

3

Opções Reais em Petróleo: Características de Incerteza Técnica e Valor da Informação (VOI)

Como já foi visto no capítulo 2, a teoria das opções reais tem sido vista como um novo paradigma para análise econômica de investimentos. De acordo com este modelo, as oportunidades de investimento das firmas em ativos reais (projetos de investimento) são consideradas análogas a opções de compra sobre estes mesmos ativos. A teoria das opções reais ainda considera que a irreversibilidade das decisões é que cria o chamado valor de opção.

As OR têm sido usadas não só no meio acadêmico, como objeto de estudo, mas de maneira direta nas empresas, em seu planejamento estratégico e sua teoria deve ser estudada como parte de um processo evolutivo e não revolucionário, dado que não surgiu de repente, mas foi se desenvolvendo ao longo do tempo.

A utilização deste novo critério de avaliação em empresas tem sido feito com três finalidades principais: como uma maneira de pensar, como uma ferramenta analítica ou como um processo organizacional.

A aplicação de opções reais para análise de investimentos demanda alguns estágios, mas a maioria das empresas ainda não chegou ao final deles. Estes estágios são:

- Condução de um ou mais projetos pilotos (o projeto principal, usado como experimental);
- Com base neste projeto, conquista de gerentes médios e *seniores*;
- Codificação OR através de um grupo de especialistas, treinamento especializado e adaptação de treinamento aos clientes;
- Institucionalização e integração OR em toda a empresa.

Em geral, as empresas utilizam mais de um método de avaliação de investimentos, de forma que a adoção de OR não seria o único método aplicado por uma empresa. Isso, porque, apesar do método de opções reais ser o mais acurado nos resultados, isto é, pode ser considerado mais eficiente do que outros métodos; é também o método mais complicado de ser implementado devido a utilização de elementos bastantes complexos durante a análise, podendo demorar mais para chegar a um resultado final (decisão de investimento, valoração do empreendimento) .

A difusão de casos em que são usadas opções reais permite ampliar o uso desta técnica trazendo benefícios estratégicos e até mesmo sociais. O objetivo deste capítulo é destacar o uso de OR em petróleo e discutir os principais tipos de incerteza abarcados em OR, quais sejam: incerteza técnica e incerteza de mercado.

Em primeiro lugar é preciso explicar a relevância do estudo de opções reais no interior do tema “petróleo”. É exatamente por isto que a primeira seção deste capítulo é uma introdução à questão do petróleo e sua importância para a sociedade e principalmente, sobre como se dá a aplicação de OR em projetos de exploração e produção desta *commodity*.

3.1

A Indústria de Petróleo

Na sociedade moderna, dificilmente encontra-se um ambiente, um produto ou um bem que não tenha compostos derivados do petróleo ou que não seja produzido direta ou indiretamente a partir dele. O petróleo é com certeza a principal *commodity* comercializada no mercado internacional, sendo responsável por cerca de 40% das necessidades energéticas globais. A importância e as especificidades da indústria do petróleo tornam importante uma análise econômica específica da ciência econômica (Thomas, 2001).

Uma tendência observada na atualidade no setor de petróleo é a constante oscilação em seu preço, que é analisado como uma variável essencial para a evolução de outras importantes variáveis macroeconômicas.

Outra tendência recentemente observada em todos os ramos industriais, provocada em parte pela crescente incerteza do mundo atual globalizado, é a necessidade cada vez maior das empresas de serem flexíveis, sabendo se adaptar às necessidades tecnológicas e a mudanças de padrões e gostos dos consumidores. Neste sentido, a adaptabilidade estratégica vem se tornando essencial para se tirar vantagens de oportunidades futuras de investimento. A indústria do petróleo obviamente está incluída neste quadro, de maneira que é necessário considerar certas questões na tomada de decisões dentro deste setor.

A análise a respeito do melhor momento para investimento e a questão da decisão estratégica (em todos os tipos de indústria) vai aos poucos deixando de ser fundamentada no método tradicional baseado nos fluxos de caixa gerados. Isto porque o mundo está em constante transformação, diversas oportunidades surgem em diferentes momentos e devem ser analisadas individualmente, mas inseridas em um universo dinâmico. Considerar a análise simplista de fluxos de caixa seria assumir que estamos inseridos em um contexto estático, o que não corresponde à realidade presente. O administrador deve ser capaz de tomar a melhor decisão por meio da observação da situação particular que ele está enfrentando. É claramente por isto que surge a necessidade de avaliar decisões estratégicas sob a ótica moderna das opções reais.

3.1.1

O Processo Decisório na Indústria de Petróleo

A indústria internacional de petróleo e de gás natural vem passando por importantes transformações nas últimas décadas. Esse processo resulta de uma forte pressão oriunda de uma política de redução de custos das corporações e da busca de economia de escala, ou seja, o desenvolvimento de reservas de grande porte, principalmente em áreas marítimas. A crescente tendência de investimentos

em ambientes geológicos com considerável complexidade (reservatórios de águas profundas e ultra-profundas) caracteriza-se pela presença de elevado grau incerteza.

Quando as empresas aplicam seu processo decisório em projetos com tais características, elas se defrontam com diversos tipos de incerteza: incertezas em relação aos preços futuros de petróleo, reservas e volumes recuperáveis, impactos ambientais, prospectividade das bacias, legislação tributária, nível atual de conhecimento geológico das bacias, acesso aos blocos exploratórios e condições operacionais vigentes.

Na avaliação de projetos, a indústria de petróleo foi uma das primeiras a adotar o método tradicional de fluxo de caixa para avaliar ativos e projetos, conforme afirmam Mc Comarck, Sick & Calistrate (2001). As ferramentas utilizadas por este método são fundamentais para análise de ordem financeira na indústria de petróleo.

Com todas as mudanças descritas acima, as técnicas do tradicional método estão sub-avaliando as reservas não desenvolvidas. Cada vez fica mais claro para os administradores que o valor das reservas não exploradas é usualmente maior do que o de seus fluxos de caixa. Baseados neste fato, os administradores E&P (que lidam com as fases de exploração e produção) estão tentando considerar um prêmio adicional (acima do valor do fluxo de caixa) para associar às reservas não exploradas.

Constata-se assim que, em condições de elevada incerteza, os métodos tradicionais de análise de investimentos, baseados, unicamente, no conceito do fluxo de caixa descontado, tendo como indicadores o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), são insuficientes e nem sempre geram resultados compatíveis com os obtidos quando as decisões de investimento são realizadas. Observa-se então com esta questão, a necessidade de um outro tipo de avaliação crítica para os investimentos em petróleo, que incluam a teoria das OR.

3.1.2

A teoria das Opções Reais em Petróleo

A teoria das opções reais torna possível incorporar as características consideradas fundamentais na análise econômica dos investimentos em exploração e produção em empreendimentos minerais (petróleo, ouro, cobre, entre outros bens minerais). Estes projetos, com a introdução de OR podem ser estruturadas da seguinte maneira: inclusão das incertezas sobre o ambiente futuro de investimentos como o comportamento dos preços do petróleo, estimativas de custo, entre outras variáveis; a irreversibilidade parcial ou total do investimento e o momento ótimo de investir do processo decisório.

