4 Modelo Teórico

4.1 Premissas Teóricas

O modelo adotado para a avaliação da opção é baseado em duas premissas teóricas principais. A primeira é que o Valor Presente do projeto sem flexibilidade é o melhor estimador não tendencioso do seu valor de mercado, também conhecida como Market Asset Disclaimer (Copeland & Antikarov, 2002), conforme citado anteriormente. Essa premissa faz com que possamos considerar o mercado completo para o projeto, e conseqüentemente, permite a utilização de um portfólio replicante e do princípio da não arbitragem para determinar as probabilidades neutras a risco do projeto da forma usual em mercados completos. A segunda premissa é que a as variações no valor do projeto seguem um "random walk", o que implica que podemos modelar o processo estocástico do valor do projeto através de um Movimento Geométrico Browniano.

4.2 Avaliação – Modelagem em Tempo Discreto

Seja um projeto com vida útil de n períodos, que demande um investimento inicial I para sua implantação e que deve gerar fluxos de caixas esperados Ci, para o qual $i = 1,2,...,n$. A taxa de desconto ajustada ao risco do projeto, μ, é determinada pelo Capital Asset Pricing Model (CAPM).

O projeto apresenta flexibilidade gerencial, representada pela administração ativa que seus gerentes podem realizar ao longo do tempo, visando maximizar seu valor. Convém lembrar que, a existência de flexibilidade gerencial altera o risco do projeto, logo a taxa de desconto μ deixa de ser a taxa mais apropriada para avaliar o projeto com flexibilidade. Assim, torna-se necessário utilizar as probabilidades neutras ao risco, para que os fluxos do projeto possam ser descontados à taxa livre de risco.

Para Copeland e Antikarov (2002) o processo de avaliação de opções reais se divide em quatro passos. O primeiro é uma análise padrão do valor presente do projeto sem opções com emprego das técnicas tradicionais, através da projeção dos fluxos de caixa livre ao longo da vida do projeto. Estes fluxos de caixa são descontados à taxa de risco determinada pelo CAPM (μ) para determinar o valor presente dos fluxos a cada período, conforme equação 4.1. A princípio, o valor do projeto sem flexibilidade avaliado pelo método tradicional, deve ser igual ao obtido através do modelo binomial.

$$\overline{V_t} = \sum_{i=t}^{n} \frac{\overline{C_i}}{(1+\mu)^{i-1}} \qquad \text{Equação 4.1}$$

O segundo passo é a construção de uma árvore de eventos, que considera um conjunto de incertezas, que influenciam a volatilidade do projeto. Copeland e Antikarov (2002) ressaltam que a árvore não incorpora decisões, e tem como objetivo modelar a incerteza que influencia o valor do ativo subjacente sujeito ao risco ao longo do tempo. Na maior parte dos projetos, os autores pressupõe que as múltiplas incertezas que influenciam o valor do projeto podem ser combinadas, por meio de uma análise utilizando a Simulação de Monte Carlo, em uma única incerteza: a distribuição de retornos do projeto. Esta estimativa de volatilidade permite a construção da árvore de eventos.

Sob a premissa de que o retorno do projeto segue um random walk, o retorno aleatório possui distribuição normal, conforme já mencionado na equação 2.16. Contudo, nem sempre as incertezas podem ser combinadas, tornando-se necessária uma abordagem diferenciada para cada conjunto de incertezas. Copeland e Antikarov (2002) exemplificam com um caso de pesquisa e desenvolvimento de medicamentos, no qual a incerteza tecnológica diminui à medida que a empresa investe em conhecimento, enquanto que a incerteza econômica aumenta com o tempo.

O terceiro passo do processo de avaliação é a determinação das decisões gerenciais a serem tomadas nos nós da árvore de eventos, que a transformam em uma árvore de decisões. Enquanto que a árvore de eventos modela o conjunto de valores que o ativo subjacente pode assumir ao longo do tempo, a árvore de decisões ilustra os retornos das decisões ótimas.

- **Árvore Binomial do Projeto**

A árvore binomial discreta modela o Valor do Projeto no tempo como um processo estocástico lognormal, conforme o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979).

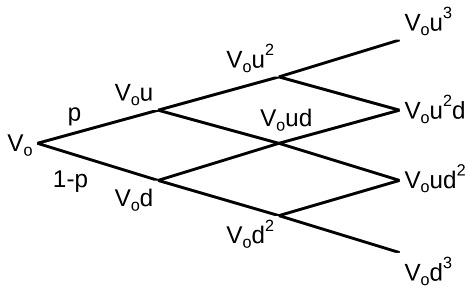

Figura 10 - Árvore de Eventos

Na qual:

$p = \frac{(1+r-d)}{(u-d)}$; $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$; $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$, conforme já definido no item 2.5

e $V_{i,j} = V_0 u^{i-j} d^{j}$ *com* i = 0,1,2,...,m e j = 0,1,2,...,i

onde $V_{i,j}$ = Valor do projeto no instante i e estado j

A volatilidade a cada período na árvore de eventos é $\sigma\sqrt{\Delta t}$, onde σ é a volatilidade do valor esperado do projeto e Δt é o período usado na árvore.

