

2

Discussão Teórica acerca dos Métodos Tradicionais e a Teoria de Opções Reais

De forma a compreender melhor os métodos tradicionais de investimentos e do recrudescimento das Opções Reais e de suas ferramentas de análise no contexto das Finanças Corporativas, esse capítulo apresenta um levantamento bibliográfico dos principais métodos tradicionais, da teoria de opções financeiras e da teoria de opções reais.

2.1

Metodologia Tradicional

As técnicas de avaliação econômica de projetos as quais utilizam o método do fluxo de caixa descontado (FCD) derivam de modelos utilizados no ambiente de certeza. O valor do projeto é medido pelos benefícios futuros alcançados descontados por uma taxa de desconto que reflita os riscos intrínsecos aos fluxos estimados. Dentre essas técnicas as duas mais tradicionais são o VPL (Valor Presente Líquido), e a TIR (Taxa Interna de Retorno).

2.1.1

Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é a mais tradicional das técnicas que utilizam o Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Ceteris Paribus, projetos com VPL positivo sinalizariam uma alocação mais eficiente dos recursos. O VPL é a ferramenta mais utilizada nas finanças empresariais e mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo da sua vida útil. Seu cálculo envolve a subtração do investimento inicial (I) de um projeto do valor presente dos seus fluxos de caixa em cada instante de tempo F_{Ct} , descontados pela taxa do custo de capital da empresa (k), conforme expressa a fórmula a seguir:

$$VPL = \frac{\sum_{i=1}^t E(FCt)}{(1+k)^i} - I_0 \quad (2.1)$$

$E(FCt)$ é o valor esperado dos fluxos de caixa de cada período;

t é o período de tempo esperado da duração do projeto;

I_0 é o investimento inicial;

k é a taxa de desconto

O critério para a tomada de decisão com o VPL parte do pressuposto que projetos com VPL positivos devem ser aceitos em detrimento de projetos com VPL negativo. Quando for apresentada a teoria das opções reais e o efeito da incerteza, verificar-se-á, que nem sempre essa é a melhor escolha.

O cálculo da taxa adequada de desconto requer um conhecimento mais aprofundado e depende do conhecimento prévio do risco do projeto. Na vida prática, sabe-se que não é simples mensurá-lo, pois depende de alguns fatores inerentes a cada projeto e, portanto, cada projeto apresenta o seu custo de capital. Para mensurar o custo de capital apresentam-se as duas metodologias mais utilizadas.

2.1.1.1

Capital Asset Pricing Model (CAPM)

No mundo real, para que seja possível a sua correta compreensão e a partir dela construir modelos de seu funcionamento, é preciso supor que não existem as complexidades que se julga terem efeito pequeno ou nulo sobre o comportamento efetivo do mundo real. Sendo assim, os economistas propõem modelos nos quais algumas peculiaridades não sejam levadas em consideração. No modelo CAPM, adotam-se algumas hipóteses simplificadoras no modelo, são elas:

- a) Inexistência de custos de transação, ou seja, dada a magnitude nos custos de transação é muito provável que sua importância seja pequena.

- b) Os ativos são infinitamente divisíveis. Isso significa que os investidores podem assumir qualquer posição num ativo, independentemente da magnitude de sua riqueza.
- c) Ausência de imposto de renda. O indivíduo é indiferente a forma (dividendos ou ganhos de capital) na qual recebe os retornos do seu investimento.
- d) Um indivíduo não é capaz de afetar o preço de uma ação através de uma compra ou venda.
- e) Os investidores tomam suas decisões baseados em retornos e desvio padrão dos retornos de suas carteiras de investimento.
- f) É possível captar e emprestar a taxa livre de risco em quantidades ilimitadas.
- g) As expectativas quanto ao futuro são homogêneas, tanto para os retornos esperados num único período quanto para definição do mesmo são definidos pelos investidores da mesma maneira. Por outro lado, os investidores tem expectativas idênticas aos dados necessários a otimização de suas carteiras.
- h) Todos os ativos são negociáveis no mercado. Inclui-se o capital humano.

Apesar de ser um método simplificado, segundo Brealey & Myers (1992), o CAPM é o modelo mais recomendado para o apreçamento de ativos. Seu cálculo desenvolvido independentemente por Sharpe, Lintner e Mossin fundamenta-se numa das mais importantes descobertas no campo das finanças e está expresso na equação abaixo denominada linha de mercado de títulos. O retorno esperado de qualquer ativo, ou carteira, eficiente ou não, pode ser determinado através dessa relação.

$$R_i = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (2.2)$$

O retorno esperado depende de três componentes específicas:

- Retorno exigido sem risco assumido, medido pela taxa livre de risco (R_f).

- Recompensa de mercado por assumir risco, expressa pelo prêmio pelo risco de mercado: $E(Rm) - Rf$, onde $E(Rm)$ é o valor esperado do retorno de mercado.
- Nível de Risco Sistemático. Medido pelo Beta, representa o nível de risco sistemático presente em um determinado ativo.

2.1.1.2

Weighted Average Cost of Capital (WACC)

As técnicas modernas de orçamento de capital pressupõem que um grande número de empresas utiliza em seus projetos recursos de terceiros. Sendo assim a taxa apropriada de desconto dos projetos deve considerar a soma do custo de capital próprio com o custo de capital de terceiros. Esse custo ponderado de capital denomina-se WACC, que representa a média ponderada dos custos de capital próprio e de terceiros de curto, médio e longo prazo, utilizados pelas empresas para financiar seus projetos.

Essa metodologia considera as diferentes fontes de capital, ou seja, a taxa de desconto deve representar os ganhos projetados pelos investidores, considerando o risco inerente associado ao negócio. A taxa apropriada para ser utilizada é a taxa mínima de retorno esperada que uma empresa ou investimento deve oferecer para que seja considerado atraente.

