

3

Incertezas, Função VPL e o Investimento em Informação

O presente capítulo visa, inicialmente, introduzir os tipos de incerteza existentes em projetos de investimento. Seguindo o mesmo procedimento adotado por Dias (2002), apresenta-se detalhadamente a maneira de se obter o valor presente líquido (VPL) gerado por um determinado projeto da área petrolífera. Dessa forma, torna-se possível compreender os efeitos causados pela incerteza técnica na função VPL.

Também são apresentados os benefícios gerados pela realização de investimentos em informação (que visam reduzir a incerteza técnica) e o conceito da Distribuição de Revelação, desenvolvido por Dias.

3.1

Tipos de Incerteza

Existem dois importantes tipos de incerteza geralmente presentes em projetos de investimento e inovações tecnológicas: a incerteza técnica e a incerteza de mercado.

Esta é muito mais uma abordagem do ponto de vista econômico do que financeiro, onde estes conceitos seriam respectivamente apresentados como o risco diversificável (não-sistemático) e o risco não-diversificável (sistemático) do projeto. Nessa dissertação, adota-se o tratamento econômico por considerá-lo mais apropriado do ponto de vista da ação gerencial maximizadora do valor da firma.

3.1.1

Incerteza de Mercado

A incerteza de mercado é correlacionada aos movimentos gerais da economia, movimentos estes, sujeitos a eventos aleatórios, tais como: guerras, recessões ou descoberta de novas tecnologias.

Uma característica importante é o fato desse tipo de incerteza não ser reduzido com a realização do projeto. Por exemplo, a incerteza a respeito dos preços futuros do petróleo depende exclusivamente de fatores exógenos ao projeto da firma. Logo, não se aprende investindo; mas sim, esperando.

Segundo Dias (1996), esse tipo de incerteza, o qual não pode ser totalmente diversificável, afeta negativamente os investimentos. Isto porque, quanto maior a incerteza de mercado, maior será a tendência de espera por parte do investidor ou maior será o retorno exigido por ele para que se inicie o projeto. Assim, muitos projetos que estão “*in the money*” serão postergados, apenas sendo realizados os projetos que estão “*deep in the money*”. Ou seja, quanto maior a incerteza de mercado, mais valor terá a opção de adiamento do projeto e, conseqüentemente, maior será a exigência de lucratividade do projeto para que o gerente exerça a opção de investimento. Em outras palavras, “matar” a opção de espera representa um custo de oportunidade que, de acordo com o aumento desse tipo de incerteza, torna-se cada vez mais significativo.

3.1.2 Incerteza Técnica

A incerteza técnica não possui correlação alguma com os movimentos macroeconômicos, ou seja, neste caso a situação geral da economia não afeta a variável-objeto.

Em projetos de exploração e produção de recursos minerais, a incerteza técnica mostra-se presente em relação ao tamanho e características da reserva, bem como na quantificação do volume de óleo, gás e água das jazidas em projetos específicos de E&P de petróleo. Projetos de exploração mineral, pesquisas e desenvolvimento são casos típicos nos quais a incerteza técnica desempenha papel dominante.

Segundo Dias (1996), diferentemente da incerteza de mercado, à medida que investimentos são realizados, esse tipo de incerteza tem seu valor reduzido. A incerteza técnica é, portanto, endógena ao processo de decisão.

Havendo incerteza técnica, ocorre uma redução do valor esperado do projeto, uma vez que a construção da planta do projeto é baseada em parâmetros

técnicos como, por exemplo, o volume e qualidade da reserva. Assim, baseando-se em parâmetros técnicos diferentes dos reais, serão obtidos projetos sub-ótimos, seja através de superinvestimento ou de sub-investimento (em projetos petrolíferos, isso se dá pelo excesso ou falta de poços na planta, bem como pela velocidade no processamento da capacidade da reserva).

Com a realização de investimentos em informação, o estado real dos parâmetros técnicos é revelado, seja totalmente ou parcialmente, assim possibilitando a tomada de uma melhor decisão de investimento. É desta forma que a chegada de novas informações adiciona valor ao projeto. Logo, a possibilidade de serem realizados investimentos em informação é mais uma importante opção que os gerentes possuem para a tomada da melhor decisão de investimento. Daí, a importância do estudo deste assunto, que vem a ser um dos objetivos desta dissertação.