A TOR permite calcular de forma mais realista as flexibilidades encontradas na condução de um projeto de exploração e produção de petróleo, pois há alternativas como ampliar, reduzir, interromper e postergar a produção de óleo, entre outras. Assim, em projetos de produção de petróleo, destacam-se as opções de abandono, opções de cessar operações temporariamente, opções de flexibilidade e opções de *timing* do investimento. Quanto maior a flexibilidade de uso alternativo de recursos do projeto, mais valiosa será a opção²⁴.

A área de recursos naturais tem sido um campo fértil para a aplicação da TOR. Projetos de exploração de petróleo são repletos de opções e fontes de incerteza. No estudo de empreendimentos em petróleo, a possibilidade de cessar operações, por exemplo, é considerada quando a possibilidade de voltar a produzir no mesmo campo é significativa. São levados em consideração neste caso, os custos de desmobilização temporária, de preservação, de retomada da produção e, caso sejam muito altos, optar-se-á pelo abandono definitivo.

Uma significativa vantagem da adoção de OR na avaliação de projetos de petróleo é que este torna possível avaliar não só o valor das reservas realmente exploradas como também das reservas ainda não exploradas, ou PUDs (***Proven Undeveloped Reserves***). Avaliando-se as reservas não exploradas pelo método do

²⁴ Para projetos de exploração e produção de petróleo que utilizam plataforma fixa, o abandono implica em custos adicionais. Todavia, se a plataforma for móvel, como acontece nos casos de exploração em águas profundas, é possível seu aproveitamento em outro campo tanto para a atividade de produção, perfuração, completação ou manutenção dos poços Marreco (2001).

FCD, chega-se à conclusão de que o projeto tem VPL igual a zero, o que indicaria que o investidor deveria ser indiferente entre investir ou não em uma reserva não ainda explorada. Já com a teoria das OR não, as PUDs podem ter valor econômico.

Isto porque os detentores destas reservas têm o direito, mas não a obrigação de desenvolver estas reservas no futuro, no período que considerarem mais adequado. Por exemplo, ao longo do tempo de espera, o preço do barril pode subir e o VPL do projeto no futuro, também aumentar. Desta maneira, o valor total das PUDs deve incluir tanto os fluxos de caixa estimados quanto um valor extra ou adicional, resultante desta possibilidade de decidir explorar ou não. As opções reais são importantes pelo fato de que as condições atuais e o ambiente podem mudar de forma a aumentar o valor do direito de desenvolver estas reservas no futuro.

É possível fazer uma analogia entre as PUDs e uma opção de compra (*call*), para que assim seja possível ver a PUD como uma opção real.

Tabela 2: Analogia entre uma *Call* financeira e uma PUD

Call	PUD
Preço do Ativo base (V)	Valor de FCD das reservas quando desenvolvidas
Preço de Exercício (I)	Capital necessário para desenvolver a reserva
Tempo para a Expiração (τ)	Tempo legal de concessão exploratória
Dividendos (δ)	Fluxo de Caixa Operacional Líquido que se deixa de obter por ficar esperando
Valor do dinheiro no tempo (r)	Valor do dinheiro no tempo
Volatilidade do ativo base (σ)	Volatilidade da reserva desenvolvida
Valor in the money	VPL do projeto

Fonte: Mc Cormack, Sick e Calistrate, 2003.

Generalizando, é possível fazer uma analogia entre opções financeiras (*call*) e as opções reais em petróleo (considerando agora, tanto reservas não exploradas como os poços já perfurados):

Tabela 3: Analogia entre opções financeiras (*call options*) e as opções reais em petróleo.

Grandezas	Opções Financeiras	Opções Reais
Custos	Preço de Exercício	Valor presente dos custos de desenvolvimento (Investimento)
Ativo Subjacente	Ação	Projeto: Valor presente das reservas desenvolvidas
Retorno do Capital	Retorno da Ação	Retorno do Projeto
Ganhos do Capital (ativo)	Variações no preço da ação	Variações no valor do projeto
Dividendos (ativo)	Fluxo de dividendos da ação	Fluxo de dividendos do projeto
Incerteza	Volatilidade do preço da ação	Volatilidade do valor do projeto
Maturidade	Tempo de expiração do contrato	Vida útil do projeto

A aplicação de OR na indústria de ativos minerais já foi analisada por inúmeros autores e chegou-se à conclusão de que o valor de uma opção de espera e, portanto, o valor de postergar os investimentos pode produzir impactos significativos, ao contrário do que se observa em uma economia competitiva. Pela TOR, se um investimento é efetuado no momento presente e fora do momento ótimo, surge um custo de oportunidade por não se obter o máximo retorno que deve ser adicionado ao investimento. Assim, para exercer a opção de investir hoje, não basta que se tenha um VPL positivo (valor do projeto superior ao custo), mas que o valor do projeto exceda o seu custo em uma quantia suficiente pra que o investimento imediato seja de fato vantajoso, matematicamente, para que $V \geq F + I$.

Sabendo-se que

- F = custo de oportunidade de se investir hoje;
- V = Valor do Projeto;
- I = Investimento.

De acordo com McComarck, Stewart & CO e Sick (2001) existem algumas diferenças entre PUDs e opções financeiras, apesar de ser comum usar esta analogia entre elas. Observando-se esta analogia apresentada na tabela entre opções financeiras e PUDs, tem-se a impressão de que basta fazer esta relação entre as variáveis, aplicar o modelo de Black & Scholes e assim, chegar ao resultado final de valoração da PUD como uma opção real. Mas, não é assim que funciona na prática.

A primeira diferença básica a ser considerada é que exercer uma *call* financeira dá ao detentor desta opção, retornos sobre a ação, que têm um valor certo de mercado. Os retornos que o detentor de uma PUD terá serão baseados fluxos de caixa incertos, que podem apenas ser estimados, e, mesmo assim, é difícil dado que estes fluxos de caixa tendem a depender da variação do preço do petróleo.

Outra diferença a ser destacada é que os fluxos de caixa esperados pelo interessado no desenvolvimento de uma PUD variam ao longo do tempo não somente em função dos preços futuros do barril de petróleo, mas também pela variação do volume esperado de hidrocarbonetos em um campo. Existe uma expectativa quanto à vida econômica de um campo ao longo do tempo. Em geral, considera-se que existe um período de pico para a retirada de petróleo do campo, e, que quanto menor a duração da produção, mais volátil é o VPL das reservas desenvolvidas.

Além disto, deve-se ressaltar que detentores de opções com base em ações, podem ter seus retornos baseados em um conjunto de ações, mas cada uma delas tendo seu valor fixo no mercado (um único valor). Já o preço do petróleo é diferente em cada região geológica considerada. Assim, os preços-base são diferentes em cada local e a cada período, dificultando o cálculo conforme sugerido.

