ser avaliado com maior segurança. Assim aceita-se a hipótese apresentada no início do trabalho.

A inserção da volatilidade possibilita uma melhor análise, pois, insere em uma só análise a visualização dos possíveis valores.

A aplicação do Método seguindo as quatro etapas estabelecidas por Copeland & Antikarov é plausível, desde que algumas adaptações sejam realizadas para suprir as peculiaridades dos Projetos de SAF.

O método tradicional de análise de viabilidade financeira de projeto, VPL, subestima o valor do projeto analisado e não considera as alternativas possíveis para o investidor, em um mesmo cenário, caso ocorra oscilação dos preços nos produtos oriundos do SAF.

O valor da flexibilidade do Projeto R\$1.444,98 e da opção de abandono é de R\$4.121,03 negativos.

De acordo com os resultados apresentados no presente trabalho, percebeu-se a necessidade de novos estudos que desenvolvam ou adaptem as equações seminais, desenvolvidas por Dixit & Pindyck (1979), para o setor florestal, pois, é um setor que apresenta peculiaridades ainda não estudadas em trabalhos com a aplicação da TOR.

Há também a necessidade de desenvolver adaptações para facilitar a aplicação do método proposto por Copeland & Antikarov (2001) para o setor florestal. A maioria dos estudos e adaptações foi realizada para exploração de campos de petróleo, ativo estável, que não ganha quantidade ao longo de sua existência, diferentemente de ativos florestais, que não param de crescer.

Devem ser desenvolvidas formas mais acessíveis e fáceis de cálculo, como planilhas eletrônicas de acesso aberto, amplo e irrestrito, para que o método seja divulgado e utilizado em grande escala.

## 10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdallah, S. B., Lasserre, P. Alternative and Indefinitely Repeated Investments: Species Choice and Harvest Age in Forestry. **Real Options: Theory Meets Practice, 16th Annual International Conference, London, England, June 27-30, 2012.**
- Aguiar, G. de; Alves, C. C.; Henning, E. Gerenciamento do Projetos: Simulação de Monte Carlo via a Ferramenta Simular. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **ENEGEP**. São Carlos – SP, 12 a 15 de outubro de 2010.
- Albuquerque, M.H.F. **Aplicação da Teoria de Opções Reais na Análise de Viabilidade Econômica de um Projeto: O Caso da Aracruz Celulose S.A.** Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração, Faculdades Ibmecc Rio de Janeiro – RJ, julho/2005.
- Almansour, A., Insley, M. The Impact of Stochastic Extraction Cost on the Value of an Exhaustible Resource: The Case of the Alberta Oil Sands. Department of Economics, University of Waterloo, Waterloo ON, Canada. **Real Options: Theory Meets Practice, 16th Annual International Conference, London, England, June 27-30, 2012.**
- Alvarez, F. & Jermann, U. J. Using asset prices to measure the persistence of the marginal utility of wealth. *Econometrica*, 73(6), pág.1977–2016, 2005. Disponível: <http://www.jstor.org/stable/3598756>.
- Amaro, G. C., **Modelagem e Simulação Econômica de Sistemas Agroflorestais na Amazônia Brasileira.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, Porto Alegre – RS, 2010.
- Amran, M.; Kulatilaka, N., **Real Options: Managing strategic investment in an uncertain world.** Boston: Harvard Business School Press, 1999.
- Amaro de Matos, J., **Theoretical Foundations of Corporate Finance.** Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001.
- Andrade, E. L., **Introdução à Pesquisa Operacional**, LTC, Rio de Janeiro, Brasil. 2000.
- Antonik, L. R. **Opções Reais.** FAE Inteligentia –Disponível em: [www.fae.edu/intelligentia/principal/](http://www.fae.edu/intelligentia/principal/), 2005 Acesso: 29/12/2011.
- Antonik, L. R., Assunção, M. S. **Análise de Investimentos pelo Método de Opções Reais.** Disponível em: [http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/iiseminario/gestao/gestao\\_04.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/iiseminario/gestao/gestao_04.pdf) Acesso: 29/12/2011.
- Araújo, R. O. **Avaliação de Opções Reais através do método dos Mínimos Quadrados de Monte Carlo.** Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, PUC – RIO, Rio de Janeiro – RJ, 137 pág., 2004.
- Arco-Verde, M. F.; Silva, I. C; Mourão Júnior, M. Aporte de Nutrientes e Produtividade de Espécies Arbóreas e de Cultivos Agrícolas em Sistemas Agroflorestais na Amazônia. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 11-22, jan./mar. 2009.
- Armstrong, M.; Galli, A; Bailey, W.; Couët, B. Incorporating Technical Uncertainty in real option valuation of oil projects. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, vol. 44, p. 67-82, 2004.
- Assaf Neto, A. **Mercado Financeiro.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001. 356p.
- Assis, G. S. C. **Análise de Investimento sob Incerteza na Implantação de um Projeto de Irrigação em uma Fazenda de Laranja.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, PUC, São Paulo – SP, 2003.

- Aymen, B. Y., **Real options approach and the flexibility value of a series of uncertain investment projects in a pharmaceutical plant**. Tese de mestrado, ISG, 2004.
- Bakshi, G., Carr, P., & Wu, L. (2008). Stochastic risk premiums, stochastic skewness in currency options, and stochastic discount factors in international economies. *Journal of Financial Economics*, 87(1), pág.132–156, 2008. doi:10.1016/j.jfineco.2006.12.001
- Baran, F. D. **Avaliação de uma Floresta de Eucaliptos na Presença de um Mercado de Certificados para Redução de Emissões de carbono: Uma Abordagem por Opções Reais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial, PUC – RIO, Rio de Janeiro – RJ, 112 p.
- Barney, J., “Flexibility”. **Gaining and Sustaining Competitive Advantage**, Prentice Hall, New York, third edition, cap.9, 2007.
- Barros, A. V. de, **Produção de Biodiesel a partir de Sistemas Agroflorestais em Vazante, Minas Gerais**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural do Amazonas – UFRA, Belém – PA, 100p., 2005.
- Bartholomeu, D. B. **Fundamentos de Economia, Política e Desenvolvimento: Crescimento versus Desenvolvimento Econômico**. Esalq – USP, 06/07/2012.
- Basso, L. F. C., **A Relação entre Inovatividade, Estrutura de Capital e Criação de Valor: Uma Aplicação no Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo – SP, julho, 2007.
- Bentes Gama, M. M., da Silva, M. L., Vilcahuamán, J. M., Locatelli, M. Análise Econômica de Sistemas Agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho d’Oeste – RO. *Revista Árvore*, vol.29, nº.3, Viçosa – MG, Maio/Junho, 2005.
- Bernstein, P. L., **Desafio aos Deuses: A Fascinante História do Risco**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- Betz, F. **Managing technological innovation: competitive advantage from change**. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1998.
- Bish, E. K. and Wang, Q. Optimal Investment Strategies for Flexible Resources, Considering Pricing and Correlated Demands. **Operations Research**, Vol. 52, Nº.6: pp. 954-964, 2004.
- Black, F.; Scholes, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of political economy**. v. 81. pág. 637-654, 1973.
- Block, S. Are real options actually used in the real world? **Engineering Economist** nº.52 (3), 255 – 267, 2007.
- Bollerslev, T.; Chou R.; Kroner, K. ARCH Modeling in Finance: A Review of the Theory and Empirical Evidence, **Journal of Econometrics**. Vol. 52 : 5-59, 1992.
- Bordieri, C.A. **Um método quantitativo para estimativa da volatilidade de projetos de produção de petróleo**. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociência, UNICAMP. Campinas – SP, 2004. 153 f
- Brach, M. A. **Real options in practice**. New Jersey: Jonh Wiley & Sons, 2003
- Brandão, L. E. T. Qual o momento certo de investir na empresa? **Management**. Rio de Janeiro, p. 40-41, fev. 2001.
- Brandão, L.E.T.; Dyer, J.S.; Hahn, W.J.. Using Binomial Decision Trees to Solve Real Option Valuation Problems. **Decision Analysis**, Vol.0, No.0, p. 1-20, 2005.
- Brandão, L.; Saraiva, E., Risco Privado em Infraestrutura Pública: Uma Análise Quantitativa de Risco como Ferramenta de Modelagem de Contratos. **Working Paper**, BNDES, Rio de Janeiro. março, 2006.
- Brandão, M. C. **Análise dos Parâmetros que Influenciam a Obtenção do Valor da Flexibilidade por Opções Reais no Setor Elétrico**. Dissertação de mestrado em

- Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá – UFI, Itajubá – MG, 2010.
- Brasil, H. G., Freitas, J. M., de, Martins, V. I. O., Gonçalves, D. S., Ribeiro, E. **Opções Reais: Conceitos e Aplicações a Empresas e Negócios**. Editora Saraiva, São Paulo – SP, 2007. ISBN 978-02-06057-9.
- Brealey, R.; Myers, S. C. (1992). **Princípios de finanças empresariais**. Portugal: McGraw-Hill.
- Brennan, M. J; Schwartz, E. S. Evaluating Natural Resource Investments. **Journal of Business**, vol. 58: 135 – 57, 1985.
- Bruni, A. L., Famá, R. e Siqueira, J. O. **Análise de Risco na Avaliação de Projetos de Investimento: Uma Aplicação do Método de Monte Carlo**. São Paulo: FEA-USP, Caderno de Pesquisas em Administração, v.1, nº 6, 1º trim./2001.
- Campos, K. C. Análise da Volatilidade de Preços de Produtos Agropecuários no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa - MG , v.5, nº.3, 2007.
- Carvalhoes, F. G., **Migração para o mercado livre de energia ou retorno ao mercado cativo: Aplicação de um modelo de decisão utilizando opções reais**. Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças. Dissertação de Mestrado FUCAPE. Vitória, 2006.
- Casarotto Filho, N.; Kopittke, B. H., **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 2000.
- Castro, A. L. **Avaliação de Investimento de Capital em Projetos de Geração Termoelétrica no Setor Elétrico Brasileiro Usando Teoria das Opções Reais**, Dissertação de Mestrado, Dep. de Eng. Ind., PUC/ Rio, Abril de 2000, 106p;
- Celoto, R. R. **Apreçamento Racional de Projetos com Flexibilidade e Incertezas Exógenas: Uma Aplicação em Opções Reais**. São Paulo, 2004. 146 f. Dissertação de Mestrado em Administração – Universidade de São Paulo/USP.
- Cerbasi, G. P. **Metodologias para determinação do valor das empresas: Uma aplicação no setor de geração de energia hidrelétrica**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. 113 f.
- Chen, T., J. Zhang, K. K. Lai. An integrated real options evaluating model for information technology projects under multiple risks. **International Journal of Project Management** nº. 27, 776 – 786, 2009.
- Cheng, Y. J., **Decisão de Investimento através da Teoria de Opções Reais: Estudo de Caso em Projetos do Setor Financeiro**. FGV, Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2007.
- Chod, J., Rudi, N. Resource Flexibility with Responsive Pricing. **Operations Research**. Vol. 53, Nº.3, pp. 532-548, 2005.
- Cintra Neto, M. F., **Cursos de futuros e opções: do Futures Industry Intitute**. São Paulo: BM&F, 1998.
- Coelho Júnior, L. M., Rezende, J. L. P. de, Oliveira, A. D. de, Coimbra, L. A. B., Souza, A. N. de. Análise de Investimento de um Sistema Agroflorestal sob Situação de Risco. **Revista Cerne**, Lavras – MG, v.14, nº.4, p.368 – 378, outubro/dezembro 2008.
- Copeland, T. E., Antikarov, V., **Opções Reais: Um Novo Paradigma para Reinventar a Avaliação de Investimentos**, Rio de Janeiro, Campus, 2002.
- Copeland, T. E.; Antikarov, V., A. **Real Options: A Practitioner's Guide**; Texere, New York, 2003.

