

2 Referencial Teórico

Este capítulo busca fundamentar os principais tópicos que serão abordados no trabalho para sua melhor compreensão e definição. Está dividido em duas partes. Na primeira, serão mencionados trabalhos já publicados relacionados ao investimento no setor de circuitos integrados no Brasil, e na segunda serão apresentadas referências diretamente ligadas ao tema Opções Reais.

2.1. Análise de Investimentos no Setor de Circuitos Integrados

O setor de circuitos integrados já foi tratado em artigos e estudos nacionais e internacionais. Dentre as referências nacionais, poucas lidam com as possíveis estratégias de investimento no Brasil. Nenhuma analisa a viabilidade econômico-financeira de investimentos no setor localizado no Brasil. Gutierrez & Leal (2004) apresentam estratégias alternativas de investimentos no setor e iniciam o artigo relatando os seguintes benefícios de uma indústria de circuitos integrados no País: i) adensamento da cadeia eletrônica; ii) crescimento do número de projetos de bens finais no Brasil; iii) desenvolvimento de diferenciações ou inovações dos bens aos quais são incorporados; iv) desenvolvimento de atividades de projeto no País; v) formação e capacitação de mão de obra; vi) impacto positivo na balança comercial; e vii) formação de arranjos produtivos em torno das novas fábricas de circuitos integrados.

Kimura (2005) analisou as teorias de vantagem competitiva e investimento internacional para determinar oportunidades de investimentos para a indústria brasileira de circuitos integrados. A rápida evolução tecnológica, o alto investimento de capital e as condições do Brasil em termos de mão de obra qualificada, conhecimentos científicos, mercado interno e cadeia produtiva levaram Kimura (2005) a concluir que as possibilidades de investimento do País se restringem a: a) investimentos em tecnologias maduras; b) investimentos em

projetos de circuitos integrados (*design houses*, ou empresas *fabless*); e c) utilização de processos antigos para formação de empresas nascentes *start-ups*.

Kimura (2005) afirma, ainda, que “o principal objetivo da estratégia de atuar em nichos de mercado não é o retorno financeiro gerado pelas atividades de circuitos integrados. É o de resolver o impasse inicial e dar impulso para uma atividade de circuitos integrados no Brasil, o que possibilitaria o adensamento da cadeia produtiva de circuitos integrados e a formação de profissionais especializados que tornariam o Brasil mais atraente para receber outros tipos de investimentos em circuitos integrados.”

Gutierrez & Mendes (2009) apresentam em seu artigo uma introdução detalhada a respeito da dinâmica de investimentos, da pesquisa e desenvolvimento, dos diversos modelos de negócio e da cadeia de valor do setor. Em resumo, o artigo de Gutierrez & Mendes (2009) descreve as diversas evoluções no setor, a saber: i) maior número de transistores em uma mesma área de silício, caracterizando a miniaturização cada vez maior; ii) o aumento do tamanho do *wafers* de silício; iii) o aumento da velocidade dos circuitos; iv) a diminuição do consumo de energia em potência, v) a incorporação de novas e diferentes funcionalidades; e vi) a diminuição do custo por função. Os investimentos em pesquisa e desenvolvimento no setor de circuitos integrados são consideráveis, segundo os autores.

Fink, Scherrer & Kwon descrevem uma *joint venture* entre uma empresa brasileira e uma empresa sul coreana localizada no Brasil no setor de circuitos integrados com ênfase nas políticas de atração de investimentos adotadas pelo governo brasileiro. Os autores apresentam as diversas vertentes de atuação do Brasil, a saber: i) o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM), que é formado por três subprogramas com o objetivo de desenvolver o projeto, a manufatura e o encapsulamento⁴ de circuitos integrados; ii) o Programa CI-Brasil, mencionado na Introdução; iii) o Plano de Ação para Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI), lançado em 2007 com o objetivo de integrar ações governamentais em ciência e tecnologia; e iv) os benefícios fiscais criados com o objetivo de estimular o

⁴ Encapsulamento é a fase final de produção de um circuito integrado e consiste, simplificada, em envolver o produto em uma cobertura plástica, deixando somente os contatos elétricos à mostra.

investimento em pesquisa e desenvolvimento, inovação e, mais especificamente, no setor de circuitos integrados, como, por exemplo, a Lei de Informática (Leis 8.248, 10.176 e 11.077, de 2004), Lei do Bem (Lei 11,196, de 2005) e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Circuitos Integrados (Lei 11.484, de 31/05/2007).

