

2 Referencial Teórico

2.1. Avaliações Tradicionais

Existem formas de avaliação de projetos, umas mais simples e outras mais elaboradas, embora todas sejam baseadas no conceito de fluxo de caixa líquido. As mais tradicionais são por Payback, Payback Descontado, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) (Brigham, Ehrhardt, 2001).

A tabela 1 apresenta a estrutura do fluxo de caixa de um projeto em um determinado período (Copeland, 2000):

Receita líquida
(-) Despesas Operacionais
(=) EBITDA
(-) Depreciação e Amortização
(=) EBIT
(-) Imposto de Renda e Contribuição Social
(+) Depreciação e Amortização
(-) Investimentos Permanentes
(-) Δ Capital de Giro
(=) Fluxo de Caixa Livre

Tabela 1 – Modelo de Fluxo de Caixa da Empresa

A avaliação por Payback, a mais simples, consiste apenas em mensurar em quantos anos a soma dos fluxos de caixa gerados em um determinado projeto iguala o capital investido no mesmo.

$$Payback = A + \frac{C}{F}$$

Onde:

A = anos antes da recuperação total

C = custo não recuperado no início do último ano para recuperação total

F = fluxo de caixa durante o último ano para recuperação total

A avaliação por Payback Descontado utiliza o mesmo racional do Payback simples, tendo como única diferença utilizar os fluxos de caixa descontados pelo custo médio ponderado de capital.

Os dois métodos citados acima indicam se um projeto é melhor do que outro se baseando apenas no tempo de retorno. No entanto, eles possuem uma grande deficiência, que consiste em não avaliar o projeto depois do *break even*, ponto em que a soma dos fluxos de caixa (descontando ou não, dependendo da metodologia aplicada) se equivalem ao capital investido.

O custo médio ponderado de capital (*weighted average cost of capital* – WACC) do projeto ou empresa é aquele que remunera todas as fontes de capital envolvidas nos mesmos, de forma ponderada. Ou seja, contempla tanto a dívida levantada para o projeto ou empresa quanto o capital próprio desprendido. A equação para o WACC é a seguinte:

$$WACC = K_e \times \frac{CP}{V} + K_d \times (1 - T) \times \frac{D}{V}$$

Onde:

K_e = custo do capital próprio

K_d = custo do capital de terceiros

CP = parcela de capital próprio

D = parcela de capital de terceiros

T = alíquota marginal de impostos

V = valor do projeto ou empresa

A alíquota marginal de impostos (T) tem como objetivo capturar o benefício fiscal do endividamento, ou seja, ao se endividar, uma empresa pode se beneficiar do pagamento de juros da dívida para pagar menos impostos.

A avaliação por VPL, a mais utilizada nos dias de hoje, consiste em somar os fluxos de caixa gerados pelo projeto descontados pelo custo de capital do

mesmo. Assim, se o VPL for positivo, se aceita o projeto e, no caso de comparação de mais de um projeto, assume-se como o mais atrativo o que possuir maior VPL. A equação para o VPL é a seguinte:

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t}$$

Onde:

FC_t = fluxo de caixa líquido esperado no período t

k = custo de capital do projeto

n = período de vida do projeto

A avaliação por TIR consiste em igualar a zero a soma dos fluxos de caixa descontados, ou VPL, a certa taxa (a própria Taxa Interna de Retorno). Desta forma, quanto maior for esta taxa de desconto, mais atrativo é o projeto.

$$FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

Onde:

FC_t = fluxo de caixa líquido esperado no período t

n = período de vida do projeto

A avaliação por TIRM possui um racional próximo ao da avaliação por TIR, no entanto, ela reinveste o fluxo de caixa gerado pelo projeto no próprio projeto, a uma taxa de desconto pré-definida e depois iguala à zero a soma dos fluxos de caixa gerados pelo projeto descontados a certa taxa (TIRM).

$$CPV = \frac{VT}{(1+TIRM)^n}$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{FSC_t}{(1+k)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n FEC_t (1+k)^{n-t}}{(1+TIRM)^n}$$

Onde:

CPV = custo do valor presente dos desembolsos dos investimentos

VT = valor terminal do CPV

FSC = fluxos de saída de caixa (custo do projeto)

FEC = fluxos de entrada de caixas

k = custo de capital do projeto

n = período de vida do projeto

As avaliações apresentadas possuem seus prós e contras, porém, uma característica comum a todas elas é que não consideram incertezas e flexibilidade gerencial, fatores estes que podem mudar a conclusão investir ou não em um determinado projeto.