- Copeland, T.; Koller, T.; Murrin, J. **Avaliação de Empresas - Valuation: Calculando e Gerenciando o valor das Empresas**. São Paulo: Pearson Education, 2002.
- Copeland, T. E., Tufano, P. A Real-World Way to Manage Real Options. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 3, p. 90-99, 2004.
- Copeland, T.E., Weston, J.F., Shastri, K. **Financial Theory and Corporate Policy - 4<sup>a</sup> ed.** USA: Pearson Addison Wesley, 2005.
- Conrad, J.M. Analysis on the option value of old-growth forest. **Ecological Economics**, v. 22, 1997.
- Cordeiro, S. A. **Avaliação Econômica e Simulação em Sistemas Agroflorestais**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade de Viçosa – UFV, dezembro de 2010, pág. 85.
- Correio Neto, J. F. **Elaboração e Avaliação de Projetos de Investimento: Considerando o Risco**. Rio de Janeiro – RJ, Elsevier, **Editora Campus**, 2010. ISBN 978-85-352-3644-6.
- Cortazar, G.; Schwartz, E.S. Monte Carlo Evaluation of an Undeveloped Oil Field. **Journal of Energy Finance & Development**, vol.3(1), p.73-84, 1998.
- Cortazar, G.; Schwartz, E.S.; Casassus, E. Optimal Exploration Investments under Price and Geological-Technical Uncertainty: A Real Options Model. **R&D Management**, February, p. 181-189, 2001.
- Costa Lima, G.A., Suslick, S.B. Estimativa da volatilidade de projetos de bens minerais. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, p. 37-46, 2006.
- Couto, L., Barros, A. V. de, Tsukamoto Filho, A. A., Couto, L. C. Produção de Biodiesel a partir de Sistemas Agroflorestais com Soja em Vazante, Minas Gerais. **Renabio, Biomassa & Energia**, v.3, n.º.2, p. 113 – 127, 2006.
- Cox, J.; Ross, S.; Rubinstein, M., Option pricing: A simplified approach. **Journal Financial Economic**. N. 7, p. 229 – 263, 1979.
- Damodaran, A. **Avaliação de Investimentos**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2006.
- Damodaran, A. **A Face Oculta da Avaliação**. São Paulo: Makron Books, 2002.
- Dezen, F. J. P. **Opções Reais Aplicadas à Escolha de Alternativa Tecnológica para o Desenvolvimento de Campos Marítimos de Petróleo**. Campinas, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Disponível em <http://www.cepetro.unicamp.br/teses/mestrado/ano2001.htm#Francisco%20José%20Pinheiro%20Dezen> Acesso em 14/10/2011.
- Dezordi, L. L.; Souza e Silva, G. R. S. Os principais indicadores da economia brasileira: Atividade econômica e política monetária. **Economia & Tecnologia - Ano 03, Vol. 08, UFPR, Curitiba – PR, Jan./Mar. de 2007**.
- Dias, M. A. G. **Investimento sob incerteza em exploração & produção de petróleo**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1996.
- Dias, M. A. G. **Opções Reais Híbridas com Aplicação em Petróleo**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Católica do Rio de Janeiro (PUC), Rio de Janeiro, 2005.
- Dias, M. A. G. Valuation of exploration and production assets: an overview of real options models. **Journal of Petroleum Science & Engineering**. 44, p.93-114. 2004.
- Dias, M.A.G., Rocha, K.M.C. Petroleum Concessions with Extendible. Options Using Mean Reversion with Jumps to Model Oil Prices. **Proceedings of the 3rd Annual International Conference on Real Options**, Wassenaar-Leiden (Holanda), June

1999. Disponível versão revisada de janeiro de 2001 em: <http://www.pucRio.br/marco.ind/extend.html/>. Acesso em: 19/09/2012.
- Dias, M.A.G. **Real Option Theory for Real Assets Portfolios: the Oil Exploration Case**. Working Paper, Depart. of Industrial Engineering, PUC-Rio, presented at the 10th Annual International Conference on Real Options, New York, June 2006, 37 p.
- Dixit, A. K., Pindyck, R. S., **Investment under Uncertainty**. New Jersey, Princeton University Press, 1994.
- Dixit, A. K., Pindyck, R. S., **The Options Approach to Capital Investment**, Harvard Business Review, v. 73, n. 1, May/June, p. 105-15, 1995.
- Farber, A., Gellet, R., Szafarz, A. A General Formula for the WACC. **International Journal of Business**, Bruxelles – Belgium, vol. 11(2), 2006.
- Fernández, P. A More Realistic Valuation: APV and WACC With Constant Book Ratio, **Working Paper**, nº 715, IESE Business School, University of Navarra, Barcelona – Spain, November, 2007.
- Fick, T. A. Amostragem para Inventário Florestal em Sistemas Silvopastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.5, p.1033-1038, 2011
- Fleischmann, B., Ferber, S., Henrich, P. Strategic Planning of BMW's Global Production Network. **Interfaces** Vol. 36, Nº. 3, pp. 194-208, 2006.
- Fleten, S. E.; G. Ringen. New renewable electricity capacity under uncertainty: the potential in Norway. **Journal of Energy Markets**, vol. 2(1), p. 71-88, 2009.
- Forster, G. Modelo de Precificação de Ativos – CAPM: Um Estudo sobre a Apuração do Custo de Oportunidade do Capital Próprio, **Revista TECAP**, nº3, ano 3, v. 3, 2009.
- Forsyth, M. On the option value of preserving a wilderness area. **Canadian Journal of Economics**, 33. 413-434. 2000.
- Frey, G. E., Mercer, D. E., Cubbage, F. W., Abt, R. C. **A Real Options Method for Estimating the Adoption Potential of Forestry and Agroforestry Systems on Private Lands in the Lower Mississippi Alluvial Valley, USA**. XII World Forestry Congress, Buenos Aires, Argentina, 18 – 23 October, 2009.
- Fuss, S.; Szolgayova, J.; Obersteiner, M.; Gusti, M. Investment under market and climate policy uncertainty. **Applied Energy**, vol. 85, p.708-721, 2008.
- Gabe, J.; Portugal, M. S.. Volatilidade Implícita Versus Volatilidade Estatística: Um exercício utilizando opções e ações da Telemar S.A. **Revista Brasileira de Finanças**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 47-73, 2004.
- Galvão, M. **Análise quantitativa de riscos com simulação de Monte Carlo**. Editora Mundo P M. 2005. Disponível em: [www.mundopm.com.br/download/montecarlo.pdf](http://www.mundopm.com.br/download/montecarlo.pdf). Acesso em: 20/01/2012
- Gamba, A.; Tesser M. Structural estimation of real option models. **Journal of Economic Dynamics and Control**, vol. 33, p. 798-816, 2009.
- Gitman, L. J. **Princípios de Administração Financeira**, 10ª edição. Tradução técnica: Antonio Zoratto Sanvicente. Sao Paulo: Addison Wesley, 2004.
- Gitman, L. J.; Madura, J. **Administração Financeira: Uma abordagem gerencial**. São Paulo: Addison Wesley, 2003.
- Greden, L. **Flexibility in building design: a real options approach and valuation methodology to address risk**. Doctor of Philosophy in Architecture: Building Technology - Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts, USA, 2005. 259 f.
- Grenadier, S., Option Exercise Games: An Application to the Equilibrium Investment Strategies of Firms, **Review of Financial Studies**. Vol. 15: 691-721, 2002.

- Haahtela, T., Separating ambiguity and volatility in cash flow simulation based volatility estimation, Social Science Research Network, **Working Paper**, March, 2007, disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=968226>>, Acesso em: 31/08/2011.
- Hull, J. C. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. São Paulo: BM&F, 1996.
- Hull, J. C. **Opções, futuros e outros derivativos**. São Paulo: BM&F, 1998.
- Hull, J. C. **Option, futures and other derivatives**. 6<sup>o</sup> edição. Prentice Hall, São Paulo, 2005.
- Hsu, Y.W., Lambrecht, B.M. Preemptive patenting under uncertainty and asymmetric information. **Annals of Operations Research**. Vol. 151(1), p. 5-28, 2007. ISSN 0254-5330.
- Ingersoll, J.; Ross S. Waiting to Invest: Investment and Uncertainty, **Journal of Business**. Vol. 65: 1-29, 1992.
- International Council of Reserch in Agroforestry (ICRAF). **Resources for agroforestry diagnosis and design**. Nairobi, 110p., 1998.
- Iubel, F. B. **Análise das Decisões de Investimentos de um Plano de Saúde a partir da Teoria das Opções Reais**. Dissertação de mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba – PR, 2008.
- Fleischmann, B.; Ferber, S.; Henrich, P. “Strategic Planning of BMW’s Global Production Network”, **Interfaces**. Vol. 36, N<sup>o</sup>. 3, p. 194-208, 2006.
- Groppelli, A. A.; Nikbakht, E. **Administração Financeira**. Trad. Célio Knipel Moreira. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- Hissa, M. Investimento em Opções: Como aumentar seu Capital Operando com Segurança. 1<sup>a</sup> ed. **Bastter**, Rio de Janeiro – RJ, Elsevier, 2010. ISBN 978-85-352-4142-6.
- Joaquim, M. S., **Carvão Vegetal: Uma Alternativa para os Produtores Rurais no Sudoeste Goiano**. Dissertação de Mestrado, Publicação T. DM-01/2009, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93 p.
- Kensinger, J. W. Assing the value of active management into the capital budgeting equation. **Midland Corporate Finance Journal** 5, n<sup>o</sup> 1, p. 31 – 42, 1987.
- Kerr, R. B., Martin, D. M. L., Basso, L. C., **A Influência do Processo de Difusão de Preços no Valor e no Tempo Ótimo de Corte de um Povoamento de Eucalipto**. SIMPOI – Anais, XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais Tema: O FATOR HUMANO NA GESTÃO DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES 26 a 28 de Agosto de 2009 / FGV-EAESP, São Paulo. Disponível: [http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009\\_T00469\\_PCN75480.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00469_PCN75480.pdf) Acesso em: 15/11/2011.
- Kort, P. M., Murto, P., Grzegorz, P. Uncertainty and stepwise Investment. **European Journal of Operational Research**. N<sup>o</sup> 202, p. 196-203, 2010.
- Labarta-Chavarri, R.; Lansing, E. Rentabilidade Econômica. In: Iniciativas Promissoras e Fatores Limitantes para o Desenvolvimento de Sistemas Agroflorestais como Alternativa à Degradação Ambiental na Amazônia, 2005. **Memórias, Resultados e Encaminhamentos**, 2005.
- Laskier, R. C. A Teoria de Opções Reais: Uma Abordagem para Avaliar Investimentos da Indústria de Venture Capital. Dissertação de mestrado em Administração, PUC – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2007, 82 p.