Conclui-se, portanto, que a presença inicial da incerteza técnica é capaz de agregar valor àqueles projetos que podem ser desenvolvidos em estágios sequenciais (ou seja, em processos que possam ser realizados passo a passo), uma vez que as informações reveladas em um estágio servirão de referência para o desenvolvimento dos estágios posteriores, reduzindo assim, a possibilidade de geração de projetos sub-ótimos.

3.2

Resultado do Exercício da Opção de Desenvolvimento: a Função VPL

O exercício da opção de desenvolvimento gera o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto que é dado pela diferença entre o valor da reserva desenvolvida (V) e o custo de desenvolvimento (D).

$$VPL = V - D \quad (3.1)$$

Na indústria petrolífera, o valor da reserva desenvolvida V é dado pelo Fluxo de Caixa Descontado (FCD) das transações comerciais da reserva desenvolvida. Assim, a variável V representa o valor presente das receitas geradas descontadas dos custos operacionais e taxas, enquanto o investimento D vem

representando o valor presente dos custos de desenvolvimento descontados dos benefícios fiscais.

Um grande desafio em projetos petrolíferos é a modelagem da função VPL quando consideradas, juntas, as incertezas técnicas e econômicas na simulação de Monte-Carlo. Algumas abordagens foram desenvolvidas para resolver esse problema, sendo nesta dissertação utilizada a abordagem *Business Model* para tanto.

3.2.1 Abordagem *Business Model*

Esta abordagem visa encontrar uma equação simples para o cálculo do Valor Presente Líquido do projeto, considerando para tanto as principais fontes de incerteza que impactam a função VPL.

Assim, considera-se que o valor de uma reserva desenvolvida (V) é afetado por fatores, como:

- volume da reserva (B)
- preço atual e a longo-prazo do petróleo (P)
- qualidade técnica da reserva
- qualidade econômica da reserva

A qualidade técnica da reserva varia de acordo com a qualidade do fluido da reserva, bem como com a permeabilidade e porosidade do reservatório. Já a qualidade econômica da reserva varia de acordo com a localização, uma vez que taxas de desconto e regime fiscal variam de país para país, além dos custos operacionais variarem de acordo com a profundidade e distância da reserva à área de infra-estrutura industrial petrolífera.

O investimento ótimo para o desenvolvimento do projeto (D) é função do volume da reserva (B). Os coeficientes da função $D(B)$ variam de acordo com a localização, possuindo valores superiores em casos de reservas mais profundas e mais afastadas da área de infra-estrutura industrial petrolífera. Segundo Dias (2002), estudos empíricos demonstraram que o uso da equação linear com

coeficientes variáveis (CV) e fixos (CF) mostrou-se como sendo uma boa aproximação para a obtenção da capacidade ótima em função do volume esperado da reserva.

$$D(B) = CF + (CV \cdot B) \quad (3.2)$$

Percebe-se, então, que o custo de desenvolvimento do projeto está associado a fatores técnicos e econômicos. Apesar da simplicidade da equação apresentada acima, o método que vem apresentado abaixo é suficientemente geral, a ponto de incluir a incerteza econômica na variável D.

Sabendo-se que o valor da reserva é proporcional ao volume de petróleo nela existente (B) e ao preço a longo-prazo do petróleo (P), tem-se como ponto de partida a seguinte equação:

$$V = P \cdot B \quad (3.3)$$

Mas, o valor da reserva também depende das qualidades técnicas e econômicas da reserva, sendo assim necessário um ajuste da equação anteriormente citada. Isto é feito através da introdução de um fator, conhecido como fator de qualidade econômica da reserva (q). Assim, chega-se à equação da abordagem *Business Model* para o valor da reserva desenvolvida. Nela estão expressas as três principais fontes de incerteza que afetam o valor da reserva:

$$V = q \cdot P \cdot B \quad (3.4)$$

Este fator (q) pode ser encarado como sendo composto por um componente técnico (q^T), representando a qualidade do fluido e produtividade, por exemplo, e um componente de mercado (q^M), representando custos operacionais e taxas de juros, por exemplo. A expectativa sobre o componente técnico só apresenta variação com a chegada de novas informações, enquanto que o componente de mercado tem sua expectativa continuamente variada com o tempo. É possível obter no mercado um valor aproximado para este fator em casos de existência de projetos bastante semelhantes, mas quando isto não ocorre, pode-se estimá-lo através do VPL obtido pela análise do Fluxo de Caixa Descontado.

