

## 8

### **Análise utilizando a teoria das opções reais**

Uma opção é um derivativo (aquele cujo fluxo de caixa depende funcionalmente de um outro ativo, chamado de ativo base) escrito sobre um ativo base. Quando se compra uma opção adquire-se um direito (de comprar ou vender um ativo  $V$ , por um determinado valor  $K$ , até certa data  $T$ ), mais não uma obrigação de se executar uma ação no futuro. As opções são avaliadas quando existem incertezas em relação ao preço do ativo base e em relação ao período que pode ser exercida (no caso de uma opção americana) .

O comportamento das opções reais é visto como uma extensão da teoria das opções financeiras. As opções financeiras são detalhadas no contrato, enquanto que as opções reais são vistas em estratégias de investimento.

As principais diferenças entre as opções reais e as financeiras são as seguintes:

- Em opções financeiras o tempo de expiração é geralmente de curto prazo (menor do que 1 ano) e as opções reais podem ser até perpétuas.
- Outra diferença é tempo de construção do bem real (que não existe em opções financeiras, e existe em opções reais).
- A regra de decisão (se exerce ou não a opção) é muito mais importante em opções reais do que em opções financeiras. Ativos financeiros, tais como as ações, não podem ter valores negativos, já um projeto pode ter valor negativo, por último.
- As opções reais são mais complexas que as financeiras: preço de exercício pode ser incerto, é comum haver opções reais compostas, presença de incertezas técnicas além da incerteza de mercado, e interações estratégicas com outras firmas.

A tabela a seguir faz uma comparação entre opções financeiras de compra de ações e opções reais, para projetos de investimento.

Opção Financeira	Opção Real
Preço da Ação	Valor do Projeto (V)
Preço de Exercício da Opção	Custo de Investimento do Projeto (I)
<i>Stock Dividend Yield</i>	Fluxos de Caixa gerados pelo Projeto (V)
Taxa livre de Risco	Taxa livre de Risco (r)
Volatilidade da Ação	Volatilidade do Valor do Projeto ( $\sigma$ )
Tempo de Expiração da Opção	Tempo de expiração da Oportunidade de Investimento(T)

**Tabela 8.1:** Opção Real x Opção Financeira

Fonte: elaboração própria

Toda negociação feita com opções é uma *call option* ou uma *put option*.

O proprietário de uma *call option* tem o direito de comprar um determinado ativo a um preço específico (chamado de preço de exercício), dependendo de quando o proprietário pode exercer esse direito, essa opção de compra será americana ou européia.

A opção americana permite ao proprietário exercer a opção em qualquer data antes da expiração ou na própria expiração, já na opção européia o proprietário só pode exercer a opção na data de expiração. Ou seja, a opção americana é mais valiosa do que a européia porque pode fazer tudo que está pode e mais alguma coisa. Somente na data de expiração a opção americana tem o mesmo valor que a opção européia.

O fato de que em uma opção européia o detentor da mesma só pode exercê-la em uma data específica e na opção americana ele pode vir a exercê-la em qualquer data antes da expiração, faz com que o detentor da opção americana possuía um problema adicional: decidir qual é a data ótima de exercício da opção.

No caso de uma opção européia, que só pode ser exercida na data de expiração, o problema é mais fácil de ser solucionado uma vez que só precisamos saber o valor do ativo base na data de expiração. Uma solução para a precificação

desse tipo de opção foi dada pela equação de Black & Scholes & Merton (B&S&M), que fornece o valor de uma opção de compra antes do vencimento.

No caso de opções americanas, que podem ser exercidas em qualquer momento antes da expiração, o problema é bem mais complexo. A metodologia empregada é a Simulação de Monte Carlo. Para usar este método precisamos saber previamente as distribuições de entradas (*inputs*), sendo assim é necessário saber qual o melhor **processo estocástico** que representa seu comportamento. Também precisamos saber a relação entre as variáveis de entrada e as de saída.