- Lemes Júnior, B. A.; Rigo, C. M.; Cherobim, A. P. M. S. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 698 p.
- Leung, C.M., Kwok, Y.K., Real options game analysis of sleeping patents. **Working paper of the Hong Kong**. University of Science and Technology, 2010.
- Lisboa, E. F. A. **Risco e Incerteza**. Apostila Pesquisa Operacional. Disponível em: <http://www.ericolisboa.eng.br/cursos/apostilas/po/index.htm> Acesso: 30/12/2011.
- Lopes, E. P. **Opções Reais: A nova análise de investimento**. 2º edição, Lisboa: Editora Sílabo, 2001. 128p., ISBN: 9726182557.
- Lopes, S. B. **Arranjos Institucionais e a Sustentabilidade de Sistemas Agroflorestais: Uma Proposição Metodológica**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Rural, UFRS, Porto Alegre – RS, agosto/2001.
- Luehrman, T. A. (1998). **Investment opportunities as real options: getting started on the numbers**. Harvard business review. jul-aug.
- Macedo, M. A. S., Nardelli, P. M. Utilizando Opções Reais na Análise de Viabilidade de Projetos de Investimentos Agropecuários: Um ensaio Teórico. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – **SOBER**, Rio Branco – AC, 20 a 23 de julho de 2008.
- Majd, S.; Pindyck, R. Time to Build, Option Value, and Investment Decisions, **Journal of Financial Economics**. Vol. 18: 7-27, 1987.
- Magee, J. F. (1964), How to Use Decision Trees in Capital Investments, **Harvard Business Review**, p. 126-28, Sep/Oct.
- Mascarenhas Filho, C. G., **A Influência da Volatilidade na Avaliação das Opções Reais: O Caso dos Investimentos em Telecomunicações e Petróleo no Brasil**. Banco BBM S.A. Rio de Janeiro – RJ, 2011.
- Manfrinato, J. W. S.; Figueiredo Neto, L. F.; Crepaldi, A. F. **Teoria das Opções Reais: de que se está falando?** X Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2003.
- Martinez, A. L. Opções reais na análise de contratos de leasing. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 38, nº 2, p. 36 – 48, Abril/Junho, 1998.
- Martins, G. B. **Um modelo de opções reais com estratégias de entrada e saída e com investimento incerto, sequencial e com tempo de construção**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. 41 f.
- Meirelles, J. L. F.; Rebelatto, D. A. N.; Matias, A. B. **Teoria de opções e sua aplicação na avaliação de investimento**. VI Seminário de Administração FEA USP. Março, 2003.
- Mendéz, M.; Goyanes, A. **Real Options Valuation of a Wind Farm**. ESIC Business and Marketing School, Sapphire Finance LLP. Business Finance Department, Universidad Autónoma de Madrid, February, 2009.
- Merton, R. C. **Theory of rational option pricing**. Bell Journal of Economics and Management Science, nº4, p. 141 – 183, 1973. Disponível: <http://www.signallake.com/innovation/MertonBJEMS73.pdf> Acesso: 12/12/2011.
- Minardi, A. M. A. F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. **Revista de Administração de Empresas**. v.40, nº 02, abr/jun, 2004.
- Mishkin, F. S. **Moedas, Bancos e Mercados Financeiros**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 474p.
- Myers, S. C. (1977) Determinants of corporate borrowing. **Journal of financial economics**. n. 5. p. 147-75. Nov., 1977.

- Monteiro, R. C., **Contribuições da Abordagem de Avaliação de Opções Reais em Ambientes Econômicos de Grande Volatilidade – Uma Ênfase no Cenário Latino – Americano**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, 2003.
- Morek, R., Schwartz, E., Stangeland, D. The valuation of forest resources under stochastic prices and inventories. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 24, n. 4, Dec. 1989.
- Moreira, A. R. B., Reis, E. J., Rocha, K., Carvalho, L., A Valoração das Concessões nas Florestas Nacionais da Amazônia: Uma Abordagem com Opções Reais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 3, p. 327-354, dez. 2000.
- Morettin, P. A., Toloi, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 535 p.
- Mulder, G.; Hetland, J.; Lenaers, G. Towards a sustainable hydrogen economy: Hydrogen pathways and infrastructure. **International Journal of Hydrogen Energy**. Vol. 32(10-11), p.1324-1331, 2007.
- Müller, M. D., Nogueira, G. S., Castro, C. R. T. de, Paciullo, D. S. C., Alves, F. F., Castro, R. V. O., Fernandes, E. N. Economic Analysis of a Agro-silvipastoral System for a Mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v.46, n.º.10, p. 1148 – 1153, outubro 2011.
- Mun, J., **Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions**, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- Murthy Konda, N. V. S. N.; Shah, N.; Brandon, N. P. Optimal transition towards a large-scale hydrogen infrastructure for the transport sector: The case for the Netherlands, **International Journal of Hydrogen Energy**. Vol. 36(8), p.4619-4635, 2011.
- Nogueira, R. C., Sato, M. K., Martín, D. M. L., Basso, L. F. C., Kimura, H. A decisão ótima de abandono do investimento em uma lavoura de café, na região de Franca, considerando os impactos do ciclo produtivo. **FACEP Pesquisa**, v. 9, n.º. 3, 2006.
- Noronha, J. C., Noronha, J. C. C., Leite, V. F. **A Avaliação de empresas nascentes pela lógica de opções reais**. XII SemeAd, setembro, 2010. ISSN 2177 – 3866.
- Olivares, M. G. **As contribuições post keynsianas sobre as expectativas numa economia monetária**. Departamento de Economia, Instituto Superior de Economia e Gestão. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001.
- Oliveira, A. D. de, Scolforo, J. R. S., Silveira, V. P. Análise Econômica de um Sistema Agro-Silvo-Pastoril com Eucalipto Implantado em Região de Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v.10, n.º.1, p. 1 – 19, 2000.
- Oliveira, E. B., Ribaski, J., Zanetti, E. A., Penteado Júnior, J. F. Produção, Carbono e Rentabilidade Econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Silvopastoris no Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, n.º.57, p.45-56, jul./dez., 2008.
- Oliveira, M. A. C. da, Silva, L. S. A. da. Utilizando Teoria de Precificação de Opções para a Avaliação do Prêmio de Risco de Mercado no Brasil. II Congresso Nacional de Administração e Ciências Contábeis – **AdCont 2011**, Rio de Janeiro – RJ, 13 e 14 de outubro de 2011.
- Oliveira, S. J. M.; Vosti, S. A. **Aspectos Econômicos de Sistemas Agroflorestais em Ouro Preto do Oeste, Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1997. 28 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 29).

- Oliveira, T. C. de, **Caracterização, Índices Técnicos e Indicadores de Viabilidade Financeira de Consórcios Agroflorestais**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre – UFAC, Rio Branco – AC, 83 f., 2009.
- Paddock, J.; Siegel, D.; Smith, J. Option valuation on claims on physical assets: the case of offshore petroleum leases. **Quarterly Journal of Economics**, p.479-508, Aug. 1988.
- Padilha, E. R. **A Avaliação da Implantação de Unidades de Redes Varejistas – Um estudo de Opções Reais**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. USP, São Paulo – SP, 2003.
- Pasin, R. M., Martelanc, R., Souza, A. F. de. **A Flexibilidade do Processo Decisório e o Valor da Opção de Adiamento**. Ensaio Finanças, II SEMEAD, São Paulo, 2011.
- Pereira, P. J.; Armada, M. R. As opções reais na avaliação de oportunidades de investimento: Uma revisão da literatura. **Documentos de Trabalho**. Universidade do Minho, Portugal, n. 3, 2001.
- Pindyck, R. S. Irreversible investment, capacity choice, and value of the firm. **American economic review**. v 78, n 5, Dec., 1988.
- Pindyck, R. S. Irreversibility, Uncertainty, and Investment, **Journal of Economic Literature**. Vol. 29: 110-1152, 1991.
- Pindyck, R. S; Rubinfeld, D. L. **Microeconomia**. 5 ed. Trad. e Rev. Eleutério Prado. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- Pinheiro, F. A. P., Sousa, A. F. de., Savola, J. R. F. **A Avaliação de Projetos em Ambiente de Incerteza: Modelos de Simulação Aplicados à Teoria de Opções Reais**. Disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/semead/12semead/resultado/trabalhosPDF/34.pdf>  
Acesso: 19/11/2011.
- Pinto, C. L. B. **Avaliação por Opções Reais de Empresa de Sistema de Informação Geográfica**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração. Faculdades Ibmecc, Rio de Janeiro – RJ, 2004.
- Pinto, L. F. G. **Avaliação do Cultivo de Cana-de-açúcar em Sistemas Agroflorestais em Piracicaba, SP**. Tese de Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba – SP, 116 pág., 2002.
- Ramírez, G. A.; Somarriba, E.; Ludewigs, T.; Ferreira, P. Financial returns, stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in Central America. **Agroforestry Systems**, n. 51, p. 144-154, 2001.
- Rezende, J. L. P.; Oliveira, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. Viçosa: Universidade Federal Viçosa, 389 p. 2008.
- Ries, L. R., Antunes, L. M. Comercialização Agropecuária: Mercado Futuro e de Opções. **Livraria e Editora Agropecuária**, Guaíba – RS, 142p. ISBN 85-85437-60-0, 2007.
- Rigolon, F. J. Z. (1999). **Opções reais e análise de projetos**. Rio de Janeiro: BNDES. (Texto para Discussão n. 66). Publicações BNDES, Junho de 1999. Disponível em <http://www.bndes-exim.com/conhecimento/revista/rev1107.pdf> Acesso em 14/10/2011.
- Rochman, R. R. **Análise de Métodos Numéricos para Precificação de Opções**. Dissertação de mestrado, EAESP/FGV, São Paulo – SP, 2000.
- Rodrigues, E. R., Cullen Júnior, L. Beltrame, T. P., Moscoliato, A. V., da Silva, I. C., Avaliação Econômica de Sistemas Agrflorestais Implantados para Recuperação de Reserva Legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.31, nº.5, p. 941 – 948, 2007.

- Rodrigues, E. R., Cullen Júnior, Moscolliato, A. V., L. Beltrame. O Uso do Sistema Agroflorestal Taungya na Restauração de Reservas Legais: Indicadores Econômicos. **Floresta**, Curitiba – PR, v.38, n°.3, julho/setembro, 2008.
- Ross, S. A.; Westerfield. R. W.; Jaffe, J. F. (1995). **Administração financeira**. Corporste Finance. 2° ed. São Paulo, Atlas, 2002.
- Saito, M. B., Távora Júnior, J. L., Oliveira, M. R. G. de. **A Teoria das Opções Reais: Uma Aplaiação em Inovação Tecnológica considerando-se o Valor da Flexibilidade Gerencial**. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.
- Samanez, C. P. **Gestão de investimentos e geração de valor**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- Samuelson, P. Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. **Industrial Management Review**. p. 41 – 49, Spring, 1965.
- Sanguino, A. C.; Santana, A. C. de; Homma, A. K. O.; Barros, P. L. C. de; Kato, O. K.; Amin, M. M. G. H. Análise Econômica de Investimentos em Sistemas de Produção Agroflorestal no Estado do Pará. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 23-47, jan/jun. 2007.
- Santos, A. J. dos, Leal, A. C., Graça, L. R., Carmo, A. P. C. do. Viabilidade Econômica do Sistema Agroflorestal Grevílea X Café na Região Norte do Paraná. **Revista Cerne**, v.6, n°.1, p. 89 – 100, 2000.
- Santos, D. F. L. **A Teoria das Opções Reais como instrumento de Avaliação na Análise de um Processo de Fusão/Incorporação de Empresas**. Dissertação de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão, UFF, Niterói – RJ, 2004.
- Santos, E. M.; Pamplona, E.O. **Teoria das Opções Reais: Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)**. In 2o Encontro Brasileiro de Finanças, Ibmecc, Rio de Janeiro, julho de 2002. Disponível em <http://www.puc-rio.br/marco.ind/pdf/artelieber2oebf02.pdf> Acesso em 20/10/2011.
- Santos, M. J. **Avaliação Econômica de Quatro Modelos Agroflorestais em Áreas Degradadas por Pastagens na Amazônia Ocidental**. 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.
- Santos, M. J. C., Paiva, S. N. Os Sistemas Agroflorestais como Alternativa Econômica em Pequenas Propriedades Rurais: Estudo de Caso. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v.12, n°.1, p. 135 – 141.
- Sanvicente, A. Z. **Administração Financeira**. São Paulo: Atlas, 1997. 284p.
- Saunders, A. **Medindo o Risco de Crédito**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2000.
- Scartezini, A. A. **Opções Reais em Decisões de Investimento em Exploração e Produção**. Dissertação de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial, FGV – Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro – RJ, 2006.
- Schio, R. **Lançamento Coberto de Opções**. Trabalho de Pós-graduação em Mercado de Capitais. Faculdade de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. Porto Alegre – RS, 2009.
- Securato, J. R. **Decisões Financeiras em Condições de Risco**. Ed. Atlas, São Paulo – SP, 1993.
- Silva, E. C. **Capital Asset Price Model: Uma Avaliação do Modelo de Formação de Preço de Ativos de Capitais no Mercado de Ações no Brasil**. Dissertação de Mestrado em Gestão e Estratégia de Negócios. UFRRJ – Seropédica – RJ, Janeiro, 2003. 49p.