O artigo de Fink, Scherrer & Kwon descreve, ainda, o projeto em fase final de planejamento com o objetivo de encapsular, montar e testar módulos de memórias importadas da Coréia do Sul.

2.2. Teoria das opções reais

Referências recentes de análise de projetos e contratos descrevem novos métodos de avaliação similares aos métodos tradicionais de apreçamento de opções financeiras. Essas novas metodologias, chamadas de Teoria das Opções Reais (Trigeorgis, 1996, cap.4; Amram & Kulatilaka, 1999, cap.1), mostram grande capacidade de explicar ações e negociações ocorridas no ambiente real do mercado e de capturar o valor da flexibilidade gerencial presente em muitos tipos de projetos.

O conceito de opções reais vem sendo desenvolvido nos últimos 30 anos como uma metodologia alternativa à análise de fluxo de caixa descontado. Trigeorgis (1996, cap.4) evidencia que a análise tradicional tem limitações amplamente reconhecidas. Amram & Kulatilaka (1999, cap.2) argumentam que, em ambiente de incerteza, a decisão de investir não é analisada adequadamente quando utilizados os métodos tradicionais. Copeland & Antikarov (2003, cap.1) introduzem o assunto afirmando que a análise de valor presente líquido lida somente com fluxos de caixa esperados, ignorando as incertezas. A análise por opções reais procura incorporar as diversas decisões a serem tomadas ao longo do tempo, incluindo as incertezas e valorando as alternativas possíveis.

Dixit & Pindyck (1994, part.II) apresentam ferramentas matemáticas que podem auxiliar na tomada de decisões de investimento sob incerteza, avaliando opções reais. Os autores desenvolvem modelos contendo processos estocásticos em tempo contínuo. Os processos estocásticos, que evoluem com o tempo de

forma randômica, pelo menos parcialmente, podem ser utilizados para representar a evolução das diversas variáveis que influenciam a dinâmica do valor de um projeto, como, por exemplo, preços de ações, preços de produtos, quantidades, custos etc.

Uma classe de processos estocásticos utilizada com muita frequência na modelagem das variáveis de um projeto é conhecida como Processos de Wiener (Movimento Aritmético Browniano, Movimento Geométrico Browniano e Movimento de Reversão para a Média). Esses processos têm três propriedades: a distribuição de probabilidade de todos os valores futuros depende somente do seu valor atual e não é afetada por dados históricos ou qualquer outra variável; a distribuição de probabilidade do incremento do processo em qualquer intervalo de tempo é independente de qualquer outro intervalo de tempo; e os incrementos do processo em qualquer intervalo finito são distribuídos segundo a curva normal, e a variância aumenta linearmente com o intervalo de tempo.

Ainda segundo Dixit & Pindyck (1994, cap.3) e observando a literatura de finanças, o Movimento Geométrico Browniano – MGB é muito utilizado para modelar preços de ações. Black & Scholes (1973) modelaram o preço de opções de ações considerando que a evolução do preço de ações é descrita por um Movimento Geométrico Browniano.