O valor de uma opção financeira é dirigido em parte pela volatilidade esperada dos ativos base. Mas a volatilidade do valor de um projeto de uma área de petróleo já desenvolvida não é a mesma volatilidade de um contrato futuro ou

de um projeto ainda não desenvolvido. A volatilidade de contratos futuros é baseada num processo de MRM. Assim, a volatilidade esperada de um projeto de petróleo é influenciada pela volatilidade esperada de preços ao longo da curva de preços futuros (estimativa).

Uma diferença importante destacada é que, enquanto o exercício de uma opção financeira resulta em um imediato ganho do detentor da opção sobre retornos do ativo em questão, a decisão de desenvolver uma PUD leva a um processo longo de perfuração e completação, que pode levar algum tempo.

Como último ponto, cita-se o fato de que opções financeiras usam taxas de juros livre de risco para se analisar o projeto, já que eles avaliam o valor da opção com base no ativo base. Assim, este tipo de opção tem a vantagem de que o valor da ação já está precificado no mercado. Já para a valoração da PUD como uma OR, é mais difícil pelo fato de que PUDs são opções de fluxos de caixa futuros que podem estar correlacionados com o valor da ação no mercado. Para usar uma taxa adequada é preciso incorporar um prêmio de risco ao modelo de OR para ajustar possíveis mudanças de valor. Desta forma, a expectativa neutra ao risco torna-se um equivalente certo, que é apropriadamente descontada à taxa livre de risco.

Dixit e Pindyck (1994) criticam a metodologia do VPL tradicional. Segundo os autores, o processo correto seria considerar a flexibilidade que o proprietário tem de desenvolver realmente a reserva, ou seja, o valor da opção da reserva. Assim, justamente por ser um valor de opção, quanto maior a volatilidade dos preços de petróleo, maior o valor da reserva. Nesse sentido, a direção do resultado é oposta à que o VPL tradicional indica. Um conceito muito importante a ser apresentado aqui é o conceito de *Break-even*, que, no caso de projetos em petróleo, representa a regra do VPL. Isto é, o *Break-even* é o preço a partir do qual o VPL torna-se positivo. É o ponto de decisão do FCD.

A percepção desta nova realidade industrial torna o tema de OR, bastante atual e atrativo para pesquisas modernas de avaliação de projetos e análise de investimentos. Além disto, a importância do petróleo para a sociedade, a

tendência de flutuação de seus preços bem como a repercussão provocada nos demais setores da economia fazem deste tema algo atual e factível de ser estudado, dado a vasta quantidade de trabalhos e pesquisas gerados em torno deste assunto.

Com a introdução de OR em petróleo, torna-se necessário definir outro conceito importante: a regra do gatilho. A regra de decisão para OR não leva em consideração o VPL. Isto é, não basta só que o VPL seja maior do que zero para que seja interessante investir imediatamente. É preciso que o VPL esteja significativamente maior do que zero (*deep in the money*) para que seja aconselhável o investimento antecipado. Esta é a regra de decisão para o modelo de OR. Na data de expiração ($t = T$), o preço de *break-even* é igual ao preço de gatilho, pois não se tem mais a opção de espera.

A valoração econômica de projetos de exploração e produção (E&P) de petróleo, assim como as decisões econômicas de investimento em outros ramos, é afetada pela incerteza econômica, pela incerteza técnica, assim como pelas flexibilidades gerenciais embutidas nos projetos. A incerteza econômica é devida a fatores externos ao projeto como as oscilações estocásticas do preço do petróleo (ou do valor da reserva), e dos custos, conforme discutido no capítulo anterior. A incerteza técnica é devida a fatores internos ao projeto, como a incerteza nos volumes de fluidos da jazida e o desempenho de projetos em razão da utilização de novas tecnologias. As flexibilidades gerenciais embutidas nos projetos dão o grau de liberdade do gerente para tomada de decisões, como as decisões de investimento (*timing*, escala, expansão, etc), de parada temporária, de mudança de uso, e de abandono.

A denominação de “opções reais” para esta metodologia deriva justamente desta possibilidade de poder contar com esta margem de flexibilidade e contabilizá-la na avaliação de um projeto, bem como considerar a incerteza técnica nessa avaliação. E a importância do seu uso reside no fato de que ignorar qualquer desses três fatores, quais sejam, incerteza econômica, técnica e flexibilidade gerencial, na análise econômica pode significar tanto uma sub-

avaliação significativa de uma jazida, como levar a erros irreversíveis na tomada de decisões.

Dentro do setor de petróleo, existem várias opções reais valiosas que agregam valor e podem mudar a decisão de investimento tomada a partir de métodos de análise de investimento tradicionais.

Novamente citando os autores Dixit e Pindyck (1994), eles concordam que a valoração e a exploração de uma área concedida de petróleo pode ser vista como parte de um problema de investimento multi-estágios, envolvendo exploração, desenvolvimento e extração. Exatamente pelo fato de a fase de desenvolvimento envolver maior desembolso de capital, esta seria a fase cuja opção teria mais importância. Assim, quanto mais valioso for o investimento, mais valiosas serão as opções, já que o investimento é o ativo-base (o S da fórmula de Black & Scholes, vista no capítulo 2, e, portanto quanto maior o S maior o valor da opção). Considerando-se este ponto, mais cuidado deve-se ter com esta fase.

A grande maioria dos artigos de OR em petróleo se refere à área de exploração e produção. Apesar das incertezas tanto no preço do petróleo como no volume de reservas aumentarem o valor do campo, a incerteza no preço do petróleo é capaz de adiar o exercício de todas as opções reais, enquanto a incerteza técnica da reserva faz a exploração e a delimitação ocorrerem mais cedo.

No que diz respeito à aplicação de opções reais em petróleo, a ampliação do uso de OR pelas firmas possibilita um diálogo mais equilibrado e menos assimétrico entre as companhias de petróleo na negociação de ativos em que o valor de opção tem valor ou em contratos de parceria. O uso de OR permite ainda uma coordenação do mercado de energia, trazendo então, benefícios para os próprios consumidores. Um ponto importante a ser destacado é que no caso em questão, em que se considera o setor de petróleo, o gatilho, que já foi explicado no capítulo anterior, poderia ser o preço do barril, preço a partir do qual seria interessante investir de imediato, e representado por P^* .

Durante as fases de investimento de exploração e produção do petróleo, há um processo de opções reais seqüenciais, que pode ser assim descrito:

1. Investimento em exploração: a firma deve decidir se exerce a opção de perfurar um poço exploratório pioneiro ou não. A opção de perfurar ou não é irreversível. Caso ela seja exercida e obtenha sucesso, obtém-se um campo não delimitado;
2. Nesta etapa a firma tem a opção de delimitar. Aqui o objetivo é obter mais informações sobre o volume e qualidade das reservas, reduzindo a incerteza técnica e obtendo reservas delimitadas, porém não desenvolvidas;
3. Nesta fase, a firma tem uma reserva não desenvolvida podendo investir em informações adicionais para enfim desenvolver a reserva;
4. Enfim, ela tem uma reserva desenvolvida e agora a opção que ela tem é a de expansão (adicionar poços extras, adensar a malha etc.) ou então interromper a produção e abandonar a empreitada.