- Silva, I. C. Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) com o açazeiro (*Euterpe oleracea* L.) e com a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistema agroflorestal. **Floresta**, v. 31, n. 1/2, p. 167-168, 2000.
- Silva, L. S. A. **Avaliação de Empresas de Tecnologia e Opções Reais: Um Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração. Faculdades Ibmec, Rio de Janeiro – RJ, 2002.
- Silva, M. L., Jacovine, L. A. G., Valverde, S. R. **Economia Florestal**. Ed.UFV. Universidade Federal de Viçosa. 2002. 178 p.
- Silva Neto, L. A. **Opções: do tradicional ao exótico**. São Paulo: Atlas, 1996.
- Smith, J., Alternative Approaches for Solving Real-Options Problems (*Comments on Brandão et al. 2005*), **Decision Analysis**, Vol. 2, No. 2, pp. 89–102, June, 2005.
- Sodal, S., S. Koekebakker, R. Aadland. Market switching in shipping a real option model applied to the valuation of combination carriers. **Review of Financial Economics**, N° 17 (3), p.183-203, August/2008.
- Sousa Neto, J. A., de, Oliveira, V. I., Bergamini Junior, L. C. **Opções Reais: Introdução à Teoria e à Prática**. Qualitymark, Rio de Janeiro – RJ, 2008. ISBN 978-85-7303-763-0.
- Souza, A. N. de, Oliveira, A. D. de, Scolforo, J. R. S., Rezende, J. L. P. de, Mello, J. M. Viabilidade Econômica de um Sistema Agroflorestal. **Cerne**, v.13, n°.1, p.96-106, Lavras – MG, jan./mar. 2007.
- Tham, J., Pareja, I. V. **Na Embarrassment of Riches: Winning Ways to Value with the WACC**. School of Economics and Business Administration, Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena – Colombia, 2009.
- Thijssen, J.J.J., Huisman K.J.M., Kort P.M. The effects of information on strategic investment and welfare. **Economic Theory**, 28, 399-424, 2006.
- Thomson, T. A. **Optimal forest rotation when stumpage prices follow a diffusion process**. *Land Economics*, 68. 329-342. 1992.
- Titman, S.; Grinblatt, M. **Mercados financeiros & estratégia corporativa**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- Tourinho, O. A. **The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach**. Berkeley: University of California, November, 1979 (Unpublished Ph.D. Dissertation). Disponível em: [http://www.puc-rio.br/marco.ind/bib\\_cla2.html#begin%20bib](http://www.puc-rio.br/marco.ind/bib_cla2.html#begin%20bib) Acesso: 15/07/2011.
- Tosta de Sá, G. **Administração de investimentos: Teoria de carteiras e gerenciamento de risco**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. ISBN: 8573032170.
- Trigeorgis, L. **Real options in capital investment: models, strategies and applications**. Westport: Praeger. 1995.
- Trigeorgis, L. **Real option, managerial flexibility and Strategy in resource allocation**. London: MIT Press, 1996.
- Zhu, K., Weyant, J. Strategic decisions of new technology adoption under asymmetric information: a game theoretic model. **Decision Sciences**, 34(4), 643-675, 2003.
- Wadt, L. H. O.; Kainer, K. A.; Gomes-Silva, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excels* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 211, p. 371-384, 2005.
- Yin, R., Newman, D. **When to cut a stand of tress?** *National Resour. Model*, 10. 251-261 pág., 1997.

## ANEXOS

### Análise de Monte Carlo em Excel

Depois de definida as premissas básicas, selecionou-se na planilha em *Microsoft Excel* o ícone **Dados**, dentro desse ícone selecionou-se a aba **Análise de dados**, dentro da caixa análise de dados, o item geração de número aleatório, conforme demonstrado na Figura 19:

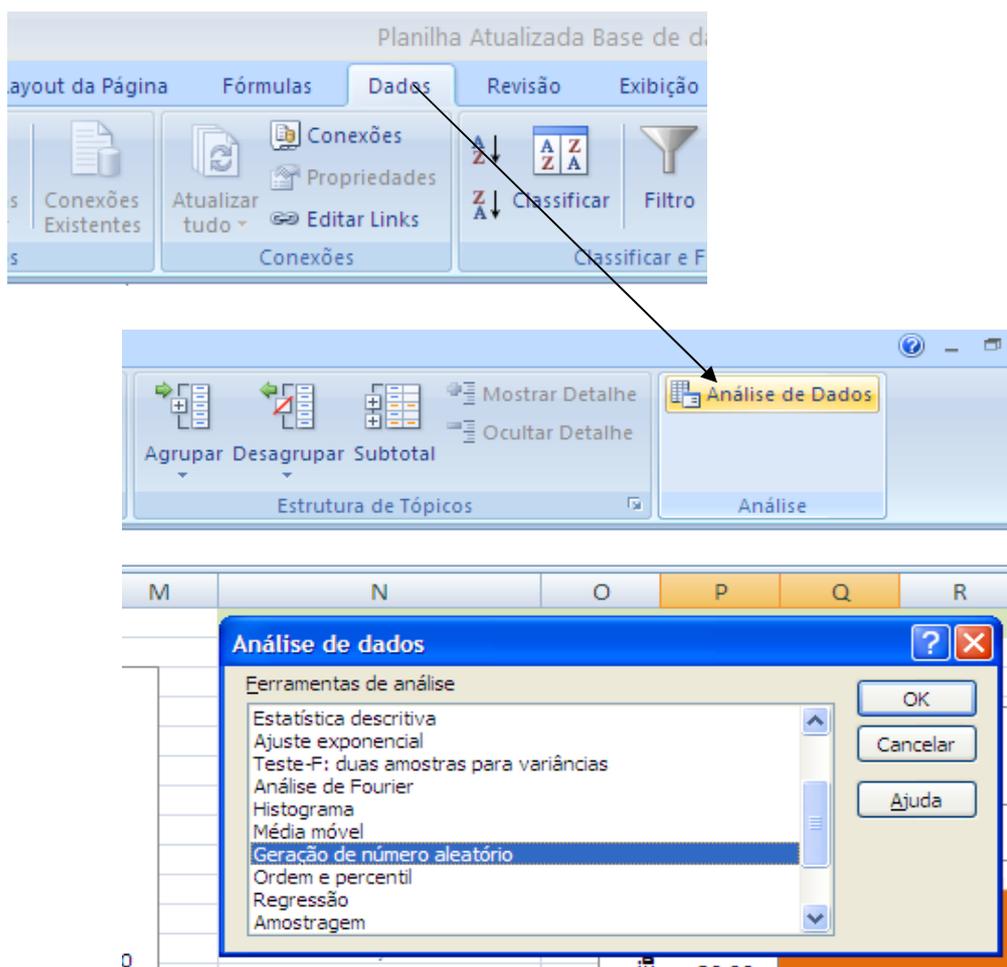


Figura 19 – Análise de dados no Excel

No item geração de números aleatórios utilizaram-se todos os valores que estão descritos na Tabela 16 e foi selecionada distribuição normal, para que pudesse atender as exigências para utilização do Método de Monte Carlo e da Teoria das Opções Reais.

Na Figura 20 está demonstrado como deve ser feito o preenchimento dos pré-requisitos para a continuidade da simulação. O item Número de variáveis foi preenchido como número três, devido às três variáveis estocásticas determinadas. Foram definidas

30.000 interações aleatoriamente, a distribuição deve ser normal, a média e o desvio padrão são os calculados anteriormente.

	A	B	C	D
1	Premissas			Método de Monte Carlo
2	Média	71,76		Simulação para 20.000 valores
3	Desvio padrão	20,16%		55,27
4		0,2016		85,09
5				56,11
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				81,81
27				15,61

**Geração de número aleatório**

Número de variáveis:

Número de números aleatórios:

Distribuição:

Parâmetros

Média =

Desvio padrão =

Semente aleatória:

Opções de saída

Intervalo de saída:

Nova planilha:

Nova pasta de trabalho

Figura 20 - Preenchimento dos dados para geração de números aleatórios

Anos	Ano 0 (2009)	Ano 1 (2010)	Ano 2 (2011)	Ano 3 (2012)	Ano 4 (2013)	Ano 5 (2014)	Ano 6 (2015)	Ano 7 (2016)	Ano 8 (2017)	Ano 9 (2018)	Ano 10 (2019)	Ano 11 (2020)	Ano 12 (2021)	Ano 13 (2022)	Ano 14 (2023)
0	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96	-2.379,96
1		-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87	-427,87
2			-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52	-1.102,52
3				52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82	52,82
4					273,06	273,06	273,06	273,06	273,06	273,06	273,06	273,06	273,06	273,06	273,06
5						202,71	202,71	202,71	202,71	202,71	202,71	202,71	202,71	202,71	202,71
6							6.859,39	6.859,39	6.859,39	6.859,39	6.859,39	6.859,39	6.859,39	6.859,39	6.859,39
7								-418,51	-418,51	-418,51	-418,51	-418,51	-418,51	-418,51	-418,51
8									5.064,74	5.064,74	5.064,74	5.064,74	5.064,74	5.064,74	5.064,74
9										-849,58	-849,58	-849,58	-849,58	-849,58	-849,58
10											165,24	165,24	165,24	165,24	165,24
11												202,71	202,71	202,71	202,71
12													202,71	202,71	202,71
13														202,71	202,71
14															11.467,77
<b>Fluxo de Caixa sem desconto</b>	- 2.379,96	-427,87	-1.102,52	52,82	273,06	202,71	6.859,39	-418,51	5.064,74	-849,58	165,24	202,71	202,71	202,71	11.467,77
<b>VPL</b>	-2.379,96	-2.769,28	-3.682,11	-3.642,32	-3.455,14	-3.328,70	564,44	348,30	2.728,30	2.365,03	2.429,32	2.501,09	2.566,38	2.625,80	5.684,32
<b>TIR</b>							12,92%	11,83%	20,57%	19,62%	19,78%	19,94%	20,07%	20,18%	23,89%

Tabela 18 - Cotação mensal do preço da saca da soja entre os anos de 1998 a 2012.  
CONAB, EMBRAPA, AGROLINK