2.2.Opções Financeiras

Uma opção é um contrato que dá a seu detentor o direito de comprar ou vender um ativo específico por um preço pré-determinado em uma determinada data ou antes dela (Brigham, Ehrhardt, 2001).

Os quatro tipos mais comuns de opções são (Hull, 2012):

- Opção de venda (*put*) americana: dá a seu detentor a opção de vender determinado ativo a um preço estipulado em qualquer momento até a data do vencimento
- Opção de venda (*put*) europeia: dá a seu detentor a opção de vender determinado ativo a um preço estipulado apenas na data do vencimento
- Opção de compra (*call*) americana: dá a seu detentor a opção de comprar determinado ativo a um preço estipulado em qualquer momento até a data do vencimento
- Opção de compra (*call*) europeia: dá a seu detentor a opção de comprar determinado ativo a um preço estipulado apenas na data do vencimento

Alguns dos principais termos relacionados às opções são apresentados a seguir:

- Exercício da opção: ato de comprar ou vender o ativo relacionado no contrato

- Preço de exercício (ou preço strike): preço declarado no contrato de opção no qual a ação pode ser comprada ou vendida
- Data de vencimento: data para o detentor exercer ou não a opção no caso de uma opção americana ou data limite no caso de uma opção europeia. Após esta data a opção expira e não pode ser mais exercida.
- Prêmio: Valor para se adquirir o direito de exercer uma opção

Na data limite de seu exercício a opção pode estar “dentro do dinheiro” (significando que, se exercida, geraria um fluxo de caixa positivo, portanto é exercida), “no dinheiro” (significando que, se exercida, geraria um fluxo de caixa zerado, portanto não é exercida) ou “fora do dinheiro” (significando que, se exercida, geraria um fluxo de caixa negativo, portanto não é exercida) (Hull, 2012).

Segundo Copeland (2000), o preço de uma opção é função de cinco variáveis:

- O preço do ativo em questão
- O preço de exercício
- O prazo de vencimento da opção
- A variância do ativo em questão
- A taxa livre de risco

Fator	Efeito sobre o valor da Call	Efeito sobre o valor da Put
Aumento do valor do ativo	Aumenta	Diminui
Aumento do preço do exercício	Diminui	Aumenta
Aumento do prazo de vencimento	Aumenta	Aumenta
Aumento da volatilidade	Aumenta	Aumenta
Aumento das taxas de juros	Aumenta	Diminui

Tabela 2 – Efeitos Sobre o Valor das Opções

Fonte: Damodaram, 2002

2.2.1. Modelo de Black & Scholes

O modelo de precificação desenvolvido por Fischer Black e Myron Scholes em 1973 ajudou a desenvolver o rápido crescimento nas negociações de opções (Brigham, Ehrhardt, 2001).

A derivação do modelo de Black & Scholes parte do princípio de um hedge sem risco, seguindo os seguintes pressupostos:

- A ação referente da opção não recebe dividendos durante toda a vida da opção
- Não há custos de transação nem impostos na compra ou venda de opções ou ações
- A taxa livre de risco é conhecida e constante durante toda a vida da opção
- O preço da ação acompanha um movimento estocástico com média e variância constantes
- A venda a descoberto é permitida
- A opção de compra é exercida somente na sua data de expiração (opção “européia”)
- Não há oportunidades de arbitragem sem risco

O modelo de Black & Scholes consiste nas seguintes equações:

$$c = S N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2)$$

$$p = K e^{-rt} N(-d_2) - S N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Onde:

c = valor corrente da opção européia de compra (*call*)

p = valor corrente da opção européia de venda (*put*)

$N(d_i)$ = função de probabilidade de que ocorra um desvio menor que d_i em uma distribuição padrão normal

S = preço da ação

K = preço de exercício da opção

$e = 2,7183$

r = taxa de juros livre de risco

t = tempo até que a opção expire (período da opção)

$\ln(S/K)$ = logaritmo natural de S/K

σ^2 = variância da taxa de retorno da ação

2.2.2. Modelo Binomial

Uma técnica muito utilizada para a precificação de opções é o modelo binomial, especialmente por possuir menor complexidade matemática que o modelo de Black & Scholes. A abordagem desenvolvida por Cox, Ross e Rubinstein (1979) apresenta os diferentes caminhos que o preço de um ativo pode seguir durante a vida de uma opção do mesmo e a precificação pelo diagrama (discreta) se aproxima da precificação pelo modelo de Black & Scholes (contínua) na medida em que o número de intervalos aumenta.