Assim, substituindo a equação (3.4) na equação (3.1), tem-se a equação da abordagem *Business Model* para o Valor Presente Líquido da reserva desenvolvida:

$$\text{VPL} = q.P.B - D \quad (3.5)$$

3.3 Efeitos da Incerteza Técnica na Função VPL

O VPL do projeto é baseado no valor esperado de seus fluxos de caixa. Em casos com incerteza técnica, o valor utilizado para o cálculo desses fluxos de caixa são os valores esperados do volume da reserva, $E[B]$, e do fator q , $E[q]$, enquanto que nos casos em que não é verificada a presença desta incerteza são utilizados os reais valores desses parâmetros. Logo, comparando os dois casos, verifica-se que há diferença no VPL. Isto porque, baseando-se em parâmetros técnicos diferentes dos reais, serão obtidos projetos sub-ótimos, seja através de superinvestimento ou de sub-investimento (em projetos petrolíferos, isso se dá pelo excesso ou falta de poços na planta, bem como pela velocidade no processamento da capacidade da reserva).

Portanto, torna-se bastante importante quantificar as perdas conseqüentes do desenvolvimento de projetos sub-ótimos, visando justificar a necessidade de investimentos em informação. Para tanto, nesta dissertação é utilizado um fator de perda, penalizando o valor da reserva devido a possibilidade existente de serem realizados investimentos sub-ótimos (isto também poderia ser feito através da consideração de um maior grau de aversão ao risco).

3.3.1 Metodologia para Quantificação das Perdas

O valor da reserva (V) depende do fator q , que por sua vez, depende dos parâmetros técnicos. Este fator q está relacionado ao Valor Presente Líquido e, portanto, à velocidade em que as reservas são extraídas e vendidas no mercado.

Se o capital empregado no desenvolvimento do projeto for subdimensionado em relação ao volume ou produtividade da reserva (pelo fato de o volume real da reserva ser superior ao volume esperado), esta limitação de capacidade reduzirá o valor do fator q . Isto porque, mesmo podendo todo o volume ser extraída com o sub-investimento, a velocidade com que essa extração ocorrerá será inferior (reduzindo, assim, o VPL). Para compensar esta limitação, utiliza-se um fator de penalidade sobre o fator q , que será chamado de H_{up} , o qual pertence ao intervalo de valores $(0, 1]$. Logo, o fator H_{up} é utilizado para penalizar os valores das reservas desenvolvidas nas quais, a posteriori, é verificado que:

$$- q.B > E[q.B]$$

Já, se o capital empregado no desenvolvimento do projeto for superdimensionado em relação ao volume ou produtividade da reserva (pelo fato de o volume real da reserva ser inferior ao volume esperado), o fator, que será chamado de H_{down} , pertencerá ao intervalo de valores $(0, 2]$. Este intervalo demonstra que o caso de superdimensionamento deve ser visto por dois ângulos:

- H_{down} pode assumir valores superiores a 1, já que o superdimensionamento possibilita picos de produções superiores ao ótimo, com isso aumentando o valor da reserva (V), mas mesmo assim continuando o VPL inferior ao VPL ótimo (caso em que é realizado um dimensionamento ótimo, devido à posse de informações completas). A razão disto vem do custo (D) do superdimensionamento ser bastante superior ao custo ótimo do projeto (D^*).
- H_{down} também pode assumir valores inferiores a 1. Isto pode ocorrer devido à localização e espaçamento dos poços (ou seja, apesar de haver mais poços do que o necessário, eles podem estar longe da área de concentração do pouco petróleo existente), bem como pela velocidade mais lenta de extração causada pela presença de muitos poços.