Ano	Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado	Ano	Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado
1998	Jan.	17,15	3,331682	57,15	2006	Jan.	29,25	1,457860	42,65
	Fev.	15,62	3,302640	51,58		Fev.	27,53	1,447416	39,85
	Mar.	14,44	3,301985	47,69		Mar.	25,70	1,448251	37,22
	Abril	14,17	3,294294	46,70		Abril	24,91	1,454799	36,24
	Mai	14,61	3,298733	48,20		Mai	26,46	1,454466	38,49
	Jun.	14,23	3,291237	46,82		Jun.	27,59	1,449030	39,98
	Jul.	14,19	3,282121	46,57		Jul.	27,73	1,439446	39,92
	Ago.	13,87	3,294519	45,70		Ago.	27,30	1,437002	39,23
	Set.	14,62	3,300245	48,23		Set.	28,11	1,431143	40,23
	Out.	14,81	3,300990	48,89		Out.	30,54	1,427729	43,61
	Nov.	14,90	3,302075	49,20		Nov.	33,06	1,416308	46,82
	Dez.	14,52	3,308100	48,04		Dez.	31,93	1,408281	44,97
1999	Jan.	15,57	3,275879	51,01	2007	Jan.	32,00	1,404582	44,94
	Fev.	18,30	3,238704	59,25		Fev.	32,58	1,398611	45,56
	Mar.	17,30	3,101120	53,66		Mar.	31,80	1,395366	44,38
	Abril	15,79	3,041053	48,00		Abril	30,01	1,392325	41,78
	Mai	15,87	3,040152	48,25		Mai	30,08	1,390434	41,82
	Jun.	16,65	3,050670	50,79		Jun.	30,71	1,388261	42,64
	Jul.	16,30	3,019898	49,22		Jul.	31,34	1,384646	43,39
	Ago.	18,59	2,972586	55,25		Ago.	34,56	1,379498	47,68
	Set.	20,74	2,929987	60,77		Set.	38,67	1,360558	52,61
	Out.	21,92	2,887606	63,31		Out.	39,91	1,344860	53,67
	Nov.	20,74	2,834089	58,78		Nov.	42,07	1,334903	56,16
	Dez.	19,74	2,764023	54,56		Dez.	43,98	1,321038	58,10
2000	Jan.	19,96	2,730366	54,49	2008	Jan.	46,23	1,301837	60,18
	Fev.	19,30	2,702719	52,16		Fev.	47,71	1,289122	61,50
	Mar.	18,26	2,697489	49,27		Mar.	45,83	1,284252	58,86
	Abril	18,71	2,692549	50,37		Abril	44,33	1,275301	56,53
	Mai	19,54	2,689112	52,53		Mai	44,70	1,261227	56,38
	Jun.	18,58	2,671151	49,62		Jun.	49,99	1,238012	61,88
	Jul.	17,62	2,646629	46,62		Jul.	50,58	1,215030	61,46
	Ago.	17,88	2,588158	46,28		Ago.	44,70	1,201554	53,70
	Set.	19,04	2,541877	48,40		Set.	46,08	1,206170	55,58
	Out.	19,03	2,524541	48,05		Out.	44,63	1,201791	53,63
	Nov.	20,06	2,515141	50,44		Nov.	45,13	1,188816	53,65
	Dez.	21,95	2,505434	54,99		Dez.	44,61	1,188011	53,00
2001	Jan.	20,53	2,486524	51,06	2009	Jan.	49,21	1,193293	58,73
	Fev.	18,27	2,474405	45,20		Fev.	47,56	1,193119	56,75
	Mar.	17,69	2,466055	43,63		Mar.	45,35	1,194617	54,18
	Abril	18,01	2,446404	44,07		Abril	47,95	1,204714	57,77
	Mai	19,62	2,419127	47,47		Mai	50,39	1,204182	60,67
	Jun.	22,04	2,408532	53,09		Jun.	49,89	1,202075	59,98
	Jul.	25,98	2,373963	61,67		Jul.	47,83	1,205880	57,67
	Ago.	27,65	2,336212	64,61		Ago.	48,20	1,213688	58,50
	Set.	29,20	2,315297	67,61		Set.	46,07	1,212574	55,86
	Out.	29,68	2,306483	68,46		Out.	44,67	1,209594	54,03
	Nov.	29,81	2,273604	67,78		Nov.	44,06	1,210088	53,32
	Dez.	27,19	2,256362	61,36		Dez.	42,87	1,209233	51,84
2002	Jan.	25,15	2,252348	56,64	2010	Jan.	39,80	1,210599	48,18
	Fev.	22,39	2,248169	50,33		Fev.	35,73	1,198512	42,82

	Mar.	21,22	2,244069	47,62		Mar.	34,14	1,185546	40,47
	Abril	22,44	2,241535	50,30		Abril	34,49	1,178095	40,63
	Mai	25,42	2,225986	56,59		Mai	35,59	1,169690	41,63
	Jun.	29,36	2,201630	64,65		Jun.	36,16	1,151620	41,64
	Jul.	33,01	2,164072	71,44		Jul.	38,58	1,147701	44,28
	Ago.	36,15	2,120598	76,65		Ago.	41,32	1,145213	47,31
	Set.	41,65	2,071622	86,27		Set.	42,59	1,132749	48,25
	Out.	46,46	2,018266	93,78		Out.	44,88	1,120473	50,28
	Nov.	46,94	1,936665	90,91		Nov.	48,96	1,109062	54,30
	Dez.	48,91	1,829847	89,50		Dez.	48,52	1,091809	52,98
2003	Jan.	43,10	1,781770	76,79	2011	Jan.	49,63	1,087690	53,98
	Fev.	42,79	1,743852	74,63		Fev.	49,28	1,077154	53,08
	Mar.	39,71	1,716507	68,16		Mar.	46,32	1,066949	49,42
	Abril	37,20	1,688528	62,81		Abril	44,37	1,060479	47,06
	Mai	37,18	1,681610	62,51		Mai	44,94	1,055249	47,43
	Jun.	36,90	1,692913	62,47		Jun.	45,13	1,055177	47,62
	Jul.	35,64	1,704803	60,77		Jul.	45,77	1,056564	48,36
	Ago.	36,55	1,708209	62,44		Ago.	46,50	1,057101	49,15
	Set.	39,76	1,697651	67,50		Set.	49,05	1,050661	51,54
	Out.	45,82	1,680052	76,98		Out.	46,21	1,042814	48,18
	Nov.	48,10	1,672734	80,45		Nov.	45,35	1,038682	47,10
	Dez.	46,48	1,664760	77,38		Dez.	45,23	1,034268	46,78
2004	Jan.	46,29	1,654799	76,59	2012	Jan.	46,80	1,035922	48,48
	Fev.	45,23	1,641669	74,26		Fev.	47,06	1,032832	48,61
	Mar.	51,11	1,624074	83,00		Mar.	52,23	1,032105	53,91
	Abril	51,81	1,609066	83,37		Abril	57,57	1,026390	59,09
	Mai	49,21	1,590819	78,28		Mai	61,11	1,016070	62,09
	Jun.	45,04	1,567900	70,61		Jun.	65,22	1,006872	65,66
	Jul.	40,44	1,547972	62,60					
	Ago.	39,13	1,530597	59,90					
	Set.	37,82	1,510791	57,14					
	Out.	34,47	1,503519	51,82					
	Nov.	33,75	1,495575	50,48					
	Dez.	32,63	1,483358	48,40					
2005	Jan.	32,84	1,475711	48,46					
	Fev.	29,53	1,470842	43,44					
	Mar.	35,12	1,464918	51,45					
	Abril	32,88	1,450603	47,69					
	Mai	31,47	1,443310	45,42					
	Jun.	33,08	1,446987	47,86					
	Jul.	32,87	1,453519	47,78					
	Ago.	31,62	1,459408	46,14					
	Set.	29,75	1,470967	43,77					
	Out.	28,90	1,472912	42,56					
	Nov.	28,17	1,463637	41,23					
	Dez.	29,66	1,458812	43,27					

Para o cálculo da volatilidade do preço da arroba do boi gordo (@ = 15 quilos), foram considerados preços de uma série histórica de janeiro de 1998 a junho de 2012, de acordo com cotações diárias de sites especializados em comercialização de gado,

como RURAL CENTRO, EMBRAPA, AGROLINK, PECUÁRIA.COM conforme Tabela 20, a seguir:

Tabela 19 - Cotações do preço da arroba do Boi gordo

Ano	Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado	Ano	Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado
1998	Jan.	26,57	3,3316824	88,52	2006	Jan.	49,64	1,4578597	72,37
	Fev.	26,42	3,3026404	87,25		Fev.	50,53	1,4474164	73,14
	Mar.	26,78	3,3019847	88,42		Mar.	49,60	1,4482509	71,83
	Abril	26,99	3,2942940	88,93		Abril	50,26	1,4547991	73,11
	Maio	26,21	3,2987327	86,47		Maio	48,85	1,4544657	71,05
	Jun.	26,15	3,2912368	86,08		Jun.	48,83	1,4490297	70,75
	Jul.	26,86	3,2821213	88,14		Jul.	50,41	1,4394464	72,56
	Ago.	27,53	3,2945191	90,71		Ago.	55,90	1,4370019	80,32
	Set.	28,57	3,3002450	94,28		Set.	59,01	1,4311432	84,46
	Out.	27,78	3,3009903	91,70		Out.	61,55	1,4277286	87,88
	Nov.	28,10	3,3020751	92,80		Nov.	55,05	1,4163082	77,97
	Dez.	28,09	3,3080996	92,94		Dez.	53,48	1,4082813	75,32
1999	Jan.	28,96	3,2758794	94,87	2007	Jan.	53,57	1,4045820	75,24
	Fev.	31,10	3,2387037	100,71		Fev.	55,14	1,3986110	77,11
	Mar.	31,49	3,1011201	97,65		Mar.	55,93	1,3953659	78,04
	Abril	30,84	3,0410530	93,77		Abril	55,82	1,3923246	77,72
	Maio	29,55	3,0401520	89,82		Maio	55,55	1,3904341	77,24
	Jun.	29,99	3,0506705	91,49		Jun.	57,40	1,3882609	79,69
	Jul.	32,26	3,0198984	97,41		Jul.	61,48	1,3846461	85,13
	Ago.	32,68	2,9725860	97,14		Ago.	64,35	1,3794976	88,77
	Set.	35,25	2,9299869	103,28		Set.	61,40	1,3605580	83,54
	Out.	39,65	2,8876057	114,51		Out.	63,82	1,3448595	85,83
	Nov.	41,75	2,8340894	118,31		Nov.	72,54	1,3349026	96,83
	Dez.	40,71	2,7640232	112,52		Dez.	74,21	1,3210381	98,04
2000	Jan.	41,16	2,7303662	112,39	2008	Jan.	74,61	1,3018368	97,12
	Fev.	39,42	2,7027189	106,55		Fev.	74,85	1,2891225	96,49
	Mar.	37,91	2,6974888	102,26		Mar.	76,19	1,2842517	97,85
	Abril	37,78	2,6925495	101,73		Abril	77,24	1,2753005	98,50
	Maio	36,34	2,6891117	97,71		Maio	80,52	1,2612274	101,55
	Jun.	38,79	2,6711508	103,61		Jun.	91,53	1,2380122	113,31
	Jul.	40,20	2,6466285	106,40		Jul.	92,79	1,2150300	112,75
	Ago.	41,58	2,5881580	107,63		Ago.	92,05	1,2015540	110,60
	Set.	40,99	2,5418770	104,18		Set.	88,82	1,2061695	107,13
	Out.	42,46	2,5245408	107,20		Out.	90,79	1,2017906	109,11
	Nov.	41,59	2,5151411	104,59		Nov.	88,39	1,1888161	105,08
	Dez.	40,57	2,5054336	101,65		Dez.	82,20	1,1880108	97,65
2001	Jan.	40,13	2,4865237	99,79	2009	Jan.	84,01	1,1932927	100,25
	Fev.	39,58	2,4744049	97,93		Fev.	81,54	1,1931185	97,28
	Mar.	39,84	2,4660548	98,26		Mar.	77,54	1,1946168	92,64
	Abril	41,72	2,4464040	102,07		Abril	80,03	1,2047143	96,42