### 8.1.

#### As Opções Reais e o Valor da Flexibilidade Gerencial

Na prática de investimentos, uma das diferenças importantes de OR e o método tradicional do VPL clássico, é que OR incentiva a realização de investimentos por fases, pois valoriza a aprendizagem entre elas. A informação obtida numa fase serve para decidir otimamente sobre o projeto da fase subsequente. O VPL clássico não valoriza esse efeito, enquanto que OR o faz. Além disso, o investimento em fases é visto nas empresas como mais prudente do que uma aposta alta num projeto ignorando a incerteza e o valor do aprendizado.

Esta flexibilidade nas decisões gerenciais tem sempre um valor positivo e é importante saber valorá-la.

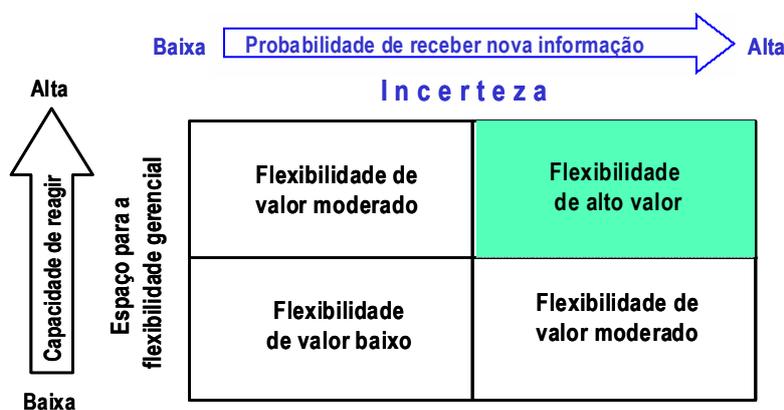
Um bom exemplo é o do veículo que pode usar dois combustíveis: um veículo que é capaz de utilizar dois combustíveis (**álcool** ou **gasolina**) é mais flexível e, portanto, de valor mais alto que um veículo que só pode usar um combustível. Porém o custo adicional (acrescentado no preço do veículo) da possibilidade de alternar os combustíveis poderia ser maior que o valor da capacidade de alternância que o cliente usufruiria na prática, sendo que nesse caso seria preferível ficar com o veículo com motor mais simples, mais barato, que utiliza só gasolina. Assim sendo, só o fato de possuir flexibilidade não necessariamente acrescenta valor ao projeto, o importante é saber quantificá-la e comparar o custo desta flexibilidade com os retornos adicionais que gerará.

As opções reais terão um maior valor quando se combinam três fatores:

- A incerteza (que podem ser de mercado, técnica ou em relação aos outros *players*),

- A flexibilidade (para reagir à incerteza) e,
- Um VPL sem flexibilidade próximo de zero.

A figura a seguir apresenta como estes três fatores interagem no valor de um projeto.



**Figura 8.1:** Quando a flexibilidade gerencial é valiosa  
(Fonte: Copeland e Antikarov (2001))

Com um VPL alto a maioria das opções que oferecem flexibilidade terão pouca probabilidade de serem exercidas e, portanto, terão baixo valor relativo. Por outro lado, se o VPL for muito negativo, nenhuma flexibilidade será capaz de salvar o projeto. Só quando o VPL se encontra próximo de zero, não sendo óbvio se o projeto é bom o ruim (quadro sombreado da figura), é que o valor adicional da flexibilidade para mudar de rumo faz grande diferença.

## 8.2. Opção de adiar o investimento

O estudo realizado nesta tese calcula o valor da opção de adiar o investimento para os dois regimes de taxaço. Para o de concessão consideram-se as características vigentes no regime do Brasil até 2010, e para o de partilha as características vigentes na Indonésia. O objetivo desta análise é identificar e analisar o impacto que a opção tem sobre a decisão do investidor particular.