O fator H_{down} é utilizado no cálculo do valor da reserva desenvolvida para os casos nos quais, a posteriori, é verificado que:

$$- q.B < E[q.B]$$

Empiricamente, foi comprovado que esse fator possui seu valor bastante próximo a 1. Isto pode ser justificado pelo diferente comportamento deste fator, como apresentado acima.

Portanto, a função VPL para casos em que se verifica a presença de incerteza técnica pode ser estimada através da simulação de Monte-Carlo utilizando as equações abaixo.

Caso;

$$- q.B = E[q.B] \implies VPL = q.P.B - D \quad (3.6)$$

$$- q.B > E[q.B] \implies VPL = P. \{E[q.B] + H_{up} .(q.B - E[q.B])\} - D \quad (3.7)$$

$$- q.B < E[q.B] \implies VPL = P. \{2.q.B - E[q.B] + H_{down} .(E[q.B] - q.B)\} - D \quad (3.8)$$

Para o cálculo destas equações é preciso estimar o valor dos fatores de penalidades. Isto pode ser feito pela análise do Fluxo de Caixa Descontado, fixando-se o valor do investimento e calculando-se o VPL para diferentes cenários das variáveis q e B . Uma maneira prática de estimar H é através da realização da análise de alguns cenários representativos da distribuição dos parâmetros técnicos, assumindo que o fator de penalidade só tem seu valor modificado de acordo com a variância da incerteza técnica. Desta maneira, para os casos de revelação parcial (onde, apesar da chegada de novas informações, ainda resta alguma incerteza técnica), esse fator de penalidade deve ser atualizado para um valor que estará compreendido entre o valor anterior à revelação e 1 (valor desse fator para o caso da revelação total, no qual não há a necessidade de penalidade). Essa atualização pode ser feita através da seguinte associação: a diferença entre H e 1 como sendo proporcional a variância restante da incerteza técnica. Utilizando-se dessa

atualização, só é preciso estimar o fator de penalidade inicial para a incerteza técnica (anterior ao investimento em informação). Segundo Dias (2002), uma sugestão seria reduzir a distribuição de incerteza técnica em apenas três cenários: o abaixo do esperado, o esperado e o acima do esperado. A figura abaixo vem ilustrar esses três cenários propostos por Dias, estando nela considerado o caso em que o fator H_{down} possui valor igual a 1 (caso em que o valor V_d é o mesmo na presença ou ausência de informação; mas não o sendo o do VPL, em decorrência do efeito do custo D).

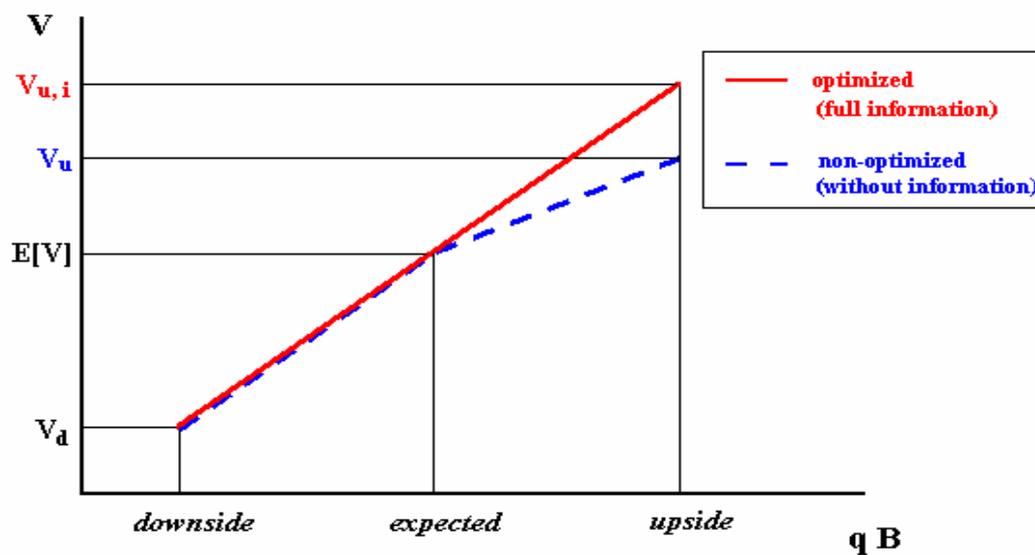


Figura 1 – Efeito da incerteza no valor da reserva desenvolvida (V)