	Maio	40,94	2,4191269	99,03	Maio	79,47	1,2041820	95,70	
	Jun.	40,95	2,4085323	98,63	Jun.	80,85	1,2020751	97,19	
	Jul.	41,44	2,3739633	98,38	Jul.	81,39	1,2058800	98,15	
	Ago.	42,21	2,3362122	98,61	Ago.	77,92	1,2136877	94,56	
	Set.	42,87	2,3152965	99,25	Set.	77,25	1,2125740	93,67	
	Out.	46,50	2,3064832	107,25	Out.	77,18	1,2095938	93,35	
	Nov.	45,91	2,2736041	104,38	Nov.	74,35	1,2100884	89,96	
	Dez.	46,12	2,2563624	104,06	Dez.	74,64	1,2092329	90,26	
2002	Jan.	45,62	2,2523478	102,75	2010	Jan.	75,70	1,2105987	91,65
	Fev.	45,72	2,2481693	102,78	Fev.	77,03	1,1985115	92,32	
	Mar.	44,70	2,2440689	100,31	Mar.	79,03	1,1855462	93,70	
	Abril	42,47	2,2415346	95,20	Abril	82,33	1,1780952	96,99	
	Maio	42,17	2,2259857	93,88	Maio	80,81	1,1696897	94,52	
	Jun.	42,45	2,2016296	93,45	Jun.	82,16	1,1516197	94,62	
	Jul.	43,95	2,1640718	95,10	Jul.	84,15	1,1477010	96,57	
	Ago.	49,22	2,1205983	104,37	Ago.	88,99	1,1452129	101,91	
	Set.	49,96	2,0716225	103,49	Set.	93,49	1,1327492	105,90	
	Out.	53,63	2,0182657	108,25	Out.	100,62	1,1204731	112,74	
	Nov.	57,80	1,9366653	111,94	Nov.	113,01	1,1090618	125,33	
	Dez.	57,59	1,8298467	105,38	Dez.	104,90	1,0918090	114,53	
2003	Jan.	57,03	1,7817704	101,61	2011	Jan.	103,07	1,0876897	112,11
	Fev.	56,92	1,7438516	99,26	Fev.	104,30	1,0771545	112,35	
	Mar.	56,38	1,7165070	96,77	Mar.	105,46	1,0669488	112,52	
	Abril	55,08	1,6885275	93,00	Abril	104,23	1,0604787	110,54	
	Maio	52,02	1,6816101	87,48	Maio	100,41	1,0552489	105,96	
	Jun.	52,69	1,6929133	89,20	Jun.	97,22	1,0551773	102,58	
	Jul.	54,88	1,7048032	93,55	Jul.	99,34	1,0565642	104,96	
	Ago.	57,09	1,7082086	97,51	Ago.	101,15	1,0571015	106,93	
	Set.	59,02	1,6976505	100,20	Set.	98,57	1,0506606	103,57	
	Out.	59,26	1,6800520	99,55	Out.	99,77	1,0428143	104,04	
	Nov.	60,34	1,6727336	100,93	Nov.	106,17	1,0386821	110,28	
	Dez.	60,10	1,6647602	100,06	Dez.	101,75	1,0342675	105,24	
2004	Jan.	60,17	1,6547989	99,58	2012	Jan.	98,77	1,0359225	102,32
	Fev.	58,59	1,6416695	96,19	Fev.	97,06	1,0328323	100,25	
	Mar.	58,02	1,6240740	94,23	Mar.	94,16	1,0321052	97,18	
	Abril	58,11	1,6090657	93,50	Abril	95,51	1,0263902	98,03	
	Maio	59,43	1,5908194	94,54	Maio	93,13	1,0160697	94,63	
	Jun.	60,49	1,5678996	94,84	Jun.	92,72	1,0068724	93,36	
	Jul.	60,33	1,5479722	93,40					
	Ago.	61,58	1,5305970	94,26					
	Set.	60,00	1,5107911	90,65					
	Out.	59,64	1,5035195	89,66					
	Nov.	61,74	1,4955751	92,33					
	Dez.	61,18	1,4833583	90,76					
2005	Jan.	59,56	1,4757108	87,90					

Fev.	58,23	1,4708415	85,64
Mar.	57,18	1,4649178	83,77
Abril	55,40	1,4506030	80,36
Mai	54,23	1,4433103	78,27
Jun.	53,78	1,4469865	77,82
Jul.	52,61	1,4535189	76,46
Ago.	51,30	1,4594080	74,86
Set.	50,02	1,4709671	73,58
Out.	55,47	1,4729122	81,71
Nov.	56,01	1,4636375	81,98
Dez.	51,74	1,4588121	75,47

As cotações de preços são dos principais centros comerciais, como os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás e Minas Gerais.

Os preços do metro cúbico do eucalipto foram levantados nos principais centros produtores e consumidores, nos estados de Minas Gerais, Bahia e São Paulo, por meio de sites de cotação IEA – SP, ABraFlor, Agrolink, CIFlorestas, Sistemafaeg e estão apresentados na Tabela 21:

Tabela 20 - Série Histórica Preços de Eucalipto

Ano	Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado	Ano	Mês	Preço	IGP - DI	Preço Deflacionado
1998	Jan.	19,33	3,33168238	64,40	2006	Jan.	44,10	1,45785966	64,29
	Fev.	19,33	3,30264041	63,84		Fev.	49,87	1,44741644	72,18
	Mar.	19,66	3,30198471	64,92		Mar.	48,21	1,44825091	69,82
	Abril	19,66	3,29429403	64,77		Abril	51,03	1,45479910	74,24
	Mai	20,06	3,29873265	66,17		Mai	52,72	1,45446568	76,68
	Jun.	20,06	3,29123676	66,02		Jun.	51,25	1,44902975	74,26
	Jul.	18,75	3,28212125	61,54		Jul.	50,31	1,43944644	72,42
	Ago.	18,75	3,29451905	61,77		Ago.	49,34	1,43700188	70,90
	Set.	18,62	3,30024496	61,45		Set.	41,34	1,43114320	59,16
	Out.	17,44	3,30099034	57,57		Out.	52,46	1,42772862	74,90
	Nov.	17,44	3,30207513	57,59		Nov.	52,44	1,41630817	74,27
	Dez.	17,44	3,30809962	57,69		Dez.	47,94	1,40828131	67,51
1999	Jan.	17,44	3,27587940	57,13	2007	Jan.	44,25	1,40458204	62,15
	Fev.	18,31	3,23870374	59,30		Fev.	48,78	1,39861099	68,22
	Mar.	18,00	3,10112006	55,82		Mar.	51,29	1,39536586	71,57
	Abril	18,00	3,04105296	54,74		Abril	44,93	1,39232464	62,56
	Mai	18,00	3,04015204	54,72		Mai	49,45	1,39043410	68,76
	Jun.	18,00	3,05067046	54,91		Jun.	49,15	1,38826093	68,23
	Jul.	17,81	3,01989844	53,78		Jul.	46,66	1,38464608	64,61
	Ago.	18,63	2,97258602	55,38		Ago.	51,12	1,37949764	70,52
	Set.	18,81	2,92998688	55,11		Set.	51,23	1,36055798	69,70
	Out.	20,00	2,88760567	57,75		Out.	52,22	1,34485951	70,23

	Nov.	18,87	2,83408939	53,48		Nov.	44,80	1,33490263	59,80
	Dez.	22,50	2,76402324	62,19		Dez.	49,54	1,32103807	65,44
2000	Jan.	23,18	2,73036621	63,29	2008	Jan.	52,50	1,30183678	68,35
	Fev.	23,18	2,70271891	62,65		Fev.	52,50	1,28912249	67,68
	Mar.	23,18	2,69748881	62,53		Mar.	45,75	1,28425170	58,75
	Abril	23,18	2,69254946	62,41		Abril	51,60	1,27530051	65,81
	Maio	23,25	2,68911166	62,52		Maio	54,93	1,26122736	69,28
	Jun.	24,93	2,67115079	66,59		Jun.	54,93	1,23801224	68,00
	Jul.	26,00	2,64662855	68,81		Jul.	58,76	1,21502995	71,40
	Ago.	26,00	2,58815796	67,29		Ago.	58,76	1,20155404	70,60
	Set.	26,12	2,54187704	66,39		Set.	52,70	1,20616951	63,57
	Out.	26,00	2,52454082	65,64		Out.	55,59	1,20179056	66,81
	Nov.	26,00	2,51514109	65,39		Nov.	56,58	1,18881607	67,26
	Dez.	27,50	2,50543360	68,90		Dez.	52,94	1,18801080	62,89
2001	Jan.	29,63	2,48652369	73,68	2009	Jan.	54,00	1,19329268	64,44
	Fev.	29,88	2,47440488	73,94		Fev.	55,07	1,19311851	65,71
	Mar.	29,88	2,46605481	73,69		Mar.	53,33	1,19461679	63,71
	Abril	29,88	2,44640403	73,10		Abril	53,33	1,20471434	64,25
	Maio	29,88	2,41912687	72,28		Maio	48,14	1,20418196	57,97
	Jun.	30,35	2,40853229	73,10		Jun.	46,50	1,20207511	55,90
	Jul.	31,17	2,37396329	74,00		Jul.	48,47	1,20588000	58,45
	Ago.	31,92	2,33621216	74,57		Ago.	48,38	1,21368771	58,72
	Set.	30,68	2,31529655	71,03		Set.	55,25	1,21257398	66,99
	Out.	31,47	2,30648316	72,59		Out.	54,57	1,20959377	66,01
	Nov.	35,47	2,27360407	80,64		Nov.	52,18	1,21008844	63,14
	Dez.	35,47	2,25636239	80,03		Dez.	51,09	1,20923288	61,78
2002	Jan.	35,47	2,25234780	79,89	2010	Jan.	51,55	1,21059871	62,41
	Fev.	36,47	2,24816930	81,99		Fev.	58,84	1,19851152	70,52
	Mar.	36,47	2,24406892	81,84		Mar.	58,04	1,18554615	68,81
	Abril	36,72	2,24153460	82,31		Abril	58,44	1,17809521	68,85
	Maio	37,47	2,22598570	83,41		Maio	58,82	1,16968965	68,80
	Jun.	37,88	2,20162962	83,40		Jun.	57,15	1,15161970	65,82
	Jul.	37,88	2,16407175	81,98		Jul.	57,41	1,14770096	65,89
	Ago.	33,88	2,12059831	71,85		Ago.	57,09	1,14521291	65,38
	Set.	33,63	2,07162247	69,67		Set.	57,14	1,13274916	64,73
	Out.	34,13	2,01826566	68,88		Out.	57,73	1,12047308	64,68
	Nov.	37,21	1,93666530	72,06		Nov.	56,81	1,10906177	63,01
	Dez.	38,01	1,82984673	69,55		Dez.	57,26	1,09180902	62,52
2003	Jan.	40,01	1,78177043	71,29	2011	Jan.	49,15	1,08768974	53,46
	Fev.	39,73	1,74385164	69,28		Fev.	48,82	1,07715448	52,59
	Mar.	41,23	1,71650699	70,77		Mar.	49,05	1,06694879	52,33
	Abril	43,05	1,68852752	72,69		Abril	49,90	1,06047867	52,92
	Maio	44,98	1,68161010	75,64		Maio	49,46	1,05524888	52,19
	Jun.	45,82	1,69291330	77,57		Jun.	48,63	1,05517732	51,31
	Jul.	46,32	1,70480324	78,97		Jul.	46,52	1,05656422	49,15

	Ago.	46,32	1,70820864	79,12		Ago.	46,50	1,05710146	49,16
	Set.	46,43	1,69765052	78,82		Set.	46,50	1,05066060	48,86
	Out.	47,23	1,68005197	79,35		Out.	45,98	1,04281430	47,95
	Nov.	47,27	1,67273364	79,07		Nov.	47,20	1,03868211	49,03
	Dez.	47,27	1,66476022	78,69		Dez.	47,57	1,03426751	49,20
2004	Jan.	36,78	1,65479891	60,86	2012	Jan.	49,08	1,03592247	50,84
	Fev.	51,27	1,64166947	84,17		Fev.	49,21	1,03283231	50,83
	Mar.	41,21	1,62407400	66,93		Mar.	48,60	1,03210516	50,16
	Abril	47,87	1,60906568	77,03		Abril	48,41	1,02639016	49,69
	Mai	36,49	1,59081944	58,05		Mai	47,26	1,01606967	48,02
	Jun.	43,40	1,56789959	68,05		Jun.	48,73	1,00687238	49,06
	Jul.	41,25	1,54797224	63,85					
	Ago.	40,55	1,53059696	62,07					
	Set.	41,75	1,51079112	63,08					
	Out.	39,70	1,50351946	59,69					
	Nov.	43,97	1,49557508	65,76					
	Dez.	44,38	1,48335835	65,83					
2005	Jan.	36,18	1,47571084	53,39					
	Fev.	48,64	1,47084153	71,54					
	Mar.	45,97	1,46491780	67,34					
	Abril	48,32	1,45060303	70,09					
	Mai	46,21	1,44331029	66,70					
	Jun.	37,15	1,44698654	53,76					
	Jul.	40,19	1,45351889	58,42					
	Ago.	52,57	1,45940802	76,72					
	Set.	45,01	1,47096713	66,21					
	Out.	41,21	1,47291223	60,70					
	Nov.	47,05	1,46363749	68,86					
	Dez.	47,93	1,45881211	69,92					