A valoração de acordo com este critério é feita de trás para frente: valora-se antes a fase de desenvolvimento e depois se valora o prospecto exploratório, já que o benefício esperado do prospecto está ligado ao valor do projeto de desenvolvimento. Obtém-se por meio das opções reais, duas respostas: o valor da oportunidade de investimento e a regra ótima de decisão (onde é decidido o melhor momento para se investir), como em qualquer investimento em que e utiliza OR, como também foi visto no capítulo de metodologia.

Quanto maior a incerteza do mercado, maior o valor da oportunidade de investimento, pois gera um prêmio pela opção maior. Este conceito incorporado pelas OR não estava na análise tradicional de VPL.

Ao analisar a fase de exploração, inclui-se um fator chance. Neste caso, o principal elemento de incerteza é sobre a existência de petróleo. O fator chance é a

probabilidade de se encontrar petróleo. Neste caso, o valor monetário esperado é calculado da seguinte maneira:

$$VME = -I_w + [FC \times VPL] \quad (3.1)$$

VME = Valor Monetário esperado

- I_w = Investimento
- FC = Fluxo de Caixa Gerado

Neste cálculo tradicional mostrado pela fórmula acima, a revelação da informação e a natureza opcional da perfuração não são levadas em consideração. Para tanto, é necessário considerar uma perfuração seqüencial de forma que o resultado do primeiro poço revela informações sobre o outro prospecto. Em caso de sucesso no primeiro prospecto, aumenta a chance de se ter petróleo no segundo, de forma que o fator chance do segundo prospecto aumenta.

A tomada de decisão de perfurar ou não é opcional. Considera-se a seguinte seqüência para a decisão: “Perfure o primeiro prospecto. Exerça a opção de perfurar o segundo poço somente em caso de revelação de informação positiva na primeira perfuração”. O uso de opções reais, além de englobar questões como incerteza e revelação de informações de prospectos independentes, permite que haja conseqüências importantes na negociação entre companhias, que podem desenhar operações especiais de parceria. Uma companhia pode reduzir o preço de venda dos direitos de um prospecto para outra empresa desde que esta se comprometa a perfurá-lo imediatamente, para que assim, a primeira possa obter a informação necessária para o proprietário original do prospecto.

Deve-se considerar ainda, que os prospectos podem estar em campos distintos, mas vizinhos. E isso pode facilitar possíveis jogos de guerra de atrito. Isto é, a empresa que detém o primeiro prospecto pode simplesmente esperar a perfuração da segunda antes de perfurar o seu campo, para que obtenha gratuidade na informação, como forma de reduzir seus custos.

Portanto, conclui-se que a opcionalidade de um ativo (qualidade de ter opções embutidas) é de fato o que define a o prêmio pela opção real. E é claramente isto que o distingue do método tradicional de valoração: a possibilidade de investir, adiar, desistir, que lhe dá flexibilidade suficiente para que ele tenha mais valor, conforme já foi discutido.

Um tópico importante a se colocar é que na valoração por meio das OR não se obtém o valor de probabilidade exato, mas um valor de opcionalidade. Em geral, é preferível fazer estimativas com dados de mercado, por ser mais confiável do que simplesmente usar dados de preferências individuais. No caso de petróleo isto se torna ainda mais simples, pelo fato de ser considerado um mercado completo.

3.2

Incerteza Técnica e Valor da Informação (VOI)

Incerteza técnica é aquela associada às características específicas de um projeto. A firma possivelmente não conhece a sua função lucro e pode descobri-la através de investimentos. A incerteza técnica então, incentiva o investimento em processos de aprendizagem da função lucro.

No caso específico do petróleo, a incerteza técnica existe no que diz respeito à existência, volume e qualidade de um campo de petróleo. Em geral, a seqüência de investimentos em exploração e exploração (processo em que se verifica a qualidade do petróleo que foi descoberto) e o histórico da produção vão reduzindo a incerteza.

O valor do projeto tem componentes de risco não sistemático (a incerteza técnica) e sistemático (fluxo de caixa após a compleção²⁵ do projeto de P&D). Deve-se considerar ainda que o efeito seqüencial das OR altera o prêmio de risco do empreendimento. A conclusão a que se chega é a seguinte: o risco da opção de compra é maior do que o risco do ativo básico para o caso de opção “*out of*

²⁵ Ao terminar a perfuração de um poço, é necessário deixá-lo em condições de operar, de forma segura e econômica, durante toda a sua vida produtiva. Ao conjunto de operações destinadas a equipar o poço para produzir o óleo denomina-se “completação”.

money” e igual ao do ativo básico para as opções “*deep in the money*”. Isto porque já se sabe que as opções “*in the money*” terão valor, mas as opções “*out of the money*” são mais arriscadas por não se saber se elas serão de fato valiosas - é preciso esperar, não há uma garantia então a possibilidade de que não sejam valiosas é maior.

Em um mercado incompleto, existem ativos (ações de firmas) em que a informação disponível no mercado a respeito do seu retorno é incompleta ou distribuída de forma assimétrica entre os investidores ou flui numa velocidade menor do que a requerida para um mercado eficiente e completo. Isto pode fazer com que os retornos esperados de certas firmas dependam não só do risco de mercado como também da variância total. Firmas menores tendem a ter maior variância total e menor correlação de seus retornos com o mercado geral.²⁶

Uma questão bastante importante a ser colocada é que a incerteza técnica não demanda prêmio de risco por parte de corporações com acionistas diversificados visto que a incerteza técnica não depende da evolução do mercado, tendo, portanto correlação zero com o retorno do *portfolio* de mercado. Logo, a incerteza técnica não demanda prêmio de risco por parte de investidores diversificados de corporações. Em geral, os processos estocásticos são ajustados ao risco pela subtração de um prêmio de risco. As distribuições de probabilidade da incerteza técnica não necessitam de nenhum ajustamento ao risco, pois o prêmio de risco requerido por investidores diversificados é zero. Por isto mesmo, em geral, usa-se métodos neutros ao risco quando se combina incerteza técnica com incerteza de mercado em modelos de opções reais.

É importante que fique claro que a incerteza técnica, apesar de não demandar prêmio de risco, não deve ser vista como algo que possa ser desprezado ou como menos importante do que a incerteza de mercado. A incerteza técnica pode levar tanto ao exercício prematuro de uma opção (no caso em que o melhor a fazer seria esperar) como o não exercício da opção quando o melhor deveria ser

²⁶ Nesta dissertação, o foco está em aplicações de petróleo do ponto de vista de corporações com grande base de acionistas, em geral firmas antigas e conhecidas no mercado, de forma que a variância é pequena. Então será considerada a hipótese de mercado completo.

exercê-la de imediato e por isso é muito importante ser avaliada. A incerteza técnica pode levar assim à redução do valor do projeto, mas não devido a uma aversão ao risco técnico e sim por levar a decisões sub-ótimas de investimento.