No entanto, sua mensuração envolve alguma subjetividade, sobretudo a assimetria de informação que pode levar a erros no cálculo de avaliação da empresa. Daí a necessidade de um cuidado e estudo maior acerca da sua utilização de modo a avaliar corretamente a empresa, para que não ocorram vícios na sua determinação.

Segue abaixo a sua formulação:

$$WACC = K_{cp}(CP/V) + K_t(1-T)(D/V) \quad (2.3)$$

onde,

K_{cp} – Custo de Capital Próprio

K_t – Custo de Capital de Terceiros

CP – Valor de Mercado do Capital Próprio

D – Valor de Mercado da Dívida

V – Valor de Mercado da Empresa $V = CP + D$

T – Alíquota Marginal do Imposto de Renda

Definido o custo médio ponderado de capital aplica-se a metodologia do VPL de modo a verificar a aceitação ou rejeição do projeto. Um investimento com VPL positivo sinaliza melhor alocação de recursos para os acionistas em detrimento de um VPL negativo que sinalizaria que o custo de oportunidade do investimento é elevado demais, gerando assim nenhuma possibilidade de ganho para os acionistas. Com a abordagem das opções reais mais a frente verifica-se que não necessariamente essa condição é verdadeira.

2.1.1.3

Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é a alternativa mais importante ao enfoque do VPL, ou seja, representa o mais próximo que se pode chegar do VPL, sem que realmente se tenha um critério como o do VPL. O raciocínio por trás da TIR é que ela sintetiza os méritos de um projeto em uma única cifra, chamada de taxa interna, que é intrínseca ao projeto e não depende de nada, além dos fluxos de caixa do projeto.

Essa metodologia consiste em encontrar uma taxa de retorno que leve o valor do VPL a zero. Seu método de análise compara a taxa interna com o custo de oportunidade do investimento. Caso a TIR seja superior ao custo de oportunidade do investimento, o projeto é considerado viável.

Para sua correta utilização algumas peculiaridades relevantes precisam ser consideradas. Seu cálculo utiliza a hipótese de reinvestimento, ou seja, seu cálculo assume implicitamente que os fluxos de caixa gerados pelo projeto são reinvestidos à TIR. Quando se escolhem projetos mutuamente exclusivos combinados com algum outro projeto, a TIR não incorpora a aditividade. Ou ainda, quando ocorre mais de uma mudança nos sinais dos fluxos de caixa do projeto estimado, encontram-se múltiplas TIR's. Além disso, o método descarta

projetos intensivos em capital e de longa duração mesmo com VPLs substanciais em detrimento de projetos com volume de capital pequeno e curta duração.

A TIR talvez ainda sobreviva no mundo empresarial por atender a uma necessidade que não é atendida pelo VPL. Os gerentes e empresários de um modo geral parecem desejar uma regra que sintetize as informações a respeito de um projeto numa única taxa de retorno. Tal taxa única oferece aos agentes econômicos uma maneira um pouco mais simples de discutir projetos.

2.2

Críticas e Limitações dos Métodos Tradicionais

Apesar de sua simplicidade, a aplicação do critério de (FCD) pressupõe conhecimento profundo sobre a conjuntura econômica (macroeconômica) e do conhecimento sobre o ramo da indústria em questão (microeconômico) para a correta determinação dos fluxos de caixa e custo de capital adequado. Percebe-se nessa metodologia que a incerteza quanto aos fluxos de caixa não é considerada, ou seja, é considerada apenas a expectativa dos fluxos de caixa, e suas diversas realizações possíveis não são abordadas.

Na economia real, entretanto, os fluxos de caixa realizados na maioria das vezes são diferentes da expectativa de quem o projetou. À medida que novas informações são reveladas e as incertezas se diluem, alguns projetos que ofereçam algum grau de flexibilidade podem ter sua estratégia inicial revista ou até abandonada. O gestor, de posse dessas flexibilidades, pode adiar, abandonar, expandir ou reduzir a escala do projeto ao longo de sua vida útil. Essas flexibilidades são denominadas Opções Reais.

Essas flexibilidades gerenciais podem ser vistas como uma coleção de opções reais que geram valor para o projeto. Se ignorássemos a possibilidade de revisão das estratégias operacionais pré-estabelecidas, certamente o método do VPL estaria correto. Entretanto, a presença de incertezas e de interação entre os agentes econômicos podem levar a diferenças entre os fluxos estimados e os efetivados. Assim, a opção de poder rever a estratégia inicial adotando alguma política de modificação em relação ao anterior agrega valor ao projeto, seja na

proteção contra um cenário de crise utilizando a opção de abandono como na utilização de uma opção de expansão num cenário de crescimento favorável.

Dixit and Pindyck (1994), a partir do exemplo acima mostram que, a presença de uma simples opção de abandono aumenta o valor do projeto, independente da taxa de desconto utilizada, muito embora a magnitude do aumento dependa desta taxa. Como a existência da opção de abandonar diminui a dispersão dos resultados, o que reduz a variância e o risco do projeto, ou seja, a taxa de desconto a ser utilizada num projeto que tenha tal opção deve ser menor do que a de um que não tenha tal opção. Sendo assim, a opção aumenta o valor presente esperado por duas razões: redução de fluxo de caixa negativo e menor taxa de desconto.

O método tradicional do VPL é, portanto, insuficiente para capturar o valor adicional das flexibilidades gerenciais e de outros aspectos estratégicos que são de suma importância para as empresas de um modo geral.

2.3

Teoria das Opções Reais

Um dos aspectos mais importantes da teoria de finanças é o de precificar corretamente os ativos. Inúmeros modelos de apreçamento de ativos vêm sendo desenvolvidos ao longo dos últimos anos. Os modelos derivados de ativos chamados de derivativos ganharam destaque na literatura, pois mostram uma capacidade de representar os preços dos ativos praticados nos mercados. Nesse contexto, tais modelos foram incorporados aos ativos reais gerando a Teoria das Opções Reais, na qual o projeto é visto como uma opção (derivativo) que deriva de um ativo chamado subjacente que incorpora um processo conhecido. A teoria de opções reais surgiu a partir da analogia com as opções financeiras.