Caso o investidor identifique que na data presente, 2013, o campo não é viável economicamente ( $VPL < 0$ ), ele possui a opção de adiar o investimento durante cinco anos, até 2018. Na data de expiração da opção será feita uma nova análise da viabilidade econômica do campo, e novamente o investidor vai tomar a

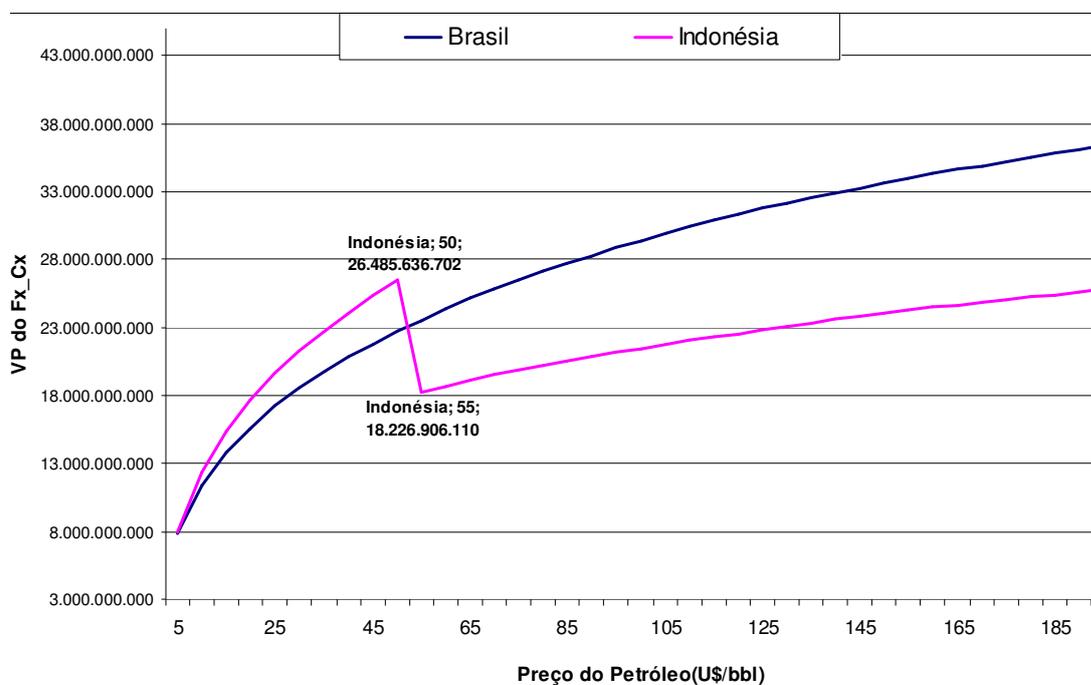
decisão de investir ou não. O estudo considera que a opção de adiar o investimento é europeia.

O primeiro passo no cálculo do valor da opção é calcular o valor presente do fluxo de caixa (sem descontar o valor do investimento) gerado pelo campo. Para tal o preço do petróleo foi simulado considerando-se vários preços iniciais: o preço mais baixo considerado foi U\$ 5,00 /bbl e o preço mais alto U\$ 195 / bbl, e o valor dos preços simulados foram aumentando de U\$ 5,00 /bbl. Ou seja, foram calculados 39 valores de fluxos de caixa para cada país.

Os parâmetros utilizados do modelo são:

1. Média de longo prazo: U\$ 55,00.
2. Velocidade de reversão: 0,11.
3. Volatilidade: 15,67 %.
4. Preço inicial do petróleo variando entre: U\$ 5,00/ bbl - U\$ 195,00/ bbl.
5. Foram simulados 5.000 caminhos para os preços.

No gráfico abaixo pode-se verificar o valor presente dos fluxos de caixa (VP\_Fx\_Cx) gerados nos dois países para os diversos valores do preço de petróleo simulados.



**Figura 8.2:** VP\_Fx\_Cx – Brasil, Indonésia\_U\$ 55,00

Fonte: Elaboração própria

No regime da Indonésia existem duas fases: *cost* e *profit oil*. A fase do *cost oil* é destinada à recuperação do investimento realizado pelo investidor particular. Após a recuperação destes custos inicia-se a fase do *profit oil*, aonde o governo começa a receber a sua parte da remuneração.