Partindo dos pressupostos de que não há arbitragem e que em um determinado período de tempo o preço da ação só pode seguir dois caminhos específicos, para cima com razão u e probabilidade p ou para baixo com razão d e probabilidade $(1 - p)$, o modelo binomial apresenta as vantagens de não se limitar a opções europeias, podendo ser exercida nos diversos períodos determinados antes de sua data de expiração, nem se limitar a ações que não pagam dividendos.

O diagrama de dois passos é apresentado na figura 1:

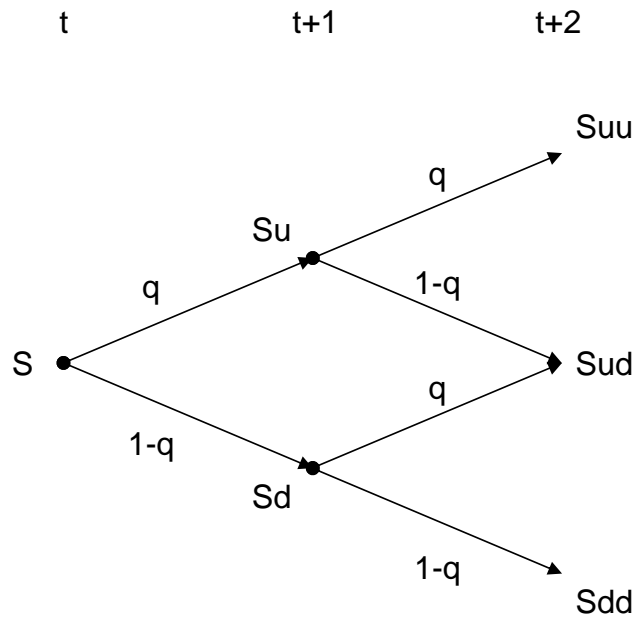


Figura 1 – Modelo Binomial de Dois Passos

Fonte: Hull, 2012

Onde:

S = preço da ação

t = período de tempo

u = taxa de crescimento do valor da ação

d = taxa de decrescimento do valor da ação

q = probabilidade do preço da ação subir

Os valores das razões u e d e a probabilidade de subida de preço q podem ser encontradas a partir das equações abaixo:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$q = \frac{e^{\mu\Delta t} - d}{u - d}$$

Onde:

μ = taxa de desconto ajustado ao risco

Como é padrão no aprecio de opções, usaremos a medida neutra a risco onde $p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$ e r é a taxa livre de risco.

2.3. Teoria das Opções Reais

Conforme observado no dia a dia das organizações, a maioria dos projetos que demandam investimentos envolvem opções. Estas opções podem adicionar um valor considerável aos projetos e são frequentemente ignorados pelos administradores. Uma opção real é o direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação executiva por um custo pré-determinado e por um período pré-estabelecido (Dixit e Pindyck, 1994). As principais opções gerenciais que podem ser valoradas nos projetos são:

Opção de abandono: Esta é uma opção de vender ou fechar totalmente um projeto. É equivalente a uma opção de venda americana (*put*) em que seu preço de *strike* é o valor da venda do projeto menos os custos termina-lo. Nos casos em que os resultados gerados por um projeto ficam abaixo do preço de *strike* o gestor do projeto pode optar por se desfazer do mesmo, portanto, opções de abandono podem minimizar os resultados muito baixos de um determinado investimento e aumentar o valor inicial de um projeto.

Opção de expansão: Esta é uma opção de fazer mais investimentos no futuro e aumentar os resultados do projeto se as condições forem favoráveis. É comparável a uma opção de compra americana (*call*) onde o custo de exercício é o investimento previsto. Este preço de *strike* geralmente depende do investimento feito no início do projeto, pois se este for já superdimensionado (acima do mínimo necessário para geração dos resultados esperados) o preço de exercício pode ficar relativamente pequeno.