- **Determinação do Risco do Projeto**

Dado que o projeto analisado não é um ativo do mercado financeiro, não é possível observar diretamente o seu valor de mercado e seu prêmio de risco. Uma alternativa para solucionar esse problema seria estimar este valor a partir do processo dos fluxos de caixa e do valor do projeto. Por exemplo, considerando que a única fonte de incerteza do projeto é o preço da energia (P), a evolução estocástica da mesma através do processo neutro a risco é representado por:

$$dP = (\alpha - \lambda\alpha_p)Pdt + \sigma_p Pdz \qquad \text{Equação 4.2}$$

onde $\lambda\alpha_p$ é o prêmio de risco da energia e $\lambda = \rho\left[\frac{E[R_m] - r}{\sigma_m}\right]$ e σ_p são respectivamente o preço de mercado do risco e a volatilidade do preço da energia.

Como a única fonte de incerteza do projeto é o preço de energia, a correlação entre as variações dos preços e o mercado será idêntica à correlação dos retornos do projeto com o mercado, o que faz com que o parâmetro λ seja o mesmo para a energia e para o projeto. Assumindo a premissa de que o valor presente do projeto sem opções é uma estimativa confiável do seu valor de mercado, podemos determinar o prêmio de risco dos fluxos de caixa do projeto pelo CAPM, através de $\mu - r = \beta_c(E[R_m] - r)$, e o preço de mercado do risco das receitas λ pode então ser determinado através da Equação (4.3). Uma análise mais detalhada pode ser encontrada em Brandão & Saraiva (2006).

$$\lambda = \beta_c\left[\frac{E[R_m] - r}{\sigma_c}\right] \qquad \text{Equação 4.3}$$

Na qual:

β_c = índice de correlação entre a variação do valor do projeto e o retorno do mercado de ações

σ_c = volatilidade do valor do projeto

A volatilidade do projeto pode ser estimada através da Simulação de Monte Carlo aplicada ao fluxo de caixa estocástico, conforme proposto por Copeland e Antikarov (2002) e adotando-se a modificação proposta por Brandão, Dyer e Hahn (2005), considerando-se que o valor do projeto também segue um MGB. Dessa maneira o prêmio de risco do projeto pode ser verificado conforme a equação (4.4):

$$\lambda\sigma_P = \beta_c(E[R_m] - r)\frac{\sigma_P}{\sigma_c} \qquad \text{Equação 4.4}$$

- **Árvore de Decisão do Projeto**

A inclusão de flexibilidades gerenciais no projeto transforma a Árvore Binomial, que considera as incertezas associadas ao projeto, em Árvore de Decisão, que considera incertezas e opções reais.

Segundo Brandão (2002), a fim de atribuir maior flexibilidade à modelagem das opções reais do projeto, pode-se explicitar a função de valor do projeto em termos de uma variável mais básica: o fluxo de caixa do projeto. Essa transformação visa facilitar a inclusão das opções de flexibilidade do projeto, que transformarão a árvore binomial numa árvore de decisão. Uma vantagem disso é que a definição das opções do projeto em função dos seus fluxos de caixa permite um maior nível de detalhe do que é possível quando as definimos sobre o valor do projeto a cada período, já que o valor do projeto é determinado a partir do fluxo de caixa. Uma opção para suspender temporariamente a operação do projeto é mais facilmente modelada como função dos fluxos de caixa suspensos do que como função do valor do projeto. E a partir dos novos fluxos de caixa o valor do projeto pode ser facilmente computado. Outra vantagem é que o valor do projeto sofre descontinuidade ao longo do tempo devido às saídas dos fluxos de caixa em cada período, e com a transformação proposta isso é incorporado automaticamente no modelo.

Dessa forma, fazemos uma transformação algébrica para explicitar o valor do projeto em função de uma série de fluxos de caixa artificiais que têm a propriedade de garantir que o processo estocástico seguido pela função valor do projeto siga o mesmo Movimento Geométrico Browniano estabelecido anteriormente. Esses fluxos, por sua vez, serão determinados em função dos fluxos determinísticos do projeto *Ci* ($i = 1, 2, ..., m$), do drift μ e dos parâmetros u e d do modelo binomial. Como estaremos descontando os fluxos à taxa livre de risco utilizando probabilidades neutras a risco, temos também $p = \frac{(1+r-d)}{(u-d)}$.

Na Figura 11 podemos ver a árvore binomial onde o valor do projeto está expresso em função desses novos fluxos $V_{i-j} = f(C_i, \sigma, \mu)$.