Uma contribuição interessante das OR é que, segundo esta visão moderna, os gerentes sempre podem tomar decisões tais como abandonar o projeto antes da data prevista, modificar os insumos utilizados, etc. Os gerentes podem fazer melhor do que apenas diversificar; eles podem alavancar o valor da firma através do gerenciamento ótimo da incerteza técnica. Assim, pode-se dizer que uma teoria sobre prêmio de risco, como o CAPM, é válida e necessária, mas não é suficiente para maximizar o valor da firma sob incerteza.

A incerteza técnica apresenta vantagem e desvantagem. O lado negativo é o que já foi destacado anteriormente: pode levar ao exercício prematuro da opção ou até mesmo ao não exercício, ou seja, pode levar decisões sub-ótimas. O lado positivo é que a incerteza técnica estimula a tentativa de se conhecer melhor a função lucro da firma em questão, o que se faz por meio de investimento em informação. Sendo assim, a incerteza técnica cria a oportunidade de investimento em informação, o que pode alavancar o valor do projeto (aumentando a sua rentabilidade), no caso de serem apuradas informações favoráveis, ou ainda, evitar o investimento em maus projetos, quando são obtidas informações desfavoráveis.

Este lado positivo (de investimento em informação) é bastante valorizado pela teoria das opções reais e leva a um outro conceito igualmente importante que é o conceito de análise de valor da informação (VOI). Em geral, o VOI é a diferença entre o valor da decisão informada e o valor da decisão sem esta informação, isto é:

$$\text{VOI} = \text{VDI} - \text{VDP} \quad (3.2)$$

Onde:

VDI: Valor da Decisão Informada;

VDP: Valor da Decisão a Priori.

Esta decisão é sempre positiva dado que com mais informações, considerando-se o caso de um único decisor maximizador de riquezas e em problemas sem interação estratégica, é possível se escolher tanto as oportunidades que existiriam sem a informação como as depois da obtenção delas, aumentando o seu leque de opções.²⁷

A análise de valor da informação é bem antiga e é uma das principais aplicações da escola de análise de decisão. Um problema de decisão é definido pelo espaço de ações disponíveis e pela função que relaciona o *payoff* a estas ações e aos estados da natureza. O objetivo econômico da análise do valor da informação é avaliar o benefício de coletar informação adicional para reduzir ou eliminar a incerteza num contexto de tomada de decisão específico. O valor da informação é sempre avaliado *ex ante* porque é calculado antes de se decidir se investe ou não em informação.

A informação é sempre valiosa na presença de incerteza. Assim, quando existe incerteza, há a possibilidade de reduzi-la a partir da aquisição de informação. De maneira grosseira, a informação pode ser vista como medida negativa da incerteza.

3.2.1

Valor da Informação

Define-se informação como qualquer estímulo que muda o conhecimento do receptor da informação, isto é: que mude a distribuição de probabilidade do receptor a respeito de um bem descrito conjunto de estados. Devido à importância desta associação de probabilidades à teoria da informação, em paralelo à teoria econômica da informação, surgiu a teoria estatística da decisão, em meados da década de 1950. Todavia, a popularização dos métodos de VOI (sigla para valor da informação) só se deu na década de 1960, com a teoria de análise de decisão, especialmente após a publicação do artigo de Raiffa (1968), que difundiu alguns métodos intuitivos baseados em árvores de decisão.

²⁷ Obviamente, o decisor só optará pela decisão adequada à nova informação obtida caso esta se mostre mais atraente do ponto de vista maximizador de riquezas.

Quando se investe em informação, existe uma revelação de informação de forma que a variância da incerteza técnica é reduzida. Considera-se nessa dissertação, portanto, que só é possível obter redução de variância e assim da incerteza, quando se investe em informação, e não apenas com a passagem do tempo. A redução esperada de variância é chamada de η^2 , e esta nomenclatura será bastante utilizada mais adiante.

O caso limite é o caso de informação perfeita, em que se consegue a revelação total do verdadeiro estado da natureza. Dias (2005), contudo considera que a informação é em geral imperfeita já que é impossível obter o valor real de um parâmetro a partir da obtenção de mais informação. Isto é a informação no máximo só é capaz de fornecer uma estimativa muito próxima do valor real do parâmetro analisado. A revelação não é total e a informação é em geral imperfeita.

É necessário distinguir aqui os conceitos de informação e de conhecimento. A informação pode ser definida como um fluxo que altera o conhecimento (que é um estoque). Já o conhecimento é descrito por uma distribuição de probabilidades e a nova informação é capaz de alterar esta distribuição e o conhecimento.

A discussão a respeito da não concavidade no VOI é de extrema importância para a teoria da informação. É importante saber como a função VOI se comporta (se é toda côncava, parcialmente côncava, linear, etc) entre os limites de nenhuma até o de informação perfeita. A análise da função VOI é de extrema importância para que se use uma medida de aprendizagem adequada para se estimar o VOI.

Dias (2005) afirma que de acordo com o teorema de Radner & Stiglitz (1984) sob certas condições razoáveis e ao menos que a informação seja sempre inútil, o valor marginal de uma pequena quantidade de informação é zero e a informação deve exibir retornos marginais crescentes sobre algum intervalo, pelo menos em intervalo vizinho ao caso não informativo. Entretanto, no próprio artigo dos autores acima citados, são mostrados exemplos no qual a informação exibe retornos marginais decrescentes, provando que o VOI não é sempre não-côncavo

conforme se supunha. Isso tem implicações na teoria econômica tais como: “a demanda por informação é uma função descontínua de seu preço” ou “agentes nunca comprarão pequenas quantidades de informação”. Ainda existe um outro problema importante: a não-concavidade complica qualquer análise de aquisição de informação, pois a condição de primeira ordem não é suficiente para maximizar o valor de um agente demandando informações, o que pode inclusive impedir a ocorrência de um equilíbrio competitivo.

Analisando-se a questão da concavidade em regiões próximas a uma revelação quase nula de informação e portanto, como redução percentual esperado de variância η^2 quase igual a zero, é feito um experimento avaliando-se a sensibilidade do VOI à variação do η^2 , justamente para analisar a questão da concavidade da função. Esta análise é mostrada na figura a seguir.²⁸

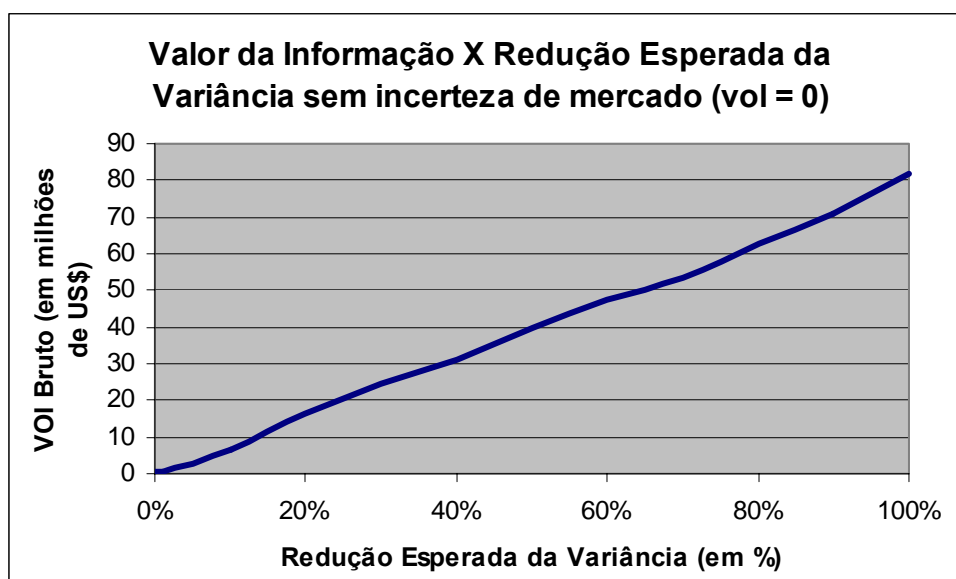


Gráfico 1: Valor da Informação x Redução Esperada da variância sem incerteza de mercado ($\sigma = 0$)