2.3.1

Opções Financeiras

Uma opção pode ser definida como o direito de comprar ou vender determinado bem ou ativo por um preço fixo pré-determinado em uma data pré-

determinada (vencimento) ou até essa data pré-determinada. As opções que só podem ser exercidas no vencimento são chamadas opções do tipo europeia, e as que podem ser exercidas em qualquer momento são as chamadas do tipo americana.

Uma opção financeira é um derivativo cujo fluxo de caixa depende de um outro ativo, chamado de ativo subjacente. A existência de derivativos se justifica pela imprevisibilidade dos preços dos ativos de uma economia. Se fosse possível prever as possíveis realizações das flutuações dos preços dos ativos, não haveria a necessidade de se proteger contra possíveis variações desses ativos

Esses ativos são negociados nos mercados financeiros por todo o mundo e atraem agentes econômicos de vários tipos. Os que querem se proteger contra uma possível variação do ativo base são chamados de (*hedgers*). Já aqueles que apostam na alta ou na queda dos preços dos ativos e buscam auferir lucros com esses movimentos são os chamados (especuladores). Ou ainda, aqueles que buscam distorções nos preços desses contratos e buscam travar algum lucro sem correr riscos, transacionado em diferentes mercados um mesmo ativo, são chamados de (arbitradores).

Nos mercados de opções ocorre a negociação de direitos outorgados aos titulares e lançadores em relação a dois tipos de opção:

2.3.1.1

Opção de Compra (*call*)

A opção de compra (*call*) é o direito que o titular (comprador) da opção tem de, se desejar, comprar do lançador (vendedor), exigindo que este lhe venda, em uma data pré-fixada, uma quantidade determinada do ativo base a um preço previamente estipulado (preço de exercício). Contudo, para que o titular detenha o direito de obter a opção, ele deve pagar um valor (prêmio) pela mesma ao lançador, que se obriga a vender ao titular o ativo negociado pelo preço de exercício.

O ativo objeto negociado pode ser uma ação de uma determinada empresa, um contrato de índice de ações, ou uma (*commodity*), entre outros. A função de remuneração é apresentada a seguir:

$$F = \max(V - K, 0) \quad (2.6)$$

Onde F é o valor da opção de compra no vencimento T , V é o preço do ativo subjacente e K é o preço de exercício (strike). A figura a seguir ilustra o comportamento de uma opção de compra. Pela condição estabelecida acima, só é ótimo exercício se o valor do ativo básico estiver acima de K no vencimento.

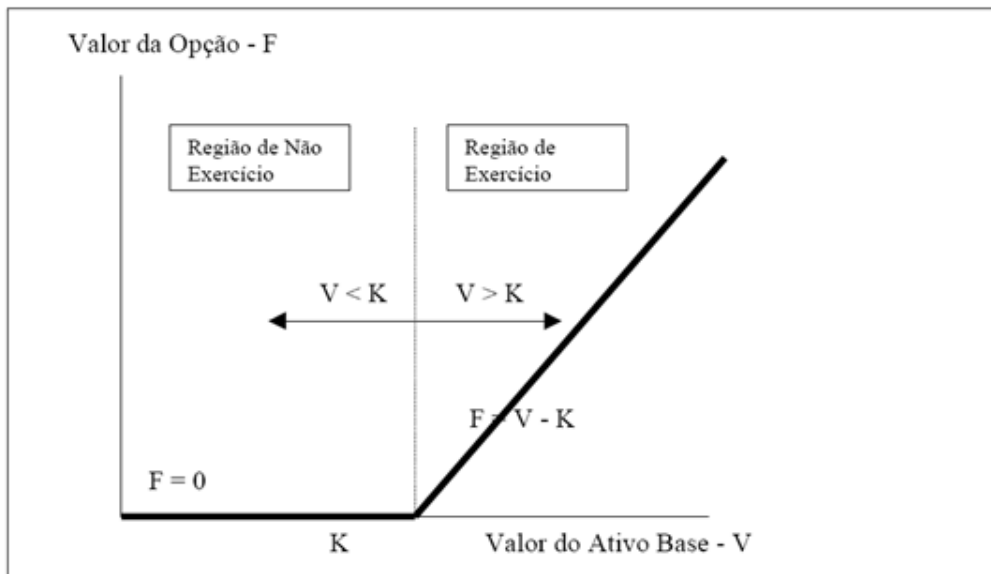


Gráfico 2.1 – Valor da Opção de Compra na Data de Expiração

2.3.1.1

Opção de Venda (*put*)

A opção de venda (*put*) é o direito que o titular (comprador) da opção tem de, se o desejar, vender ao lançador (vendedor), exigindo que este lhe compre, em uma data pré-fixada, uma quantidade do ativo subjacente a um preço previamente estipulado (preço de exercício). Da mesma forma da opção de compra, o titular também deve pagar ao lançador um prêmio para que tenha o direito de adquirir a opção, e o lançador adquire a obrigação nesse caso de comprar o ativo pelo preço de exercício.

A função de remuneração é apresentada a seguir:

$$F = \max(K - V, 0) \quad (2.7)$$

onde, F é o valor da opção de venda no vencimento T , V é o preço do ativo subjacente e K é o preço de exercício (strike). A figura a seguir ilustra o comportamento da opção de venda. Diferentemente da *call*, só é ótimo o exercício na região que o valor do ativo básico for menor que o preço de exercício.