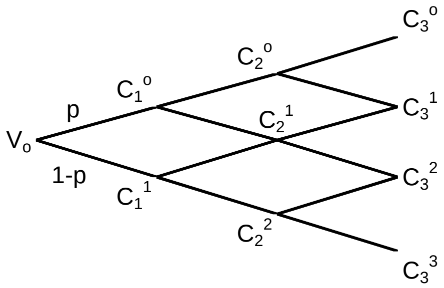

Figura 11 - Árvore de Decisão

- **Modelagem das Opções**

Uma vez definido e estruturado o modelo de difusão do valor do projeto, a inclusão das flexibilidades gerenciais é feita inserindo-se os instantes de decisão onde será maximizada a função valor do projeto. A cada oportunidade de se exercer uma opção do projeto, a decisão ótima será do tipo:

Max {valor de continuação; valor da opção}

O valor da opção dependerá das características dessa flexibilidade gerencial naquele período. Uma opção de abandono, por exemplo, pode significar que a empresa abre mão dos fluxos de caixa futuros em favor de um valor terminal Ω. Uma opção de expansão pode multiplicar o valor dos fluxos de caixa futuros por um fator qualquer, menos o custo do novo investimento. Nesse caso, o novo valor do projeto daquele instante para frente supondo o exercício desta opção há que ser determinado para que possa ser comparado com o valor do projeto sem o exercício, e escolhido o maior. Vamos considerar o caso de uma única opção de abandono no período (T) com valor terminal Ω. A decisão ótima em cada estado possível do período (T) será:

Max {valor de continuação; Ω}

O valor do projeto agora, incluindo a opção de abandono no período (T) será a soma de duas partes: os fluxos pré e pós-opção. Primeiramente computam-se os valores esperados dos fluxos de caixa entre o instante inicial e o instante da opção no período (T). Em seguida, computam-se o valor esperado do projeto em cada estado do instante da opção em diante, até o final da vida útil do projeto. Esse valor de continuação (VT) é comparado ao valor de abandono, e a decisão ótima é tomada visando sempre a maximização do valor do projeto. Assim, o valor do projeto com opção de abandono no período (T) é dado por:

$$V_0 = \sum_{i=0}^{T-1} \sum_{j=0}^{i} \frac{E\left[C_{i,j}\right]}{(1+r)^i} + \frac{E\left[max\{V_T, \Omega\}\right]}{(1+r)^T} \qquad \text{Equação 4.5}$$

O quarto passo consiste na avaliação dos retornos obtidos a partir da árvore de decisões.

A Figura 12 ilustra as etapas do processo de avaliação segundo Copeland e Antikarov (2002):

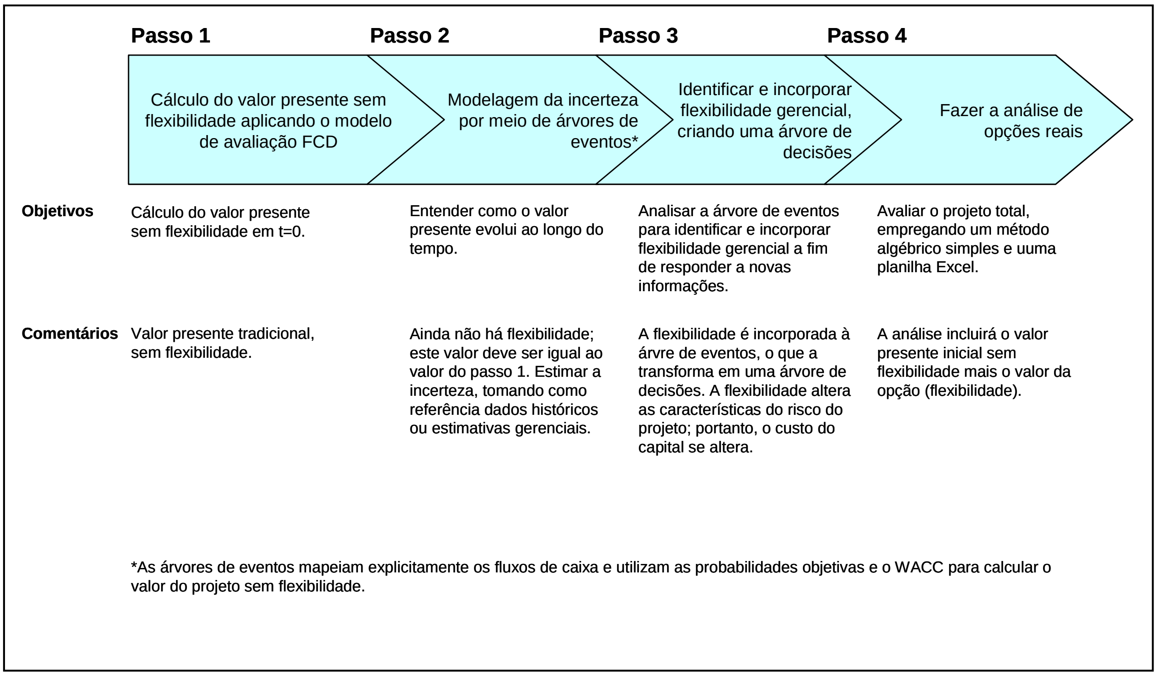

Figura 12 - O processo de avaliação em quatro etapas