Analisando-se o gráfico 1, percebe-se a razoabilidade de se considerar que a redução da incerteza varia linearmente com o VOI. Constata-se empiricamente,

²⁸ Figura baseada na tese de doutorado de Marco Antônio Guimarães Dias. Para se obter este gráfico foram sendo testados, a uma volatilidade igual a zero, quais seriam os VOIs para cada porcentagem de redução esperada da variância. Também foi utilizado o código VBA, já mencionado, e o Excel.

contudo, que nas regiões próximas à zero, que a função se comporta de maneira não-côncava. Vale ressaltar que o VOI bruto mostrado no eixo y é sempre positivo, visto que não foi considerado o custo de se obter esta informação (que deve ser posteriormente descontado e certamente o VOI líquido não será sempre positivo como aponta o gráfico). Outro importante tópico a se levantar é que o η^2 utilizado para o gráfico foi um valor estimado intuitivamente, embora ele pudesse ser calculado também por meio de métodos quantitativos, o que seria bem mais trabalhoso.

A não concavidade observada no gráfico ocorre apenas na região próxima ao caso não informativo. Na maior parte das aplicações práticas, esta região é de menor interesse prático, pois as reduções de variância desejáveis são maiores que 30%, parte esta que já é observada como linear (ou praticamente).

3.3

Apresentação dos Modelos “*Business*” e “*Rigid Cash Flow*”

Dias (2005) desenvolveu dois modelos que relacionam o Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto ao preço do petróleo, como forma de avaliar o valor da opção real no setor de petróleo. Neste cálculo, são importantes também outras variáveis tais como: qualidade econômica e volume da reserva a ser desenvolvida. Em ambos os modelos, pode-se definir o VPL (*payoff* de exercício da opção) como:

$$VPL = V - D \quad (3.3)$$

Onde:

- V é o valor do ativo básico (valor da reserva desenvolvida);
- D é o investimento líquido de benefícios fiscais.

O valor do ativo básico (V) também pode ser visto como o valor presente das receitas líquido dos custos operacionais e impostos. Se for abatido também o valor presente do investimento, líquido de benefícios fiscais obtém-se o VPL.

Ambos os modelos são variações lineares de VPL com os preços do produto final (P) simplesmente por serem os mais importantes dentro e fora da indústria do petróleo, considerando-se a sua relevância prática. Este é um fato estilizado, conhecido da análise tradicional de sensibilidade do VPL em relação aos preços do petróleo consistente com o regime fiscal de concessões, que é o regime adotado no setor petróleo brasileiro (este modelo também é observado nos EUA e em outros países).

Existem países que adotam outro tipo de regime fiscal como o de partilha de produção. Neste caso, é mais conveniente utilizar algum modelo não linear (VPL em relação ao preço) para realizar este tipo de análise. Isto porque este regime é marcado por uma fase de recuperação de custos: há a fase de investimento, começa-se a produzir receita para amortizar o investimento, e depois se tem então a fase de partilha de produção. Se o preço do petróleo estiver muito baixo, pára-se na primeira fase, mas se o preço do petróleo estiver valorizado, entra-se na outra fase (chamada de fase de lucro). Então o lucro é repartido com o governo. Neste regime ocorre uma mudança nas alíquotas de taxaço após a fase de recuperação de custos, de forma que a taxaço passa a depender diretamente do preço do petróleo. No regime fiscal de concessões, contudo, não existe nenhuma regra que afirme que a taxaço muda conforme ocorra uma alteração no preço do barril do petróleo. Em geral a alíquota varia com a produção e não com o preço do petróleo.

Cada um dos modelos utilizados considera definições diferentes para o valor do ativo base em questão V (no caso, $V = aP + b$: uma função linear do preço do produto final, que será o preço do barril de uma reserva desenvolvida) (Dias, 2005).

O modelo “*Business*” assume que o custo operacional é proporcional ao preço P , de forma que existe uma correlação (perfeita) positiva entre custos

operacionais e preço. A noção intuitiva disto é o fato de os principais custos envolvidos são os da própria indústria, ou seja, quando os preços do petróleo se aproximam de zero, o material e o serviço contratado não interessarão a nenhum *player* da indústria, de forma que não será possível repassá-los para participantes de outras indústrias.

Desta maneira, se o preço reserva (v) for diretamente relacionado com o preço corrente do petróleo, deve-se usar um fator de proporcionalidade tal que $v = qP$. Neste caso, q representa a qualidade econômica da reserva, de forma que, para um mesmo preço do petróleo e para mesmo tamanho da reserva, o valor de mercado da reserva é maior conforme q seja maior, conforme explica Dias (2002).

Considerando-se esta equação, o valor total de uma reserva V , com um volume de B milhões de barris, é o preço do barril da reserva multiplicado pelo tamanho (ou volume) da reserva B , ou seja: $V = qBP$. A multiplicação pelo valor B (tamanho da reserva) serve para se achar o valor total da reserva. Se B estiver medido em milhões de barris, P em US\$/barril, então V será dado em milhões de dólares, dado que q é adimensional.

A qualidade econômica da reserva depende de fatores técnicos e econômicos, como: a taxa de desconto, imposto corporativo marginal sobre receitas, *royalties*, qualidade do fluido e etc.

Assim, a equação do VPL do modelo fica:

$$VPL = qVB - D \quad (3.3)$$

É possível provar que o modelo “*Business*” segue um movimento geométrico browniano (MGB) e que o valor do projeto “ V ” é proporcional ao preço de petróleo “ P ”. Assim, “ V ” também segue um MGB com os mesmos parâmetros que “ P ”.

Considerando-se a equação de “ V ” do modelo “*Business*” e o MGB neutro ao risco do preço do petróleo, tem-se:

$$dP = (r - \delta)Pdt + \sigma Pdz \quad (3.4)$$

$$V = qPB \quad (3.5)$$

Aplicando-se então o Lema de Ito, tem-se:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial P} dP + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} (dP)^2 \quad (3.6)$$

Contudo:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = 0 \quad (3.7)$$

$$\frac{\partial V}{\partial P} = qB \quad (3.8)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial P^2} \quad (3.9)$$

$$dV = qB(dP) = qBP(r - \delta) + qBP\sigma dz \quad (3.10)$$

Assim, chega-se a uma equação neutra ao risco, comum ao processo estocástico para V:

$$dV = (r - \delta)Vdt + \sigma Vdz \quad (3.11)$$

A equação diferencial parcial (EPD) para a opção real $F(P,t)$ no modelo “*Business*” é exatamente a mesma da equação do RCF.