Tabela 21 - Séries históricas dos preços das variáveis deflacionados

Ano	Mês	Preços				Preços Corrigidos			
		Soja	Boi	Eucalipto	IGP-DI	Soja	Boi	Eucalipto	
1998	Janeiro	17,15	26,57	19,33	3,3317	<b>57,15</b>	<b>88,52</b>	<b>64,40</b>	
	Fevereiro	15,62	26,42	19,33	3,3026	<b>51,58</b>	<b>87,25</b>	<b>63,84</b>	
	Março	14,44	26,78	19,66	3,3020	<b>47,69</b>	<b>88,42</b>	<b>64,92</b>	
	Abril	14,17	26,99	19,66	3,2943	<b>46,70</b>	<b>88,93</b>	<b>64,77</b>	
	Mai	14,61	26,21	20,06	3,2987	<b>48,20</b>	<b>86,47</b>	<b>66,17</b>	
	Junho	14,23	26,15	20,06	3,2912	<b>46,82</b>	<b>86,08</b>	<b>66,02</b>	
	Julho	14,19	26,86	18,75	3,2821	<b>46,57</b>	<b>88,14</b>	<b>61,54</b>	
	Agosto	13,87	27,53	18,75	3,2945	<b>45,70</b>	<b>90,71</b>	<b>61,77</b>	
	Setembro	14,62	28,57	18,62	3,3002	<b>48,23</b>	<b>94,28</b>	<b>61,45</b>	
	Outubro	14,81	27,78	17,44	3,3010	<b>48,89</b>	<b>91,70</b>	<b>57,57</b>	
	Novembro	14,90	28,10	17,44	3,3021	<b>49,20</b>	<b>92,80</b>	<b>57,59</b>	
	Dezembro	14,52	28,09	17,44	3,3081	<b>48,04</b>	<b>92,94</b>	<b>57,69</b>	
1999	Janeiro	15,57	28,96	17,44	3,2759	<b>51,01</b>	<b>94,87</b>	<b>57,13</b>	
	Fevereiro	18,30	31,10	18,31	3,2387	<b>59,25</b>	<b>100,71</b>	<b>59,30</b>	

	Março	17,30	31,49	18,00	3,1011	<b>53,66</b>	<b>97,65</b>	<b>55,82</b>
	Abril	15,79	30,84	18,00	3,0411	<b>48,00</b>	<b>93,77</b>	<b>54,74</b>
	Mai	15,87	29,55	18,00	3,0402	<b>48,25</b>	<b>89,82</b>	<b>54,72</b>
	Junho	16,65	29,99	18,00	3,0507	<b>50,79</b>	<b>91,49</b>	<b>54,91</b>
	Julho	16,30	32,26	17,81	3,0199	<b>49,22</b>	<b>97,41</b>	<b>53,78</b>
	Agosto	18,59	32,68	18,63	2,9726	<b>55,25</b>	<b>97,14</b>	<b>55,38</b>
	Setembro	20,74	35,25	18,81	2,9300	<b>60,77</b>	<b>103,28</b>	<b>55,11</b>
	Outubro	21,92	39,65	20,00	2,8876	<b>63,31</b>	<b>114,51</b>	<b>57,75</b>
	Novembro	20,74	41,75	18,87	2,8341	<b>58,78</b>	<b>118,31</b>	<b>53,48</b>
	Dezembro	19,74	40,71	22,50	2,7640	<b>54,56</b>	<b>112,52</b>	<b>62,19</b>
2000	Janeiro	19,96	41,16	23,18	2,7304	<b>54,49</b>	<b>112,39</b>	<b>63,29</b>
	Fevereiro	19,30	39,42	23,18	2,7027	<b>52,16</b>	<b>106,55</b>	<b>62,65</b>
	Março	18,26	37,91	23,18	2,6975	<b>49,27</b>	<b>102,26</b>	<b>62,53</b>
	Abril	18,71	37,78	23,18	2,6925	<b>50,37</b>	<b>101,73</b>	<b>62,41</b>
	Mai	19,54	36,34	23,25	2,6891	<b>52,53</b>	<b>97,71</b>	<b>62,52</b>
	Junho	18,58	38,79	24,93	2,6712	<b>49,62</b>	<b>103,61</b>	<b>66,59</b>
	Julho	17,62	40,20	26,00	2,6466	<b>46,62</b>	<b>106,40</b>	<b>68,81</b>
	Agosto	17,88	41,58	26,00	2,5882	<b>46,28</b>	<b>107,63</b>	<b>67,29</b>
	Setembro	19,04	40,99	26,12	2,5419	<b>48,40</b>	<b>104,18</b>	<b>66,39</b>
	Outubro	19,03	42,46	26,00	2,5245	<b>48,05</b>	<b>107,20</b>	<b>65,64</b>
	Novembro	20,06	41,59	26,00	2,5151	<b>50,44</b>	<b>104,59</b>	<b>65,39</b>
	Dezembro	21,95	40,57	27,50	2,5054	<b>54,99</b>	<b>101,65</b>	<b>68,90</b>
2001	Janeiro	20,53	40,13	29,63	2,4865	<b>51,06</b>	<b>99,79</b>	<b>73,68</b>
	Fevereiro	18,27	39,58	29,88	2,4744	<b>45,20</b>	<b>97,93</b>	<b>73,94</b>
	Março	17,69	39,84	29,88	2,4661	<b>43,63</b>	<b>98,26</b>	<b>73,69</b>
	Abril	18,01	41,72	29,88	2,4464	<b>44,07</b>	<b>102,07</b>	<b>73,10</b>
	Mai	19,62	40,94	29,88	2,4191	<b>47,47</b>	<b>99,03</b>	<b>72,28</b>
	Junho	22,04	40,95	30,35	2,4085	<b>53,09</b>	<b>98,63</b>	<b>73,10</b>
	Julho	25,98	41,44	31,17	2,3740	<b>61,67</b>	<b>98,38</b>	<b>74,00</b>
	Agosto	27,65	42,21	31,92	2,3362	<b>64,61</b>	<b>98,61</b>	<b>74,57</b>
	Setembro	29,20	42,87	30,68	2,3153	<b>67,61</b>	<b>99,25</b>	<b>71,03</b>
	Outubro	29,68	46,50	31,47	2,3065	<b>68,46</b>	<b>107,25</b>	<b>72,59</b>
	Novembro	29,81	45,91	35,47	2,2736	<b>67,78</b>	<b>104,38</b>	<b>80,64</b>
	Dezembro	27,19	46,12	35,47	2,2564	<b>61,36</b>	<b>104,06</b>	<b>80,03</b>
2002	Janeiro	25,15	45,62	35,47	2,2523	<b>56,64</b>	<b>102,75</b>	<b>79,89</b>
	Fevereiro	22,39	45,72	36,47	2,2482	<b>50,33</b>	<b>102,78</b>	<b>81,99</b>
	Março	21,22	44,70	36,47	2,2441	<b>47,62</b>	<b>100,31</b>	<b>81,84</b>
	Abril	22,44	42,47	36,72	2,2415	<b>50,30</b>	<b>95,20</b>	<b>82,31</b>
	Mai	25,42	42,17	37,47	2,2260	<b>56,59</b>	<b>93,88</b>	<b>83,41</b>
	Junho	29,36	42,45	37,88	2,2016	<b>64,65</b>	<b>93,45</b>	<b>83,40</b>
	Julho	33,01	43,95	37,88	2,1641	<b>71,44</b>	<b>95,10</b>	<b>81,98</b>
	Agosto	36,15	49,22	33,88	2,1206	<b>76,65</b>	<b>104,37</b>	<b>71,85</b>
	Setembro	41,65	49,96	33,63	2,0716	<b>86,27</b>	<b>103,49</b>	<b>69,67</b>
	Outubro	46,46	53,63	34,13	2,0183	<b>93,78</b>	<b>108,25</b>	<b>68,88</b>
	Novembro	46,94	57,80	37,21	1,9367	<b>90,91</b>	<b>111,94</b>	<b>72,06</b>
	Dezembro	48,91	57,59	38,01	1,8298	<b>89,50</b>	<b>105,38</b>	<b>69,55</b>
2003	Janeiro	43,10	57,03	40,01	1,7818	<b>76,79</b>	<b>101,61</b>	<b>71,29</b>
	Fevereiro	42,79	56,92	39,73	1,7439	<b>74,63</b>	<b>99,26</b>	<b>69,28</b>
	Março	39,71	56,38	41,23	1,7165	<b>68,16</b>	<b>96,77</b>	<b>70,77</b>
	Abril	37,20	55,08	43,05	1,6885	<b>62,81</b>	<b>93,00</b>	<b>72,69</b>
	Mai	37,18	52,02	44,98	1,6816	<b>62,51</b>	<b>87,48</b>	<b>75,64</b>
	Junho	36,90	52,69	45,82	1,6929	<b>62,47</b>	<b>89,20</b>	<b>77,57</b>
	Julho	35,64	54,88	46,32	1,7048	<b>60,77</b>	<b>93,55</b>	<b>78,97</b>
	Agosto	36,55	57,09	46,32	1,7082	<b>62,44</b>	<b>97,51</b>	<b>79,12</b>