Cox, Ross & Rubinstein (1979), utilizaram a teoria da probabilidade para construir um modelo binomial que fosse uma aproximação do MGB, utilizado em conjunto com programação dinâmica para encontrar o valor de opções, também se aproximando às soluções oriundas do modelo de Black & Scholes. Esse modelo simplifica a modelagem de variáveis que seguem processos estocásticos. Hull (2000, p.215) detalha o modelo binomial mencionado. Em resumo,

$$u = e^{\sigma\sqrt{T}} \quad (1)$$

e

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T}} \quad (2)$$

sendo:

u – fator de subida da árvore binomial

d – fator de descida da árvore binomial

σ – volatilidade anual

T – intervalo de tempo de um período da árvore binomial

A árvore de eventos é formada pelos valores que o ativo-objeto pode assumir a cada passo de tempo e pelas probabilidades de tais valores ocorrerem. Os possíveis valores do ativo-objeto são obtidos com os fatores de subida e de descida descritos anteriormente. E as probabilidades de ocorrência de cada valor são obtidas de diversas formas, que podem variar desde a estimativa subjetiva do analista até o cálculo matemático de uma probabilidade que permita o ajuste pelo risco do projeto.

A abordagem de probabilidades neutras a risco mencionada em Copeland & Antikarov (2003, p.95) e Hull (2000, p.205) apresenta a metodologia de cálculo de probabilidades ajustadas para cada movimento da árvore binomial, de modo que seja possível descontá-la pela taxa livre de risco. Dessa forma, a análise de uma árvore de decisão é simplificada, uma vez que se dispensa o cálculo do custo médio ponderado de capital específico do projeto, incluindo as incertezas do projeto. Segundo a abordagem de probabilidades neutras a risco, tem-se:

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d} \quad (3)$$

e

$$q = 1 - p \quad (4)$$

sendo:

p – probabilidade de ocorrer o movimento de subida

q – probabilidade de ocorrer o movimento de descida

u – fator de subida da árvore binomial

d – fator de descida da árvore binomial

r_f – taxa livre de risco

A modelagem binomial anteriormente descrita será utilizada nesta dissertação. Um exemplo de aplicação do modelo binomial é o trabalho desenvolvido por Brandão et al (2008), onde os autores utilizaram o modelo

proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979) para avaliar uma opção de abandono no mercado de lançamentos imobiliários residenciais.

Ainda em relação à literatura de OR, Trigeorgis (1996, pg.2 e 3) apresenta um resumo das principais opções reais identificadas e as referências bibliográficas associadas. As opções reais podem ser: opção de espera, opção de abandonar, tempo-para-construir (investimento em fases), opção de alterar, opção de trocar (ex. entradas ou saídas), opção de crescer e opções com múltiplas interações.

Em suma, as Opções Reais têm estado presentes nas pesquisas em finanças e economia, e têm sido consideradas recentemente em diferentes áreas incluindo estratégia, organizações, operações, gestão, sistemas de informação, contabilidade e marketing.

Mais especificamente, este trabalho abordará a avaliação da opção de espera para o investimento em uma empresa *start-up*. De fato, o investimento em uma empresa pré-operacional gera a opção de investimentos para o crescimento em etapas posteriores, quando haverá a opção de seguir estratégias de empresas maduras, já posicionadas no mercado. Este trabalho também analisa a opção de espera associada a uma opção de expansão e evolução tecnológica, como detalha o capítulo 4.

A próxima seção apresenta a modelagem desenvolvida por Copeland & Antikarov (2003, cap.8), a qual serviu de referência para os modelos elaborados nesta dissertação.

2.3. Modelo de Copeland & Antikarov

Copeland & Antikarov (2003, cap.8) apresentam um modelo de quatro passos para uma análise de opções reais. O primeiro passo consiste na construção de um caso base sem flexibilidade utilizando a metodologia de fluxo de caixa descontado. O segundo passo consiste na modelagem das incertezas utilizando árvores de eventos. O terceiro, na identificação e incorporação de flexibilidades gerenciais, de modo a construir uma árvore de decisão. E o quarto passo, na análise de opções reais. A figura 1 descreve esse modelo.

Magalhães et al. (2007) utilizaram o modelo proposto por Copeland & Antikarov (2003, cap.8) e a Teoria de Opções Reais para estabelecer o valor de campos de petróleo maduros. O projeto foi avaliado com tempo discreto e árvore binomial com probabilidades neutras a risco. Já Caporal & Brandão (2008), utilizaram o modelo de Copeland & Antikarov (2003, cap. 8) para avaliar uma unidade de geração de energia com flexibilidade na escolha do mecanismo de venda da energia gerada, com tempo contínuo.