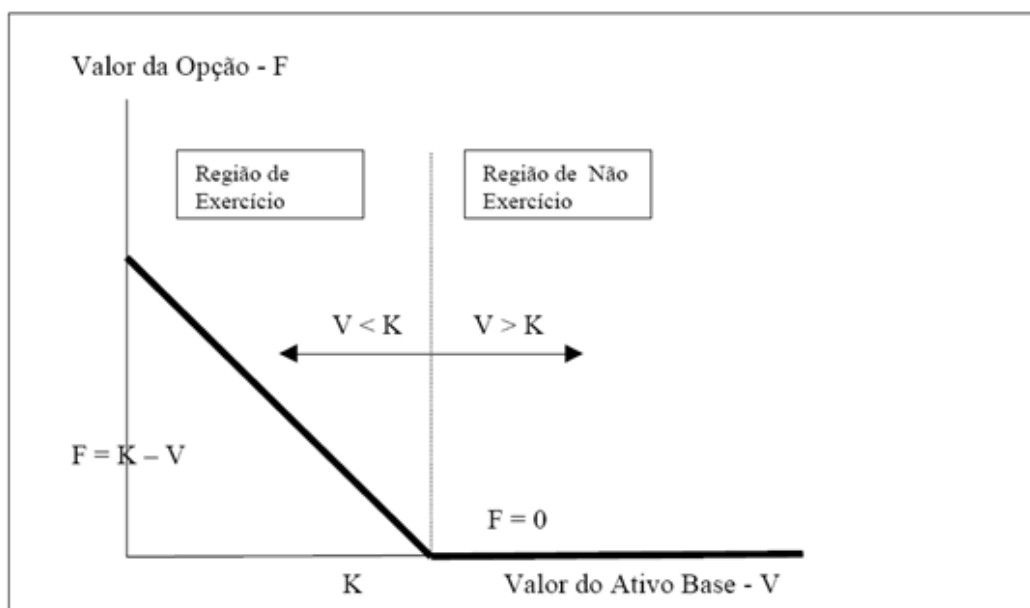


Gráfico 2.2 – Valor da Opção de Venda na Data de Expiração

Entretanto, na determinação do valor de ambos os tipos de opção, é necessário considerar as mesmas variáveis básicas e parâmetros:

$$\text{Opção} = f(V, k, t, \sigma, r) \quad (2.8)$$

onde,

Preço do ativo subjacente (V) é o preço de mercado do ativo sobre o qual a opção de compra ou venda é derivada.

Preço de exercício (strike price) (K) é o preço pelo qual o titular terá o direito de comprar (opção de compra) ou de vender (opção de venda) o ativo objeto da opção.

Tempo até o vencimento (τ) é o intervalo de tempo até o vencimento da opção. Para a opção de estilo americano, a opção poderá ser exercida a partir do dia útil seguinte à sua aquisição até a data de vencimento; para opção de estilo europeu, a opção somente poderá ser exercida na data de vencimento.

Volatilidade (σ): Indica a incerteza ou risco proporcionado pelo retorno do ativo. A volatilidade não é observada e precisa ser estimada. Para tal podem ser utilizadas medidas estatísticas tais como a volatilidade histórica medida pelo desvio padrão dos preços do ativo subjacente, ou ainda podem ser utilizados modelos de volatilidade estocástica, Garch, E-Garch, dentre outros.

Taxa de juros livre de risco (r) é a taxa de juros que influi na determinação do preço da opção.

Dividendos do ativo objeto (δ) são os dividendos que podem ser pagos pelo ativo subjacente: as saídas e entradas de caixa ao longo de sua vida. Far-se-á a relação entre as variáveis acima descritas e o prêmio da opção, mostrando os efeitos que as primeiras podem provocar sobre este:

IMPACTO DAS VARIÁVEIS SOBRE CALL E PUT			
DESCRIÇÃO	VARIÁVEL	CALL	PUT
Aumento no preço do ativo-objeto	$\uparrow V$	\uparrow CALL	\downarrow PUT
Aumento no preço de exercício	$\uparrow K$	\downarrow CALL	\uparrow PUT
Aumento na volatilidade	$\uparrow \sigma$	\uparrow CALL	\uparrow PUT
Aumento no prazo até vencimento	$\uparrow \tau$	\uparrow CALL	\uparrow PUT
Aumento nas taxas de juros	$\uparrow r$	\uparrow CALL	\downarrow PUT
Aumento no dividendos pagos	$\uparrow \delta$	\downarrow CALL	\uparrow PUT

Fonte: Hull (2001)

A opção de compra (*call*) tem bastante utilidade, pois pode ser comparada em muitos casos com uma oportunidade de investimento. Já a opção de venda (*put*), pode ser comparada com um seguro, pois o detentor da opção, que detém também o ativo objeto, pode utilizar-se desta opção para delimitar suas possíveis perdas. Esse mecanismo ocorre quando o preço do ativo subjacente cai e o detentor da opção de venda exerce seu direito pelo preço pré-determinado estabelecido como um mínimo adequado.

Abordando a probabilidade de exercício da opção, pode-se classificá-las como “in the money” (dentro do dinheiro), “at the money” (no dinheiro) e “out of the money” (fora do dinheiro). As opções são classificadas como (*in the Money*) quando o preço de exercício da opção é maior do que o preço do ativo no caso de uma (*put*) e o contrário no caso de uma (*call*), isto é quando o preço de exercício é menor do que o preço do ativo. Neste caso, no vencimento ocorrido tal situação a opção deve ser exercida de imediato.

A opção pode ainda ser classificada como (*at the money*) ou no dinheiro, que é quando a opção de compra ou de venda tem o preço de exercício muito próximo ao preço do ativo objeto. Diz-se que a opção está fora do dinheiro ou “out of the money” quando temos uma opção de compra cujo preço de exercício é maior do que o preço do ativo objeto ou uma opção de venda cujo preço de exercício é menor do que o preço do ativo objeto.