Opção de contrair: Esta opção reduz a escala de operação de um projeto. Assim como a opção de abandono, esta opção também pode ser comparada a uma *put* americana em que o decisor do projeto pode reduzir os investimentos futuros no mesmo caso os resultados gerados inicialmente pelo projeto forem abaixo do esperado. Neste caso, o preço de *strike* da opção é equivalente ao valor presente dos investimentos futuros poupados no momento em que for exercida.

Opção de adiar: Esta opção permite que seu decisor possa adiar o investimento/início de um projeto se julgar que a situação não seja oportuna e pode ser comparada a uma opção americana de compra.

Opção de estender: Esta é a opção de aumentar a vida de um projeto se for identificado que o valor do montante adicional desembolsado para esta prorrogação seja menor que o valor presente dos retornos esperados e é equivalente a uma opção de compra (*call*) europeia.

Portanto, é possível fazer uma analogia entre Opções Financeiras e Opções Reais, conforme ilustrado na tabela 3.

Opções Financeiras	Opções Reais
Opção de compra (<i>call</i>)	Opção de investir/expandir
Opção de venda (<i>put</i>)	Opção de abandono
Valor da ação	Valor presente do projeto
Preço de exercício	Valor presente do investimento
Volatilidade da ação	Volatilidade do projeto
Dividendos	Fluxo de caixa do projeto

Tabela 3 – Opções Financeiras vs. Opções Reais

Segundo Trigeorgis (1988), o valor total de uma oportunidade de investimento corresponde à equação a seguir:

$$VPL = VPL' + \text{Valor das opções}$$

Onde:

VPL' = Valor presente líquido sem flexibilidade gerencial

Para aplicar a metodologia é necessário estimar a volatilidade do projeto, onde serão concentradas todas as incertezas do projeto. Assim, segue-se uma abordagem de quatro passos proposta inicialmente por Copeland e Antikarov (2003) e ajustada por Brandão, Dyer E Hahn (2005), conforme a descrição a seguir.

Primeiro, determina-se o Valor Presente do projeto através das ferramentas tradicionais de fluxo de caixa, descontando-os ao custo médio ponderado de capital (*WACC*) da empresa ou do projeto. Nesta etapa não é considerada nenhuma flexibilidade gerencial ou opções existentes no projeto.

No segundo passo são modeladas incertezas, definindo quais são as principais variáveis que afetam o fluxo de caixa do projeto e seus processos estocásticos. Estes parâmetros podem ser definidos através de dados históricos ou, caso não existam dados históricos, por estimativas de especialistas do setor. Em seguida, utiliza-se a simulação de Monte Carlo para determinar a distribuição de retorno do projeto e, conseqüentemente, sua volatilidade. Cada simulação gera um conjunto de fluxos de caixa e, a partir destes, determina-se o valor pré-dividendo do projeto ao final do primeiro período, definindo a taxa de retorno do projeto a partir da equação abaixo:

$$v = \ln(\tilde{V}_1 / \bar{V}_0)$$

Onde:

v = taxa de retorno do projeto

\tilde{V}_1 = valor pré-dividendo do projeto ao final do primeiro período (com os processos estocásticos)

\bar{V}_0 = valor presente do projeto

Como a simulação de Monte Carlo gera a média e desvio padrão da taxa de retorno do projeto podemos verificar a confiabilidade da simulação checando se a taxa de desconto esperada (*WACC*) se iguala à equação abaixo:

$$\mu = v + \sigma^2/2$$

Onde:

μ = taxa de retorno esperada

v = taxa de retorno do projeto

σ = volatilidade do projeto

Nesta etapa, Brandão, Dyer e Hahn (2005) propõem um ajuste no modelo de Copeland e Antikarov (2003) no que se refere à modelagem do valor presente ao final do primeiro período do projeto, sugerindo que o método inicial superavaliaria a volatilidade do mesmo. O ajuste sugere uma definição para a taxa de retorno do projeto v que abranja apenas as incertezas do primeiro período do projeto.

No terceiro passo, após definido o processo estocástico do valor do projeto, modela-se as opções pelo método binomial através de uma árvore de decisões, mapeando as principais decisões gerenciais a serem tomadas nos nós das árvores de evento.