Para preços iniciais do petróleo muito baixos (abaixo de U\$50,00/bbl) o governo não entra na fase do *profit oil*, nestes casos o valor presente dos fluxos de caixa da Indonésia fica maior do que para os casos em que o preço fica acima desse valor. A partir no momento em que começa a fase do *profit oil* (preços acima de U\$ 55,00) o valor do fluxo de caixa tem uma queda passando a ficar abaixo do valor do Brasil. Esta análise é identificada pelo ponto de quebra no gráfico do valor presente no fluxo de caixa da Indonésia. Ou seja, quanto mais rápido o campo entra na fase do *profit oil* menor fica o valor do fluxo de caixa.

Partindo de um preço inicial de U\$ 55,00 e com uma média de longo prazo no valor de U\$ 55,00 o governo demora cerca de 12 anos para entrar na fase de *profit oil*.

No caso do Brasil o gráfico do valor presente do fluxo de caixa é contínuo, para valores maiores do petróleo maior será o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo campo.

O segundo passo é fazer uma simulação neutra ao risco do preço do petróleo e identificar o preço vigente no ano de 2018, ano em que o investidor tem que decidir se exerce a opção de investir ou não. A equação de simulação neutra ao risco utilizada foi:

$$P(t) = \exp \left\{ \left[ \ln(P_{(t-1)}) \right] \exp [-\eta \Delta t] + \left[ \ln(\bar{P}) \frac{\mu - r}{\eta} - (1 - \exp[-\eta \Delta t]) \right] - \right. \\ \left. \left[ (1 - \exp[-2\eta \Delta t]) \frac{\sigma^2}{4\eta} + \sigma \sqrt{\frac{1 - \exp[-2\eta \Delta t]}{2\eta}} N(0,1) \right] \right\} \quad \text{eq. (28)}$$

Fonte: (Fonte: <http://www.puc-rio.br/marco.ind>).

A diferença entre a equação (19) e a (28) é o termo:  $\frac{(\mu - r)}{\eta}$ .

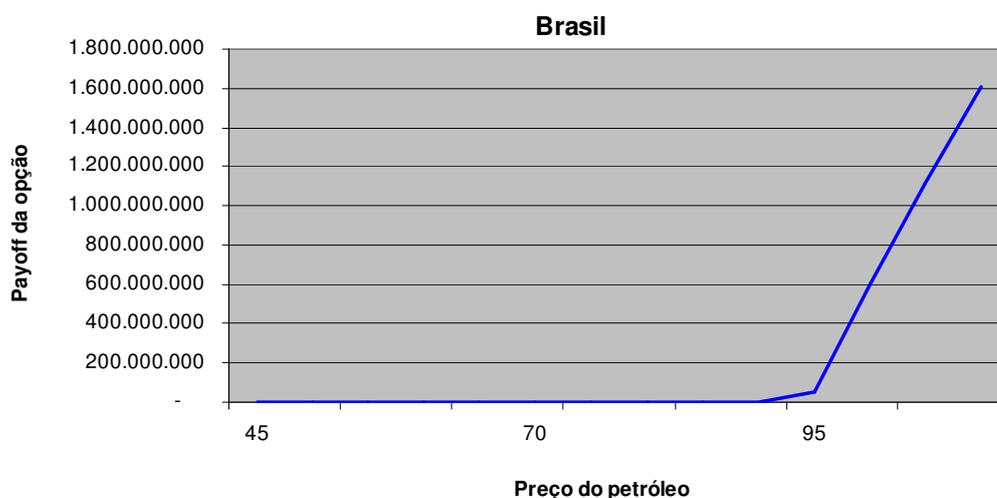
Onde:

1.  $\mu$  representa a taxa de desconto ajusta ao risco: 9,18 % a ano.
2.  $r$  representa a taxa de desconto livre de risco: 5 % ao ano.

Uma simplificação do modelo foi considerar o valor do investimento fixo entre os cinco anos: U\$ 28.800.000.000,00 (custo de U\$ 7,20 /bbl).