No caso de uma opção europeia o problema foi solucionado por Black & Scholes, que fornece o valor das opções de compra europeias que não pagam dividendos, a partir das equações abaixo.

$$Call = VN(d1) - Xe^{-r(T-t)}N(d2) \quad (2.9)$$

A (*put*) é determinada pela equação de paridade e, portanto,

$$Put = Ke^{-r(T-t)}N(-d2) - SN(d1) \quad (2.10)$$

sendo, as funções da distribuição normal cumulativa da variável $N(d1)$ e $N(d2)$.

onde:

$$d1 = \frac{\ln(V/K) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{(T-t)}} \quad (2.11)$$

$$d2 = \frac{\ln(V/K) + (r - \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{(T-t)}} = d1 - \sigma\sqrt{(T-t)} \quad (2.12)$$

Já no caso das opções americanas que podem ser exercidas em qualquer momento existem alguns métodos para determinação do seu valor. O tema desta dissertação é um caminho para determinar esse tipo de valoração. Existem inúmeros métodos numéricos e analíticos para sua obtenção, como Árvores Binomias, Simulações de Monte Carlo, dentre outros. Em alguns casos o valor da opção européia é utilizado como balizador resguardando a seguinte relação.

$$\text{Opção Americana} = \text{Opção Européia} + \text{Prêmio por Exercício Antecipado}$$

A avaliação de opções americanas requer a determinação de uma política ótima de investimento determinando um nível de preço do ativo objeto a partir do qual a opção deva ser exercida, de modo a maximizar o valor presente da remuneração. No contexto de opções reais é de extrema relevância esse nível ótimo, determinando assim o melhor “timing” para realizar o investimento.

2.3.2

Opções Reais

Segundo Copeland e Antikarov (2001), uma opção real é o direito, mas não a obrigação de empreender uma ação (por exemplo, postergar, expandir, contrair ou abandonar) a um custo predeterminado que se denomina preço de exercício, por um período preestabelecido - a vida da opção. O valor da opção, ou também chamada oportunidade do investimento, é o valor econômico de um projeto considerando a liberdade gerencial embutida nesta opção.

A determinação da viabilidade econômica é elemento crucial na tomada de decisões gerenciais, aos quais em sua maioria são tomadas em ambiente de incertezas. Muito embora tais incertezas representem custos elevados para empresas, algumas vezes através delas podem ser criadas oportunidades de valor para os investidores. O dinamismo das flutuações de mercado e a flexibilidade gerencial na avaliação de projetos de investimento podem levar as empresa a alterar seus projetos originais: abandonar, prorrogar ou expandi-lo. Quando exercidas de forma ótima tais opções agregam valor ao projeto.

Ao contrário dos métodos tradicionais, a análise através de opções reais captura o valor da flexibilidade. Como os métodos tradicionais tratam apenas de fluxo de caixa previstos e a taxa de desconto constante durante todo projeto, tais métodos assumem risco constante por toda a vida do projeto. Tais limitações tendem a superavaliar a aversão ao risco, subestimando sistematicamente o projeto. Já a análise por opções reais incorpora a realização do investimento por fases, valorizando assim o aprendizado entre as fases. A informação obtida numa fase incorpora informação para a fase seguinte melhorando a decisão ótima.

Segundo Copeland e Antikarov (2001), em um ambiente com flexibilidade gerencial, um aumento da incerteza aumentará o valor da opção real. Além disto, um aumento na taxa de juros livre de risco também poderá levar a um aumento do valor da opção real, uma vez que elevará o valor temporal da vantagem monetária do deferimento do custo de investimento.

Algumas características inerentes das opções reais, tais como: irreversibilidade, incerteza e possibilidade de adiamento, permitem que se estabeleça a relação entre opção real e opção financeira.

OPÇÃO FINANCEIRA	OPÇÃO REAL
PREÇO DE EXERCÍCIO DA OPÇÃO	CUSTO DE INVESTIMENTO DO PROJETO
ATIVO SUBJACENTE	PROJETO
RETORNO DA AÇÃO	RETORNO DO PROJETO
VOLATILIDADE NO PREÇO DA AÇÃO	VOLATILIDADE NO VALOR DO PROJETO
FLUXO DE DIVIDENDOS DA AÇÃO	FLUXO DE CAIXA LÍQUIDO DO PROJETO
TEMPO DE EXPIRAÇÃO DA OPÇÃO	TEMPO DE EXPIRAÇÃO DO INVESTIMENTO
TAXA DE JUROS LIVRE DE RISCO	TAXA DE JUROS LIVRE DE RISCO

Fonte: Dias (1996)

Como as opções reais derivam das opções financeiras, o seu valor também depende das mesmas cinco variáveis já mencionadas, além de uma sexta variável igualmente importante, que são os dividendos. Contudo, tais variáveis se diferem em certos aspectos, em especial, no que diz respeito à forma como impactam no valor da OR (Opção Real):

- Um aumento do valor presente do projeto aumentará o VPL (sem flexibilidade) e assim, o valor da opção real também aumentará;
- Um custo do investimento mais alto reduzirá o VPL (sem flexibilidade) e assim, fará com que o valor da opção real também se reduza;
- Um maior prazo de expiração permitirá maior conhecimento das incertezas, fazendo com que valor da opção aumente;
- Em um ambiente com flexibilidade gerencial uma maior incerteza gera um maior valor para a opção real;
- Uma elevação da taxa de juros livre de risco aumentará o valor da opção real, uma vez que elevará o valor temporal da vantagem monetária do deferimento do custo do investimento; e
- Os fluxos de caixa perdidos para os concorrentes reduzirão claramente o valor da opção real.