O quarto e último passo é composto por avaliar os retornos da árvore de decisões obtidos utilizando probabilidades neutras a risco e taxa livre de risco para descontar os fluxos de caixa gerados.

O método de avaliação por opções reais, apesar de servir como uma alternativa mais completa às avaliações tradicionais, apresenta algumas limitações e fragilidades. Amran e Kulatilaka (2000) (apud Brandão – 2006) exemplificam algumas destas fragilidades, listadas abaixo:

Correlação entre as opções: quando uma companhia detém um conjunto de opções é possível que elas sejam dependentes entre si e a soma de seus exercícios individualmente não é equivalente ao exercício das opções correlacionadas de forma conjunta.

Ausência de histórico: quando se trata de um produto ou tecnologia inédita no mercado não existe histórico de preço ou comportamento, dificultando a projeção dos mesmos.

Falhas nas premissas: a consideração de premissas que não reflitam a realidade da dinâmica do mercado pode trazer resultados muito distorcidos ao modelo, inutilizando-o como ferramenta de apoio à decisão.

Ausência de liquidez: dependendo do ativo em questão, existe a possibilidade de ausência de liquidez, tornando algumas opções inviáveis.

Exercício não instantâneo: mesmo que o ativo em questão tenha liquidez, o exercício da opção pode não ser imediato à sua decisão por fatores externos (questões regulatórias, questões burocráticas, etc...).

2.4.Revisão da Literatura

A literatura sobre a aplicação das opções reais no Brasil, especialmente ligada a projetos de telecomunicações, apesar de recente já é bastante extensa, visto que geralmente a metodologia é aplicada em situações que apresentem necessidade de grandes investimentos e muitas incertezas mercadológicas, além

de, claro, flexibilidade gerencial – características típicas do setor. Alguns exemplos estão listados a seguir.

Teixeira (2010) analisou a banda de frequência WiMAX ofertada em um leilão brasileiro em 2006 utilizando a teoria das opções reais, indicando que as flexibilidades gerenciais embutidas no projeto agregavam um valor significativo ao mesmo e que não é capturado pelos métodos tradicionais de avaliação, sugerindo que empresas que investem nesta categoria de projetos podem estar, por muitas vezes, subestimando o valor dos projetos e tomando decisões não ótimas ao utilizar exclusivamente a metodologia de fluxo de caixa descontado.

Brandão (2006) avaliou a aquisição de uma empresa de transmissão de dados brasileira – a Pégasus – pela maior empresa de telecomunicações da América do Sul da época – a Telemar – fazendo uso da metodologia de Copeland e Antikarov (2003). A análise por opções reais permitiu identificar significativo aumento no valor da compra, então avaliada com a metodologia tradicional de fluxo de caixa descontado desconsiderando flexibilidades gerenciais, quando consideradas as opções de expansão e de abandono da mesma.

Stille (2010) estudou a licitação de frequências 3G realizadas em um leilão brasileiro em 2007 buscando justificar o alto ágio pago pelas operadoras de telefonia, que superavam o valor encontrado através da avaliação tradicional por fluxo de caixa descontado. Baseando-se no uso de árvores binomiais e programação dinâmica ao considerar as flexibilidades embutidas na aquisição das bandas de frequência conforme abordado pela teoria das opções reais, foi possível encontrar diferenças superiores a 64% entre estas avaliações e os valores presentes líquidos, o que poderia justificar os altos valores desprendidos pelas operadoras.

Martins Teixeira (2009) utiliza opções reais e teoria dos jogos como base de decisões estratégicas em empresas do setor de telecomunicações a partir de um modelo discreto proposto por Imai e Watanabe (2005), considerando um jogo de múltiplos estágios com duas firmas (uma líder e uma seguidora) sob um processo trinomial multiperíodo. A partir da premissa de que ambas as empresas já atuam no mercado e pretendem expandir a partir de investimentos em uma nova tecnologia, o modelo propõe identificar a estratégia de investimento ótima para a empresa líder.

Apesar do grande volume de publicações referentes à utilização de opções reais no setor de telecomunicações, não foi encontrada nenhuma parecida com o

trabalho atual, onde por natureza do próprio problema em questão, a avaliação dos lotes ofertados no leilão LTE, uma opção real é apresentada como regra do leilão – o vencedor de um lote regional de complemento tem a opção de compra de seu núcleo.