	Setembro	39,76	59,02	46,43	1,6977	<b>67,50</b>	<b>100,20</b>	<b>78,82</b>
	Outubro	45,82	59,26	47,23	1,6801	<b>76,98</b>	<b>99,55</b>	<b>79,35</b>
	Novembro	48,10	60,34	47,27	1,6727	<b>80,45</b>	<b>100,93</b>	<b>79,07</b>
	Dezembro	46,48	60,10	47,27	1,6648	<b>77,38</b>	<b>100,06</b>	<b>78,69</b>
2004	Janeiro	46,29	60,17	36,78	1,6548	<b>76,59</b>	<b>99,58</b>	<b>60,86</b>
	Fevereiro	45,23	58,59	51,27	1,6417	<b>74,26</b>	<b>96,19</b>	<b>84,17</b>
	Março	51,11	58,02	41,21	1,6241	<b>83,00</b>	<b>94,23</b>	<b>66,93</b>
	Abril	51,81	58,11	47,87	1,6091	<b>83,37</b>	<b>93,50</b>	<b>77,03</b>
	Mai	49,21	59,43	36,49	1,5908	<b>78,28</b>	<b>94,54</b>	<b>58,05</b>
	Junho	45,04	60,49	43,40	1,5679	<b>70,61</b>	<b>94,84</b>	<b>68,05</b>
	Julho	40,44	60,33	41,25	1,5480	<b>62,60</b>	<b>93,40</b>	<b>63,85</b>
	Agosto	39,13	61,58	40,55	1,5306	<b>59,90</b>	<b>94,26</b>	<b>62,07</b>
	Setembro	37,82	60,00	41,75	1,5108	<b>57,14</b>	<b>90,65</b>	<b>63,08</b>
	Outubro	34,47	59,64	39,70	1,5035	<b>51,82</b>	<b>89,66</b>	<b>59,69</b>
	Novembro	33,75	61,74	43,97	1,4956	<b>50,48</b>	<b>92,33</b>	<b>65,76</b>
	Dezembro	32,63	61,18	44,38	1,4834	<b>48,40</b>	<b>90,76</b>	<b>65,83</b>
2005	Janeiro	32,84	59,56	36,18	1,4757	<b>48,46</b>	<b>87,90</b>	<b>53,39</b>
	Fevereiro	29,53	58,23	48,64	1,4708	<b>43,44</b>	<b>85,64</b>	<b>71,54</b>
	Março	35,12	57,18	45,97	1,4649	<b>51,45</b>	<b>83,77</b>	<b>67,34</b>
	Abril	32,88	55,40	48,32	1,4506	<b>47,69</b>	<b>80,36</b>	<b>70,09</b>
	Mai	31,47	54,23	46,21	1,4433	<b>45,42</b>	<b>78,27</b>	<b>66,70</b>
	Junho	33,08	53,78	37,15	1,4470	<b>47,86</b>	<b>77,82</b>	<b>53,76</b>
	Julho	32,87	52,61	40,19	1,4535	<b>47,78</b>	<b>76,46</b>	<b>58,42</b>
	Agosto	31,62	51,30	52,57	1,4594	<b>46,14</b>	<b>74,86</b>	<b>76,72</b>
	Setembro	29,75	50,02	45,01	1,4710	<b>43,77</b>	<b>73,58</b>	<b>66,21</b>
	Outubro	28,90	55,47	41,21	1,4729	<b>42,56</b>	<b>81,71</b>	<b>60,70</b>
	Novembro	28,17	56,01	47,05	1,4636	<b>41,23</b>	<b>81,98</b>	<b>68,86</b>
	Dezembro	29,66	51,74	47,93	1,4588	<b>43,27</b>	<b>75,47</b>	<b>69,92</b>
2006	Janeiro	29,25	49,64	44,10	1,4579	<b>42,65</b>	<b>72,37</b>	<b>64,29</b>
	Fevereiro	27,53	50,53	49,87	1,4474	<b>39,85</b>	<b>73,14</b>	<b>72,18</b>
	Março	25,70	49,60	48,21	1,4483	<b>37,22</b>	<b>71,83</b>	<b>69,82</b>
	Abril	24,91	50,26	51,03	1,4548	<b>36,24</b>	<b>73,11</b>	<b>74,24</b>
	Mai	26,46	48,85	52,72	1,4545	<b>38,49</b>	<b>71,05</b>	<b>76,68</b>
	Junho	27,59	48,83	51,25	1,4490	<b>39,98</b>	<b>70,75</b>	<b>74,26</b>
	Julho	27,73	50,41	50,31	1,4394	<b>39,92</b>	<b>72,56</b>	<b>72,42</b>
	Agosto	27,30	55,90	49,34	1,4370	<b>39,23</b>	<b>80,32</b>	<b>70,90</b>
	Setembro	28,11	59,01	41,34	1,4311	<b>40,23</b>	<b>84,46</b>	<b>59,16</b>
	Outubro	30,54	61,55	52,46	1,4277	<b>43,61</b>	<b>87,88</b>	<b>74,90</b>
	Novembro	33,06	55,05	52,44	1,4163	<b>46,82</b>	<b>77,97</b>	<b>74,27</b>
	Dezembro	31,93	53,48	47,94	1,4083	<b>44,97</b>	<b>75,32</b>	<b>67,51</b>
2007	Janeiro	32,00	53,57	44,25	1,4046	<b>44,94</b>	<b>75,24</b>	<b>62,15</b>
	Fevereiro	32,58	55,14	48,78	1,3986	<b>45,56</b>	<b>77,11</b>	<b>68,22</b>
	Março	31,80	55,93	51,29	1,3954	<b>44,38</b>	<b>78,04</b>	<b>71,57</b>
	Abril	30,01	55,82	44,93	1,3923	<b>41,78</b>	<b>77,72</b>	<b>62,56</b>
	Mai	30,08	55,55	49,45	1,3904	<b>41,82</b>	<b>77,24</b>	<b>68,76</b>
	Junho	30,71	57,40	49,15	1,3883	<b>42,64</b>	<b>79,69</b>	<b>68,23</b>
	Julho	31,34	61,48	46,66	1,3846	<b>43,39</b>	<b>85,13</b>	<b>64,61</b>
	Agosto	34,56	64,35	51,12	1,3795	<b>47,68</b>	<b>88,77</b>	<b>70,52</b>
	Setembro	38,67	61,40	51,23	1,3606	<b>52,61</b>	<b>83,54</b>	<b>69,70</b>
	Outubro	39,91	63,82	52,22	1,3449	<b>53,67</b>	<b>85,83</b>	<b>70,23</b>
	Novembro	42,07	72,54	44,80	1,3349	<b>56,16</b>	<b>96,83</b>	<b>59,80</b>
	Dezembro	43,98	74,21	49,54	1,3210	<b>58,10</b>	<b>98,04</b>	<b>65,44</b>
2008	Janeiro	46,23	74,61	52,50	1,3018	<b>60,18</b>	<b>97,12</b>	<b>68,35</b>
	Fevereiro	47,71	74,85	52,50	1,2891	<b>61,50</b>	<b>96,49</b>	<b>67,68</b>

	Março	45,83	76,19	45,75	1,2843	<b>58,86</b>	<b>97,85</b>	<b>58,75</b>
	Abril	44,33	77,24	51,60	1,2753	<b>56,53</b>	<b>98,50</b>	<b>65,81</b>
	Mai	44,70	80,52	54,93	1,2612	<b>56,38</b>	<b>101,55</b>	<b>69,28</b>
	Junho	49,99	91,53	54,93	1,2380	<b>61,88</b>	<b>113,31</b>	<b>68,00</b>
	Julho	50,58	92,79	58,76	1,2150	<b>61,46</b>	<b>112,75</b>	<b>71,40</b>
	Agosto	44,70	92,05	58,76	1,2016	<b>53,70</b>	<b>110,60</b>	<b>70,60</b>
	Setembro	46,08	88,82	52,70	1,2062	<b>55,58</b>	<b>107,13</b>	<b>63,57</b>
	Outubro	44,63	90,79	55,59	1,2018	<b>53,63</b>	<b>109,11</b>	<b>66,81</b>
	Novembro	45,13	88,39	56,58	1,1888	<b>53,65</b>	<b>105,08</b>	<b>67,26</b>
	Dezembro	44,61	82,20	52,94	1,1880	<b>53,00</b>	<b>97,65</b>	<b>62,89</b>
2009	Janeiro	49,21	84,01	54,00	1,1933	<b>58,73</b>	<b>100,25</b>	<b>64,44</b>
	Fevereiro	47,56	81,54	55,07	1,1931	<b>56,75</b>	<b>97,28</b>	<b>65,71</b>
	Março	45,35	77,54	53,33	1,1946	<b>54,18</b>	<b>92,64</b>	<b>63,71</b>
	Abril	47,95	80,03	53,33	1,2047	<b>57,77</b>	<b>96,42</b>	<b>64,25</b>
	Mai	50,39	79,47	48,14	1,2042	<b>60,67</b>	<b>95,70</b>	<b>57,97</b>
	Junho	49,89	80,85	46,50	1,2021	<b>59,98</b>	<b>97,19</b>	<b>55,90</b>
	Julho	47,83	81,39	48,47	1,2059	<b>57,67</b>	<b>98,15</b>	<b>58,45</b>
	Agosto	48,20	77,92	48,38	1,2137	<b>58,50</b>	<b>94,56</b>	<b>58,72</b>
	Setembro	46,07	77,25	55,25	1,2126	<b>55,86</b>	<b>93,67</b>	<b>66,99</b>
	Outubro	44,67	77,18	54,57	1,2096	<b>54,03</b>	<b>93,35</b>	<b>66,01</b>
	Novembro	44,06	74,35	52,18	1,2101	<b>53,32</b>	<b>89,96</b>	<b>63,14</b>
	Dezembro	42,87	74,64	51,09	1,2092	<b>51,84</b>	<b>90,26</b>	<b>61,78</b>
2010	Janeiro	39,80	75,70	51,55	1,2106	<b>48,18</b>	<b>91,65</b>	<b>62,41</b>
	Fevereiro	35,73	77,03	58,84	1,1985	<b>42,82</b>	<b>92,32</b>	<b>70,52</b>
	Março	34,14	79,03	58,04	1,1855	<b>40,47</b>	<b>93,70</b>	<b>68,81</b>
	Abril	34,49	82,33	58,44	1,1781	<b>40,63</b>	<b>96,99</b>	<b>68,85</b>
	Mai	35,59	80,81	58,82	1,1697	<b>41,63</b>	<b>94,52</b>	<b>68,80</b>
	Junho	36,16	82,16	57,15	1,1516	<b>41,64</b>	<b>94,62</b>	<b>65,82</b>
	Julho	38,58	84,15	57,41	1,1477	<b>44,28</b>	<b>96,57</b>	<b>65,89</b>
	Agosto	41,32	88,99	57,09	1,1452	<b>47,31</b>	<b>101,91</b>	<b>65,38</b>
	Setembro	42,59	93,49	57,14	1,1327	<b>48,25</b>	<b>105,90</b>	<b>64,73</b>
	Outubro	44,88	100,62	57,73	1,1205	<b>50,28</b>	<b>112,74</b>	<b>64,68</b>
	Novembro	48,96	113,01	56,81	1,1091	<b>54,30</b>	<b>125,33</b>	<b>63,01</b>
	Dezembro	48,52	104,90	57,26	1,0918	<b>52,98</b>	<b>114,53</b>	<b>62,52</b>
2011	Janeiro	49,63	103,07	49,15	1,0877	<b>53,98</b>	<b>112,11</b>	<b>53,46</b>
	Fevereiro	49,28	104,30	48,82	1,0772	<b>53,08</b>	<b>112,35</b>	<b>52,59</b>
	Março	46,32	105,46	49,05	1,0669	<b>49,42</b>	<b>112,52</b>	<b>52,33</b>
	Abril	44,37	104,23	49,90	1,0605	<b>47,06</b>	<b>110,54</b>	<b>52,92</b>
	Mai	44,94	100,41	49,46	1,0552	<b>47,43</b>	<b>105,96</b>	<b>52,19</b>
	Junho	45,13	97,22	48,63	1,0552	<b>47,62</b>	<b>102,58</b>	<b>51,31</b>
	Julho	45,77	99,34	46,52	1,0566	<b>48,36</b>	<b>104,96</b>	<b>49,15</b>
	Agosto	46,50	101,15	46,50	1,0571	<b>49,15</b>	<b>106,93</b>	<b>49,16</b>
	Setembro	49,05	98,57	46,50	1,0507	<b>51,54</b>	<b>103,57</b>	<b>48,86</b>
	Outubro	46,21	99,77	45,98	1,0428	<b>48,18</b>	<b>104,04</b>	<b>47,95</b>
	Novembro	45,35	106,17	47,20	1,0387	<b>47,10</b>	<b>110,28</b>	<b>49,03</b>
	Dezembro	45,23	101,75	47,57	1,0343	<b>46,78</b>	<b>105,24</b>	<b>49,20</b>
2012	Janeiro	46,80	98,77	49,08	1,0359	<b>48,48</b>	<b>102,32</b>	<b>50,84</b>
	Fevereiro	47,06	97,06	49,21	1,0328	<b>48,61</b>	<b>100,25</b>	<b>50,83</b>
	Março	52,23	94,16	48,60	1,0321	<b>53,91</b>	<b>97,18</b>	<b>50,16</b>
	Abril	57,57	95,51	48,41	1,0264	<b>59,09</b>	<b>98,03</b>	<b>49,69</b>
	Mai	61,11	93,13	47,26	1,0161	<b>62,09</b>	<b>94,63</b>	<b>48,02</b>
	Junho	65,22	92,72	48,73	1,0069	<b>65,66</b>	<b>93,36</b>	<b>49,06</b>