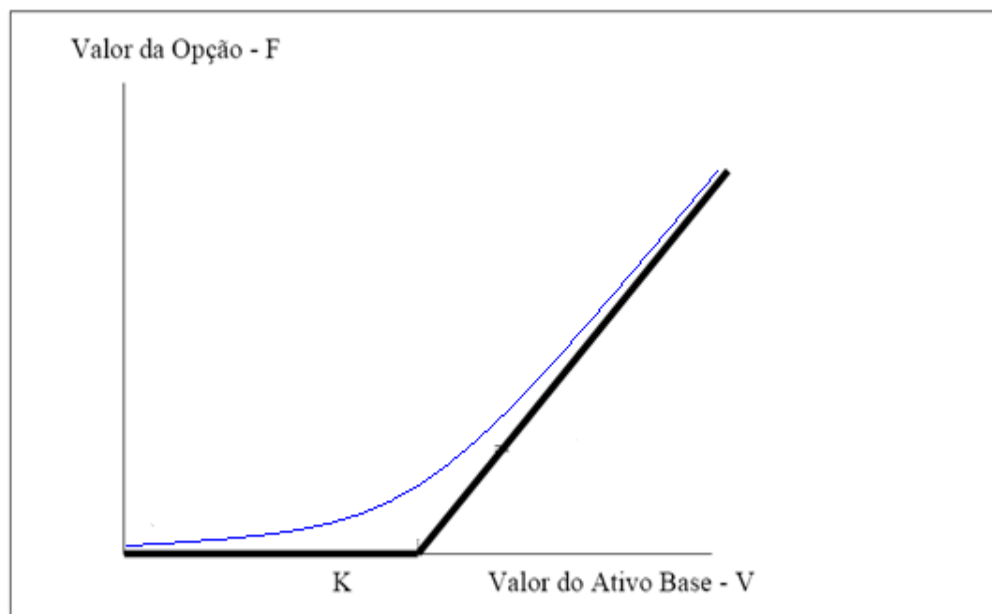
Conforme já foi dito, na concepção das OR, a oportunidade de investir em um projeto é análoga a uma (*call*). Se não houver custo de oportunidade de espera ou dividendos, o detentor pode adiar a decisão de investir até a data de expiração. Diz-se que o investidor racional só exerce a opção se o preço do ativo básico evoluir favoravelmente ao seu exercício. No caso da *call*, ele só exerce se V for maior do que K .

Fazendo a analogia com uma opção real, $(V - K)$ é o valor correspondente ao VPL. De acordo com linha de raciocínio, o valor da opção como é determinado por:

$$F(t = T) = \text{Máx}(VPL, 0) \quad (2.12)$$

Diz-se que no vencimento da opção (prazo de expiração), ela só deve ser exercida se V (valor do projeto no caso da opção real) for maior do que K (investimento, no caso de opção real). Antes da expiração, contudo, a opção tem valor positivo mesmo que o preço do ativo básico seja menor do que K . Isto pode ser explicado devido à presença de incerteza do valor V na data de vencimento:

valor positivo reflete a chance de esta opção se tornar valiosa. Desta maneira, o gráfico da (*call*) antes da expiração é:



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Gráfico 2.3 – Expectativa de exercício da opção antes do vencimento

Apesar de ser possível fazer uma analogia entre opções reais e financeiras, é necessário destacar as diferenças entre as duas. Em primeiro lugar, as opções financeiras são de curto prazo, enquanto que as OR podem ser até perpétuas. Além disso, uma opção financeira deve ter valor superior a zero, enquanto uma opção real pode ter valor negativo. Outra diferença a ser considerada é que em geral, as opções reais são bem mais complexas do que as opções financeiras. As OR podem ser compostas, o valor de exercício pode ser incerto, as firmas podem interagir umas com as outras etc.

No caso de OR, devem-se destacar algumas características que descrevem uma decisão de investimento. Uma delas é a irreversibilidade. Alguns recursos utilizados na execução de um produto são específicos da atividade em questão e, portanto, são intransferíveis. Isto quer dizer que caso tal projeto não possa ser implementado, haverá uma perda de recursos, que não poderão ser reaproveitados. Este fato justifica que a opção de espera seja tão valorizada. Antes de se tomar

uma decisão considerada irreversível, é preciso ter muito cuidado e esperar o tempo que for necessário, porque a opção de espera é reversível.

A flexibilidade de produção embutida nas opções reais permite assim à administração escolher entre os insumos mais baratos, permitindo uma redução de custos de produção. Esta flexibilidade é importante quando a firma direciona a sua estratégia para uma linha larga de produtos.

2.3.3

Principais Tipos de Opções Reais

Existem diversos tipos de opções reais. A seguir, descrever-se-ão, os principais tipos identificados na literatura de opções reais.

2.3.3.1

Opção de Abandonar

A opção de abandonar ou vender um projeto é formalmente equivalente a uma compra de uma opção americana de venda. Trigeorgis (1996) divide esta opção em 2 opções:

- a) Opção de desistir com a construção em curso: Na grande maioria dos projetos, o investimento não se concentra em apenas um único desembolso, executado fase a fase. Nesta situação específica de projetos com despesas de investimento fracionadas ao longo do horizonte temporal, criam-se valiosas opções para desistência em qualquer uma das fases de execução. Associando esse tipo de opção com o tipo de projeto de investimento objeto deste presente trabalho, percebe-se que nos projetos de exploração de reserva de petróleo em que em algum momento quando as reservas ou também o preço do petróleo estiverem baixos, justifica o exercício desse tipo de opção, não justificando assim a continuação.
- b) Opção de abandono pelo valor residual: Caso ocorra um resultado ruim após algum tempo, o tomador de decisão pode decidir abandonar o projeto

e não incorrer nos custos fixos do projeto, realizando o valor de liquidação residual esperado no mercado secundário. Desta forma, o valor esperado de liquidação, ou revenda, do projeto pode ser estendido como o preço de exercício da opção de venda. Em razão do valor de liquidação do projeto situar-se em uma faixa de valor inferior ao valor do projeto, a opção de liquidar tem sua devida significância. Um projeto que pode ser liquidado é mais valioso que o mesmo projeto sem a possibilidade de abandono.