Este trabalho apresenta similaridades com o modelo de Copeland & Antikarov (2003, cap.8), sendo a principal diferença a metodologia para obtenção da volatilidade (segundo passo). Todas as incertezas do projeto foram consolidadas em uma única incerteza, chamada de abordagem consolidada. Esta abordagem faz sentido, ainda, como apresentam Copeland & Antikarov (2003, p.222), uma vez que Samuelson, em 1965, provou que a taxa de retorno de um projeto irá flutuar randomicamente de forma independente de seus fluxos de caixa esperados. Independentemente das incertezas estimadas e do fluxo de caixa obtido, o retorno sobre o investimento seguirá um Movimento Geométrico Browniano (MGB) e essas incertezas podem ser combinadas em um único processo binomial multiplicativo.

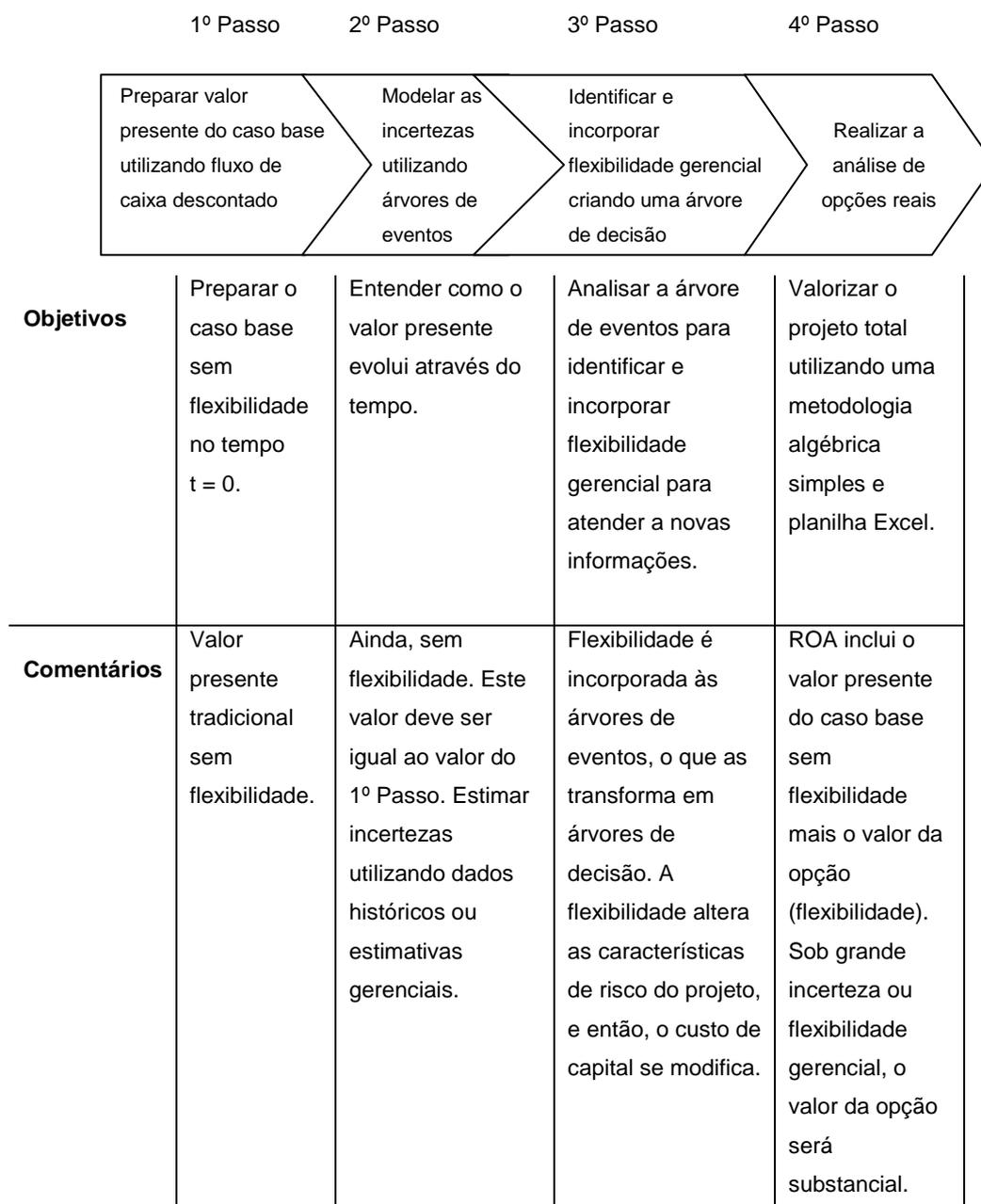


Figura 1 – Abordagem geral: processo em quatro passos

Fonte: Copeland & Antikarov (2003, pg.220); Título Original: Overall approach: A four-step process.

Este trabalho também apresenta similaridades com avaliações de investimentos em outros setores, realizadas por Magalhães et al. (2007), Brandão et al. (2008) e Caporal & Brandão (2008). Este trabalho e o trabalho de Magalhães et al. (2007) utilizaram modelagem binomial e probabilidades neutras a risco. Já o trabalho de Brandão et al. (2008) utilizou somente a modelagem binomial.

O investimento a ser analisado contempla um *start-up* de uma empresa com capacidade de projeto e fabricação de produtos, chamado no mercado como IDM (*integrated design manufacturers*). São exemplos de IDMs: Intel, AMD, Samsung, Texas Instruments e Toshiba.

Uma das questões importantes envolvidas na modelagem abordada nessa seção e em modelos de opções reais de forma geral é a estimativa da volatilidade. A próxima seção aborda o tema.

2.4. Estimativa da volatilidade de uma ação com base em dados históricos