Fonte: site <www.puc-rio.br/marco.ind>

Assim, através da interpretação do gráfico percebe-se que o valor do fator H_{up} é dado pela equação abaixo:

$$H_{up} = (V_u - E[V]) / (V_{u,i} - E[V]) \quad (3.9)$$

Também se torna intuitivo que o valor desse fator tende a 1 quando a variância da incerteza técnica é nula. Portanto, o percentual de redução da variância da incerteza técnica é utilizado para a atualização desse fator, tornando esse procedimento mais rápido e fácil. A seguinte equação é utilizada para tanto:

$$H_{ai} = H_{di} + (1 - H_{di}) \cdot [\% \text{ redução da variância}(B) + \% \text{ redução da variância}(q)] / 2 \quad (3.10)$$

onde: H_{ai} → valor do fator antes da chegada de informações

H_{di} → valor do fator depois da chegada de informações

3.3.2

Análise do Efeito da Incerteza Técnica na Função VPL

Com a metodologia para quantificação das perdas de valor da função VPL utilizada acima, conclui-se que a incerteza técnica (causada pela falta de informações) afeta tanto o investimento ótimo (D^*), como o valor da reserva (V). O primeiro sendo afetado pela relação que possui com o volume da reserva (B), como ilustra a equação (3.2), enquanto o segundo pela penalidade exercida pelo fator H .

O efeito da incerteza técnica na função VPL pode ser reduzido gradativamente com o investimento em informação. Essa dissertação busca justificar a importância desse tipo de investimento, sendo para isso utilizado um caso real da indústria de petróleo.

3.4

Investimentos em Informação e a Distribuição de Revelação

3.4.1

Introdução

A presença de incerteza técnica impossibilita o conhecimento dos reais valores de alguns dos parâmetros fundamentais para uma análise precisa do potencial do projeto a ser desenvolvido.

Na ausência dos reais valores de tais parâmetros, muitos gerentes vinham realizando suas análises baseando-se numa estimativa intuitiva dos valores desconhecidos. Para tanto, definiam um conjunto de valores, onde a cada um desses valores era associada a probabilidade dele representar o real valor do parâmetro em questão (Distribuição a Priori).

Mas, a subjetividade de tal estimação aumenta o risco de erros nas análises, sendo que quanto maior o nível de incerteza técnica existente e/ou o volume de capital requerido pelo projeto, maiores serão os danos causados por uma análise errada. Portanto, em projetos com bastante incerteza técnica e que despendem elevado volume de capital torna-se necessária uma estimação bastante rigorosa dos valores desconhecidos inicialmente, como já vem ocorrendo para projetos da área petrolífera, conforme é ilustrado no parágrafo abaixo.

A avaliação de um campo de petróleo trata de um problema multi-estágios, onde o primeiro estágio envolve a exploração, testes sísmicos e testes de perfuração que são realizados para que sejam descobertos a quantidade de óleo existente e o custo estimado para retirá-lo. Caso os resultados desse primeiro estágio sejam favoráveis, o próximo estágio é o desenvolvimento, a instalação das plataformas e poços de produção necessários para extrair o petróleo existente no campo. Esse segundo estágio pode ser precedido por uma fase de avaliação mais profunda, visando reduzir a incerteza técnica, durando até que a incerteza técnica restante não mais justifique o investimento adicional em informação a ser feito.

Isso só vem ilustrar o valor que é agregado ao projeto devido à chegada de novas informações (a respeito dos parâmetros, cujos valores são desconhecidos), especialmente em projetos petrolíferos, justificando assim o investimento em informação antecedente ao desenvolvimento do projeto.