2.3.3.2

Opção de Adiar o Investimento

A Opção de Adiar (Opção de Espera) um projeto por um período determinado dá ao gestor o direito, mas não a obrigação, de efetuar o investimento no próximo período. Essa opção de adiar um gasto com investimentos para desenvolver um empreendimento é formalmente equivalente a uma opção americana de compra. O custo de desenvolvimento esperado pode ser interpretado como o preço de exercício da opção. O resultado líquido operacional menos a depreciação do ativo desenvolvido é o custo de oportunidade incorrido pelo adiamento do investimento. Se este custo de oportunidade for muito alto, o tomador de decisão pode desejar exercer a opção de desenvolver o projeto antes do previsto. Pelo fato de a opção de postergar um investimento proporcionar o direito, e não a obrigação de investir para desenvolver o empreendimento, um projeto que pode ser adiado vale mais do que um projeto sem a flexibilidade de adiar o desenvolvimento.

A Opção de Esperar (aprendizado) resume-se a possuir uma opção de compra sobre o projeto de investimento. A opção é exercida quando a empresa arranca com o projeto, sendo preferível adiar um projeto com VPL positivo como forma de manter viva a opção de compra. Esse adiamento é mais atraente quando a incerteza é grande e os fluxos iniciais do projeto são pequenos. Essa opção é bastante valiosa no contexto de exploração de petróleo em períodos de grande incerteza acerca da economia mundial e da demanda e será o foco desta dissertação. O gráfico abaixo ilustra a situação apresentada acima.

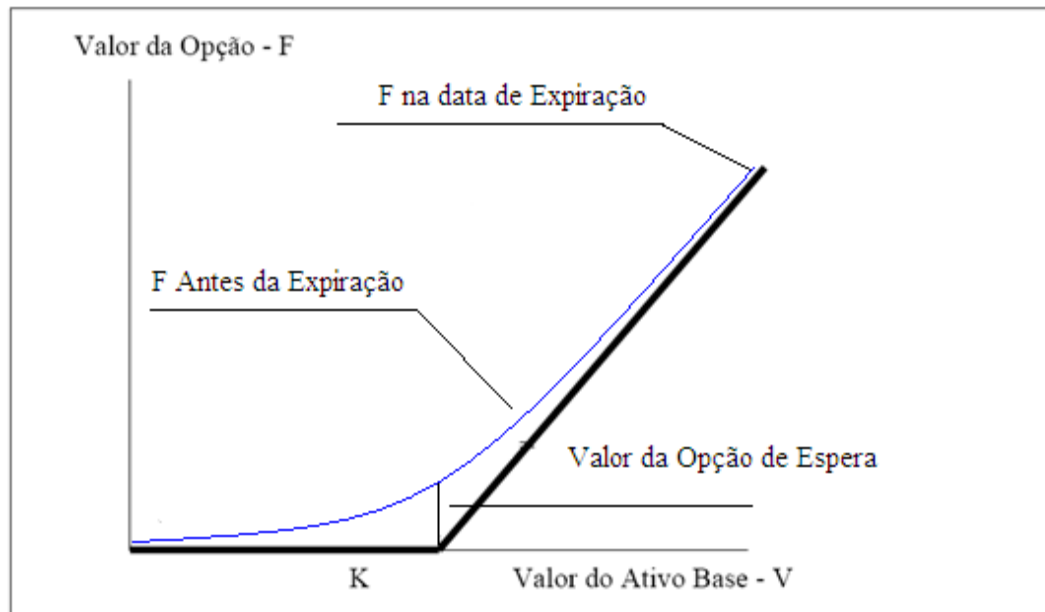


Gráfico 2.4 – Valor da Opção de Espera

2.3.3.3

Opção de Expansão e Contração

A opção de expansão é exatamente o oposto da opção de redução (ou contração). A de expansão é uma opção de compra americana que permite o aumento do investimento ou projeto, mediante novos investimentos num ambiente favorável (quando as condições são melhores do que as esperadas). Já a opção de contração é o direito que se tem de vender parte da capacidade produtiva, de forma a reduzir a escala de operação. Estes dois tipos estão diretamente relacionados com as condições atuais do mercado e o valor esperado dos fluxos de caixa gerados. Por exemplo, se a demanda está superando as expectativas do mercado, a tendência é expandir a capacidade produtiva. Já se está abaixo do esperado, a tendência é reduzir a escala de produção. A opção de expansão pode ser de importância estratégica, pois permite à empresa a possibilidade de explorar possíveis oportunidades de crescimento. Essa opção deverá ser exercida se desenvolvimentos futuros do mercado vir a se tornar favoráveis. Como essa opção concede o direito, mas não a obrigação de fazer investimentos adicionais subsequentes se as condições do projeto forem favoráveis, um projeto que pode ser expandido vale mais do que o mesmo projeto sem a flexibilidade de expansão.

2.3.3.4

Opção de Alternância

A opção de alternar operações de um projeto é de fato uma carteira de opções que consiste tanto em opções de compra quanto de venda. Por exemplo, reiniciar uma operação quando um projeto está temporariamente suspenso, equivale a uma opção americana de compra. Similarmente, encerrar as operações quando condições desfavoráveis surgem é equivalente a uma opção americana de venda. O custo de reiniciar, ou encerrar, operações pode ser visto como o preço de exercício da opção. Um projeto cujas operações possam ser dinamicamente interrompidas e reiniciadas é mais valioso que um que exija continuidade ininterrupta.

Copeland e Antikarov (2001) definem também as opções compostas. Quando uma empresa decide construir uma nova unidade produtiva, esta pode ser construída em etapas. Existe então a opção de parar ou adiar a construção ao fim de cada etapa. Desta maneira, cada etapa é uma opção contingente ao exercício anterior de outras opções.

2.3.3.5

Opção de Fechamento Temporário

Segundo Trigeorgis e Mason, a flexibilidade de fechar a produção temporariamente, ou de não funcionar em 100% de capacidade em algum período da vida útil de um projeto, torna-se valiosa se as receitas não forem suficientes para cobrir os custos variáveis no período. Nesse caso, o gestor pode fechar e arcar somente com os custos fixos ou pode obter a diferença entre as receitas e o total dos custos de financiamento. Sendo assim, a flexibilidade de funcionamento (ou não), pode ser vista como uma opção de compra da receita, ao se pagar os custos variáveis como se fosse o preço de exercício.