Conforme apresentado em Hull (2000, p.241), a volatilidade de uma ação, σ , é uma medida da incerteza dos retornos de uma ação. Valores típicos de volatilidade de uma ação variam entre 20% e 40% ao ano. A volatilidade do preço de uma ação pode ser definida como o desvio-padrão do retorno obtido pela ação em um ano, quando esse retorno é expresso em composição contínua. Hull (2000,p.241) demonstra também que a volatilidade é o desvio-padrão do logaritmo neperiano do preço da ação no fim de um ano.

Supondo que o valor da variável de mercado no fim do dia i é S_i , a variável u_i é definida como o retorno contínuo composto ao longo do dia i (entre o fim do dia $i - 1$ e o fim do dia i).

$$u_i = \ln \frac{S_i}{S_{i-1}} \quad (5)$$

Hull (2000, p.242) estima a variância diária σ_n^2 utilizando m observações mais recentes de u_i como:

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (u_{n-i} - \bar{u})^2 \quad (6)$$

onde \bar{u} é a média dos u_i 's:

$$\bar{u} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{n-i} \quad (7)$$

A volatilidade anual é então obtida através da seguinte equação:

$$\sigma_{anual} = \sigma_{diária} \sqrt{T} \quad (8)$$

onde T é o número de observações em um ano. Neste trabalho, assumiu-se T como 252 dias úteis.

Da mesma forma, a volatilidade anual pode ser transformada para volatilidade mensal, conforme a equação a seguir:

$$\sigma_{anual} = \sigma_{mensal} \sqrt{12} \quad (9)$$

Completa-se então nessa seção, o arcabouço teórico formado pela Prova de Samuelson, pelo modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979), pelas probabilidades neutras a risco e pelo cálculo da volatilidade com base em dados históricos. Este arcabouço, viabiliza a modelagem de uma aplicação de opções reais em um projeto *start-up* no setor de circuitos integrados.

O capítulo 3 a seguir apresenta uma contextualização sobre o mercado de circuitos integrados.