O *payoff* da opção na data de expiração é: **Máximo (VP\_Fx\_Cx - Inv; 0)**.

O gráfico abaixo representa o *payoff* para o caso do Brasil.



**Figura 8.3:** *Payoff* da opção\_Brasil - U\$ 55,00

Fonte: Elaboração própria

Os *payoffs* da opção (5.000) foram colocados em ordem crescente. Para valores simulados de preço inferiores a U\$ 90,00 a opção não é exercida. Para valores superiores a este a opção passa a possuir valor.

O terceiro passo é trazer a valor presente, usando a taxa de desconto livre de risco, a média dos 5.000 valores encontrados no segundo passo.

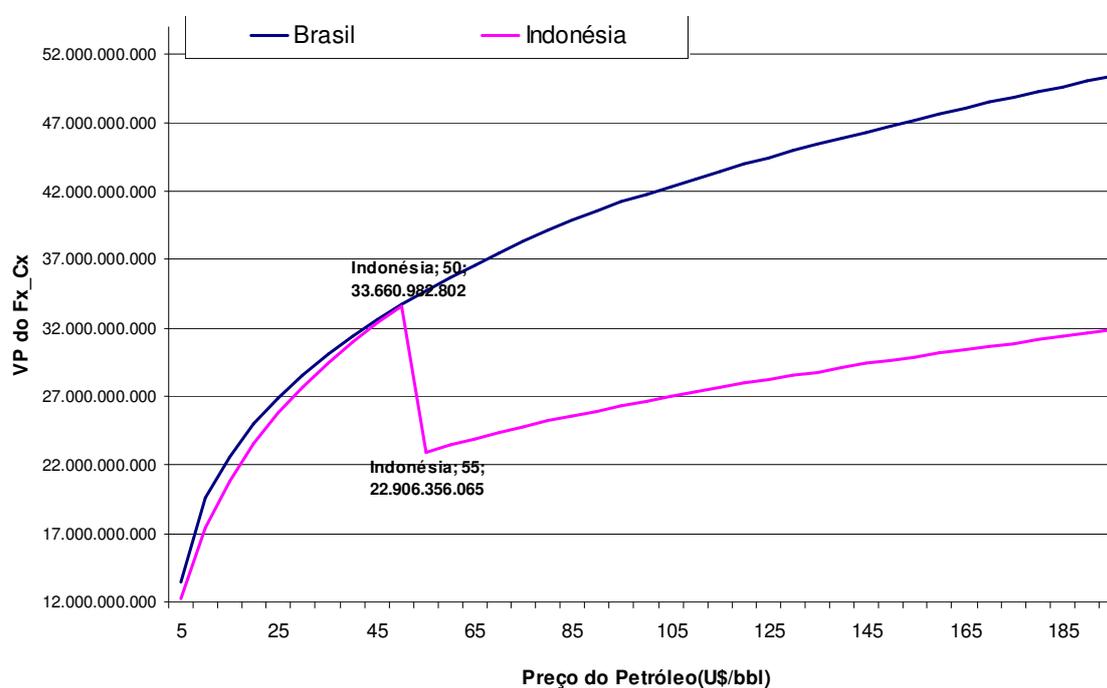
Para o caso do Brasil o valor da opção de adiar o investimento é U\$ 1.004.024,91, e no caso da Indonésia é U\$ 0,00.

Uma análise de grande importância é o impacto sobre o valor da opção de adiar o investimento quando o governo entra na fase do *profit oil*. Nesta fase o valor presente do fluxo de caixa sofre uma queda, fazendo com que no caso da Indonésia a opção não possua valor. O contrário ocorre no caso do Brasil, como o valor presente dos fluxos de caixa é contínuo e aumenta conforme o preço inicial

de simulação do petróleo aumenta, para preços simulados a partir de U\$ 95,00 a opção apresenta valor.

Uma análise de sensibilidade foi feita em relação à média de longo prazo do preço do petróleo. O mesmo cálculo foi feito considerando uma média de longo prazo no valor de U\$ 80,00/bbl. Os demais parâmetros do modelo não foram alterados.