2.3.3.6

Opção de Crescimento Futuro

A maior parte dos investimentos iniciais são vistos como um elo de ligação para diversas novas oportunidades de crescimento que poderão ser desencadeadas no futuro. Pode ser comparado a um investimento numa nova tecnologia que pode levar a diversos novos produtos, mercados e novas tecnologias, podendo gerar retornos potenciais tanto financeiros como estratégicos, mesmo com VPL inicial negativo. Pode ser vista como uma opção americana de compra de várias outras opções. Ocorre geralmente quando uma tecnologia pode levar a desenvolvimento de várias linhas de produtos.

As decisões de investimento hoje podem criar a base para decisões de investimento no amanhã: as alterações de capital efetuadas em qualquer ano são passos importantes para realização dos objetivos estratégicos. O planejamento global será composto pelas diversas oportunidades particulares maximizando o capital do acionista.

2.4

Técnicas de Otimização sob Incerteza na Avaliação de Opções Reais

Modelos que contemplam a incerteza têm motivado pesquisas dos melhores economistas e matemáticos por todo mundo. Em 1995, Lucas e Prescott ganharam o prêmio Nobel através do estudo de investimento agregado na indústria sob condições de incerteza utilizando programação dinâmica, mostrando que a abordagem com expectativas racionais para os preços era melhor que com expectativas adaptativas.

As duas principais técnicas matemáticas de modelagem de decisões de investimento sob incerteza são: Programação Dinâmica e (*Contingent Claims*) (ativos contingentes). Tais abordagens são de relevante importância para a teoria de opções reais. Em diversas aplicações, tais técnicas assumem premissas diferentes sobre fatores de mercado como a taxa de desconto dos fluxos de caixa, funções matemáticas utilizando processos (*backward*) e (*forward*) e em diversas vezes o resultado obtido é muito próximo.

2.4.1

Programação Dinâmica

A Programação Dinâmica consiste basicamente num processo de otimização surgido em 1950. Richard Bellman formulou o principal aspecto teórico do método. Tal metodologia apresenta algumas vantagens se comparada a outras técnicas de programação matemática.

Muito utilizada em otimização dinâmica, é bastante importante para o tratamento das incertezas, pois, divide a seqüência de decisões em duas partes. A primeira é uma decisão instantânea e a segunda uma função de avaliação que incorpora os resultados das decisões subseqüentes. Cabe ressaltar que é relevante definir os horizontes de planejamento. Para o horizonte finito é feito um processo (backward), avaliando primeiro a última decisão tomada. A partir dessa avaliação que poderá ser feita por algum método estático de otimização padrão, incorpora-se uma função para a penúltima decisão e assim por diante até chegar a decisão inicial. Já para o horizonte infinito o cálculo é um pouco mais simples. Isso se deve ao fato de cada decisão tomada levar a um problema muito semelhante ao original. Tal peculiaridade facilita a solução e permite uma conotação teórica a solução. Pode-se representar através da equação de Bellman, também chamada de equação fundamental da otimalidade.

$$F_t(x_t) = \max_{u_t} \left\{ \pi_t(x_t, u_t) + \frac{1}{1+\rho} E_t[F_{t+1}(x_{t+1})] \right\}, \text{ onde:} \quad (2.13)$$

X_t : variável de estado no instante t (preço do petróleo, por exemplo);

u_t : variável de decisão no instante t (investir ou esperar, por exemplo);

ρ : taxa de desconto (exógena ao projeto);

$F_t(X_t)$: valor da oportunidade de investimento no instante t;

$\pi(X_t, u_t)$: lucro imediato no instante t;

$E_t(F_{t+1}, X_{t+1})$: valor esperado, na data t, dos fluxos de caixa futuros a partir do instante t + 1. Esta parcela é chamada de valor de continuação.

Uma limitação no uso da programação dinâmica é determinar a taxa de desconto. Esta dificuldade existe porque há um elevado grau de subjetividade quando não se tem um mercado suficientemente completo que permita uma correta definição do risco do projeto. Por este motivo, a programação dinâmica é mais usada em estudos econômicos, com aplicações na teoria do crescimento econômico, em modelos de equilíbrio macroeconômico, na teoria da produção etc.

2.4.2

Ativos Contingentes (*Contingent Claims*)

A abordagem por ativos contingentes requer a existência de um conjunto de mercados suficientemente ricos em ativos de risco. Em algumas ocasiões os ativos objetos não serão negociados diretamente no mercado. Entretanto, pode-se montar uma carteira (formada por outros ativos que são negociados no mercado) que replique o comportamento do ativo ao longo do tempo.

A maioria dos projetos de investimentos é composta por fluxos de custos e benefícios. Desse modo, as empresas que possuem direitos sobre oportunidades de investimentos de um projeto possuem um ativo que tem valor. Num mercado completo, negociam-se ativos de todos os tipos. Se a oportunidade de investimento em questão é negociada neste mercado, ela terá um valor de mercado. O valor da oportunidade de investimento será igual ao valor total desta carteira, pois caso contrário há possibilidade de arbitragem. Uma vez conhecido o valor da oportunidade de investimento, pode-se definir a melhor forma, tamanho e tempo de investimento que leva a este valor, e determinar a estratégia ótima de investimento.

Muito embora esta abordagem apresente fragilidades em suas aplicações, ela evita a necessidade de se estabelecer a taxa de desconto ajustada ao risco, e por isso esta abordagem tornou-se bastante popular na área de finanças. Black & Scholes (1973) utilizaram desse argumento para obter a solução analítica de uma opção europeia e sua demonstração encontra-se no anexo I.