A diferença entre os dois modelos está nas condições de contorno. A dedução da EPD só será mostrada no modelo RCF.

São apresentadas abaixo: a EPD do modelo “*Business*” e as 4 condições de contorno:

$$\text{EPS: } \frac{1}{2} \sigma^2 P^2 F_{PP} + (r - \delta) P F_P - rF + F_t = 0 \quad (3.12)$$

Condições de contorno:

- 1) Para $P = 0$, $F(0, t) = 0$
- 2) Para $t = T$ (expiração), $F(P, T) = \max(qBP - D, 0)$
- 3) Para $P = P^*$, $F(P^*, t^*) = qBP^* - D$
- 4) **Smoth pasting**: Para $P = P^*$, $F(P^*, t^*) = qB$

O que o modelo “*Rigid Cash Flow*” apresenta de diferente é o fato de que não existe correlação entre o custo operacional e o preço do petróleo. Assim, a equação do V fica um pouco diferente: $V = q'BP - C$; onde: q' é a qualidade econômica da reserva, o volume da reserva é B e C representa parte dos custos operacionais. Deve-se destacar que neste modelo, C não é função do preço do petróleo.

Para deduzir a equação diferencial parcial (EPD) do modelo RCF, é necessário se considerar o valor da opção real: $F(P, t)$ sabendo-se que:

- A opção expira em $t = T$
- No exercício, tem-se um *payoff* de $VPL = q'BP - C - D$

Para a dedução da EPD, é necessário ainda construir um *portfolio* livre de risco, ϕ , associando-se a opção F à variável estocástica P . Assumindo um *portfolio* qualquer, comprando-se uma opção F e vendendo-se n unidades de P (ou n barris de petróleo), o valor do *portfolio* é:

$$\phi = F - nP \quad (3.13)$$

O valor de n é convenientemente escolhido para se construir este *portfolio* livre de risco, que será:

$$r \phi dt = r (F - n P) dt \quad (3.14)$$

Sabe-se que o retorno do *portfolio* é também a soma algébrica dos retornos dos componentes individuais. Sabe-se também que dF é o chamado ganho de capital em um pequeno intervalo de tempo, dado que F está relacionado a ganho de capital apenas (não paga dividendos).

O retorno da variável P em um curto intervalo de tempo dt é dividido em dois componentes: o ganho de capital dP e o dividendo $\delta P dt$, onde δ é o *convenience yield*, cujo conceito será visto no próximo capítulo.

O retorno do *portfolio* será dado por:

$$r \phi dt = dF - n (dP + \delta P dt) \quad (3.15)$$

Igualando-se as duas equações, tem-se:

$$r (F - n P) dt = dF - n (dP + \delta P dt) \quad (3.16)$$

Pelo Lema de Ito:

$$dF - F_p dP + \frac{1}{2} F_{pp} (dP)^2 + F_t dt \quad (3.17)$$

Se P segue um MGB e se $(dP)^2 = \sigma^2 P^2 dt$, tem-se:

$$dF = F_p dP + \frac{1}{2} \sigma^2 P^2 F_{pp} dt + F_t dt \quad (3.18)$$

Substituindo-se dF pela equação (3.14) tem-se:

$$r(F - nP)dt = F_p dP + \frac{1}{2} \sigma^2 P^2 F_{pp} dt + F_t dt - n(dP + \delta P dt) \quad (3.19)$$

²⁹ Os subscritos denotam derivadas parciais.

Reorganizando-se, obtém-se:

$$r(F - nP)dt = (F_p - n)dP + \frac{1}{2}\sigma^2 P^2 F_{pp}dt + F_t dt - n\delta Pdt \quad (3.20)$$

O objetivo é obter um retorno livre de risco para o *portfolio*. Ou seja, é preciso eliminar o termo estocástico dado por dP . Para isso é necessário eliminar o termo dP (estocástico) e fazer $n = F_p$ na equação acima.

Assim, tem-se:

$$r(F - F_p P)dt = \frac{1}{2}\sigma^2 P^2 F_{pp}dt + F_t dt - \delta P F_p dt \quad (3.21)$$

Rearranjando os termos, obtém-se finalmente a EDP para a opção F em função da variável estocástica P.

$$\frac{1}{2}\sigma^2 P^2 F_{pp} + (r - \delta)PF_p - rF + F_t = 0 \quad (3.22)$$

A EPD do modelo “*Business*” é exatamente a mostrada acima. Isto porque a EPD só relaciona a opção real F com P . Até o ponto onde foi desenvolvida a EPD a equação de *payoff* que distingue o RCF do “*Business*” ainda não foi usada.

O que realmente diferencia os dois modelos são as condições de contorno.

As condições de contorno do RCF são:

- 1-) Para $P = 0$, $F(0, t) = 0$
- 2-) Para $t = T$ (expiração), $F(P, T) = \max(q'BP - C - D)$
- 3-) Para $P = P^*$, $F(P^*, t) = q'BP^* - C - D$
- 4-) **Smoth pasting** : Para $P = P^*$, $F_p(P^*, t) = q' B$

3.3.1

O VPL dos Modelos “*Business*” e “*Rigid Cash Flow*”

Para se compreender melhor a diferença entre estes modelos, é necessária uma descrição mais detalhada. Novamente considera-se a equação do VPL como sendo:

$$VPL = V - D$$

A partir daí, desenvolve-se mais a variável V obtendo-se:

$$V = \sum_{t=0}^{t_{abd}} \{ [Q(t)P(t)(1 - ROY)] - Q(t)VOC \} - FOC \} (1 - \tau_c) / (1 + \rho)^t \quad (3.23)$$

Onde:

- $Q(t)$ é a produção no ano t ;
- $P(t)$ é o preço do petróleo,
- ROY são os royalties;
- VOC são os custos operacionais variáveis (por exemplo, os custos de transporte, custo de produtos químicos etc);
- FOC são os custos operacionais fixos (por exemplo, custo pessoal na plataforma);
- τ_c é a taxa de imposto de renda;
- ρ é a taxa de desconto no tempo;
- t_{abd} é o ano de abandono

Sabe-se que a primeira parcela entre colchetes é a receita líquida de royalties, a segunda parcela são os custos operacionais variáveis e a terceira são os custos operacionais fixos. É possível reorganizar os termos da seguinte maneira:

$$V = P[1 - ROY](1 - \tau_c) \sum_{t=0}^{t_{abd}} Q(t)/(1 + \rho)^t - VOC(1 - \tau_c) \sum_{t=0}^{t_{abd}} Q(t)/(1 + \rho)^t - FOC(1 - \tau_c) \sum_{t=0}^{t_{abd}} 1/(1 + \rho)^t \quad (3.24)$$

No modelo “*Rigid Cash Flow*”, a equação utilizada é: $V(P) = q'BP - C$.