O gráfico abaixo contém os valores presentes dos fluxos de caixa (VP\_Fx\_Cx) gerados nos dois países para os diversos valores do preço de petróleo simulados.



**Figura 8.4:** VP\_Fx\_Cx – Brasil, Indonésia\_U\$ 90,00

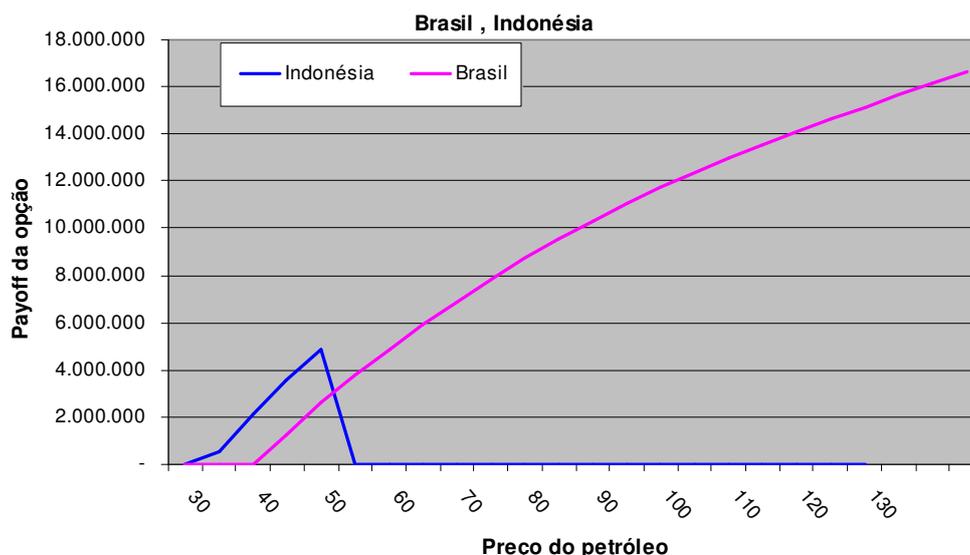
Fonte: Elaboração própria

Com uma média de longo prazo maior, ou seja, o preço tendo uma tendência de alta, o valor presente do fluxo de caixa do Brasil fica acima do da Indonésia.

Pode-se mais uma vez observar o ponto de quebra no caso da Indonésia indicando o início da fase do *profit oil*.

Neste caso o governo demora cerca de 10 anos para entrar na fase do *profit oil*, também partindo de um preço inicial de U\$ 55,00. Dois anos a menos do que no caso anterior.

O gráfico abaixo representa os valores dos *payoffs* da opção para os dois países.



**Figura 8.5:** *Payoff* da opção\_Brasil, Indonésia - US\$ 80,00  
 Fonte: Elaboração própria

Os valores do *payoff* (5.000) foram colocados em ordem crescente no gráfico para uma melhor análise do impacto da entrada na fase do *profit oil* no caso da Indonésia, e no caso do Brasil da continuidade no valor presente do seu fluxo de caixa.

No caso do Brasil para valores maiores do petróleo maior é o valor presente do fluxo de caixa gerado pelo campo, com isso maior vai ser o valor da opção.

A Indonésia apresenta valores positivos para o *payoff* antes de entrar na fase do *profit oil*, ou seja, para valores simulados do preço do petróleo inferiores a US\$ 55,00. Quando o país entra nesta fase o valor presente do fluxo de caixa reduz consideravelmente.

Seguindo os passos citados acima o valor da opção de adiar o investimento no caso do Brasil é US\$ 5.761.224.391 e na Indonésia é US\$ 486.732.194.

Para o Brasil a opção de adiar o investimento possui valor para as duas médias de longo prazo consideradas e no caso da Indonésia só possui valor quando a média de longo prazo é US\$ 80,00. O que ocorre por causa da queda no valor presente dos fluxos de caixa deste país quando o governo entra na fase do *profit oil*. Sendo assim a opção de adiar o investimento é mais valiosa no caso do Brasil do que na Indonésia.