O VPL é dado, portanto pela equação:

$$VPL = q'BP - C - D \quad (3.25)$$

O primeiro termo da equação: $P[1 - ROY](1 - \tau_c) \sum_{t=0}^{t_{abd}} Q(t)/(1 + \rho)^t$,

corresponde a $q'PB$ e o restante corresponde a C , sendo que o segundo termo são os custos variáveis e o terceiro e último termo corresponde aos custos fixos (ambos operacionais). Assim, pode-se dizer que no modelo “*Rigid Cash Flow*”, o fator q' que representa a qualidade econômica da reserva é uma função dos *royalties*, da taxa do imposto de renda e da taxa de desconto. Então, a qualidade econômica é dada por:

$$q' = (1 - ROY)(1 - \tau_c) \left[\sum_{t=0}^{t_{abd}} Q(t)/(1 + \rho)^t \right] / \sum_{t=0}^{t_{abd}} Q(t) \quad (3.26)$$

É preciso ter em mente que os valores de q e q' são diferentes. Isto deriva do fato de que no modelo “*Rigid Cash Flow*”, a opção e o valor do VPL são mais sensíveis ao preço do petróleo, proporcionando uma inclinação maior na reta que representa o VPL em relação ao preço. Na variável q' já está embutido um custo operacional, isto é, uma parte do custo operacional está no q' e outra está na variável C .

Sobre o modelo “*Business*”, é possível afirmar que o segundo e terceiro termos da equação (parcela correspondente aos custos operacional fixo e custo operacional variável – FOC e VOC respectivamente) são de fato dependente dos preços, de maneira que a qualidade econômica da reserva q incorporaria os custos totais e por isto, o VPL do modelo “*Business*” não englobaria o C , apenas o D .

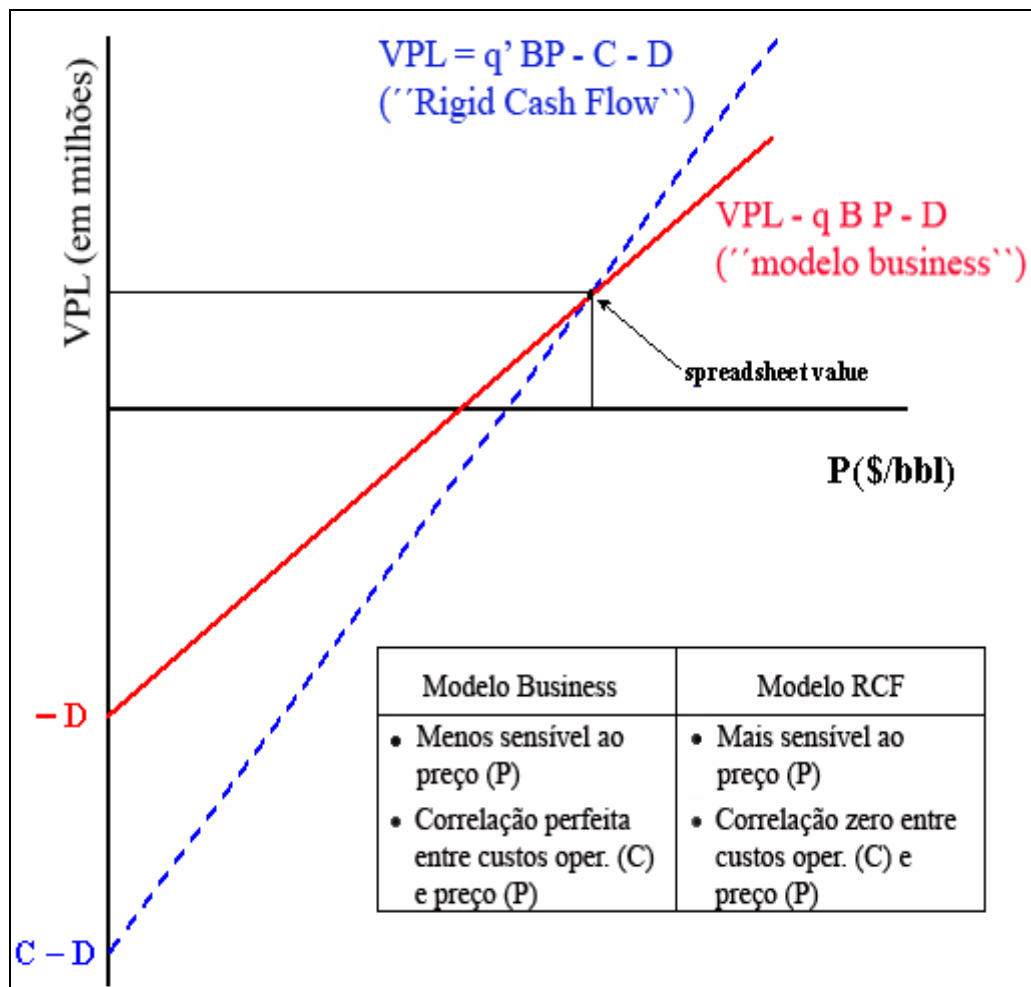


Figura 5: Modelo “*Business*” X RCF

O ponto denominado *spreadsheet* é o “ponto de planilha”, ou seja, o ponto que de fato foi calculado pelos dois modelos e o único a respeito do qual se possui informação concreta, é uma situação base analisada. A partir daí, encontram-se os pontos limites para os casos (hipotéticos) em que o preço é igual a zero e então se

acha as duas retas (pois, como foi dito, os modelos são lineares), da maneira como está claro na figura.

Na análise dos dois modelos, será considerado o tempo ótimo (*timing*) para exercer a opção de desenvolvimento. Essa dissertação examina apenas a opção de espera; isto é, o valor de oportunidade de investir no desenvolvimento de um campo de petróleo considerando apenas o momento ótimo desse investimento. Assim, não são consideradas outras opções, tais como a de abandono, expansão etc.

Ao longo do desenvolvimento são feitas comparações analíticas entre os dois modelos. Desde o início da análise comparativa, e também por meio da observação da figura, já é possível chegar à conclusão de que em comparação com o modelo “*Business*”, o modelo conhecido por “*Rigid Cash-Flow*” é mais sensível ao preço do petróleo, o que comprova a noção intuitiva. Isto quer dizer que variações iguais do preço do petróleo, a abordagem do Fluxo de Caixa Rígido fornece maiores variações do VPL do que o modelo “*Business*”.

Neste sentido, o “*Business*” é mais conservador a respeito da opção *timing* de investimento. Intuitivamente, uma maior inclinação quer dizer que o valor da opção real é maior para o modelo “*Rigid Cash Flow*” do que para o modelo “*Business*”, que, assim, pode ser caracterizado como mais conservador. Vale dizer que o valor da opção deve se situar entre os valores encontrados pelos dois modelos, pois cada um deles assume uma hipótese extrema a respeito da correlação entre os custos operacionais e o preço do petróleo (perfeita ou zero). Um modelo mais realista poderia assumir o custo operacional como estocástico, mas isso acarretaria um grande aumento da dificuldade na modelação.