3.4.2 Investimentos em Informação

Investimentos sequenciais em informação podem revelar a incerteza técnica. Ao investir em informação, a variância desta incerteza técnica é reduzida. Por outro lado, este tipo de investimento nada revela a respeito da incerteza econômica, uma vez que, apesar do conhecimento de novas informações ser importante, a volatilidade do processo estocástico envolvido não é reduzida.

O CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) afirma que a incerteza técnica não possui correlação alguma com os movimentos macroeconômicos, não demandando assim prêmio de risco por parte dos investidores bem diversificados. Mas, quando se trata de incerteza técnica, o prêmio de risco não é tudo o que

importa. Isto porque, a flexibilidade gerencial permite fazer bem mais do que simplesmente diversificar a incerteza técnica (como estão limitados os investidores), tornando possível uma alavancagem do valor do projeto por meio de um gerenciamento ótimo desse tipo de incerteza. Segundo Dias (2002), o CAPM permanece válido, mas não suficiente para representar o mundo real de decisões de investimento onde há incerteza técnica relevante.

O investimento em informação favorece o gerenciamento ótimo da incerteza técnica, à medida que vão sendo revelados os reais valores dos parâmetros técnicos do projeto. Isto porque, a ausência de informações permite erros no dimensionamento das plataformas (no caso de um projeto petrolífero), resultando na realização de sub-investimentos ou de superinvestimentos. Além disso, muitos projetos “*deep in the money*” são deixados de lado pelo fato de os gerentes os terem rotulado como “*not deep in the money*”, enquanto projetos “*not deep in the money*” são desenvolvidos pelo fato de os gerentes os terem rotulado como “*deep in the money*”.

As informações podem chegar a revelar exatamente toda a verdade a respeito dos parâmetros técnicos, “revelação total” ou “revelação perfeita”, resultando na eliminação da incerteza técnica. Mas, o mais comum é apenas a redução dessa incerteza, pois normalmente as informações só revelam parcialmente a realidade dos parâmetros técnicos, “revelação parcial” ou “revelação imperfeita”. Em ambos os casos, é perceptível a presença de um valor da informação que vem ser proporcional ao grau de redução da incerteza técnica alcançado. Assim, obviamente, o valor da informação nos casos de revelação parcial não pode exceder o valor da informação nos casos de revelação total.

Portanto, para que o valor da informação seja quantificado, deve-se medir o grau de redução da incerteza técnica alcançado, o que convenientemente é expresso pelo percentual de redução da variância dessa incerteza.

Mas, investir em informação demanda custo e tempo, criando assim opções por diferentes alternativas de investimento em informação. Ao optar pela alternativa de custo mais elevado, maior será a revelação dos reais parâmetros técnicos (maior o percentual de redução da variância da incerteza técnica) e, conseqüentemente, maior será o valor bruto da informação (ainda não descontado o custo despendido). Deve-se, então, comparar a relação “custo x benefício” (“custo do investimento em informação x valor da informação”) de cada

alternativa de investimento em informação, visando escolher a alternativa que apresente maior valor líquido da informação (já descontado o custo despendido). Vale lembrar que dentre essas alternativas, encontra-se a alternativa de não serem realizados investimentos em informação.

Após a decisão quanto ao investimento ou não em informação, cabe ser feita a decisão quanto ao investimento no desenvolvimento do projeto em questão.

3.4.3 Distribuição de Revelação

À medida que são realizados investimentos em informação, uma nova distribuição para os possíveis valores do parâmetro vai surgindo (Distribuição a Posteriori), baseada nas novas informações que vão chegando. Devido à presença de mais informações, essa nova distribuição possui variância inferior a da distribuição que fora determinada anteriormente à realização desse tipo de investimento (Distribuição a Priori), assim enfatizando o valor da informação ao projeto.

Mas, o grande problema é que pode haver infinitas distribuições a posteriori, o que não é nada prático à análise. Portanto, o conceito de Distribuição de Revelação veio resolver essa questão, uma vez que é capaz de substituir as várias (ou até infinitas) Distribuições a Posteriori por uma única distribuição, chamada por Dias (2002) de Distribuição de Revelação. Isso só é possível, porque a Distribuição de Revelação nada mais é que a distribuição das expectativas das Distribuições a Posteriori. Assim, da mesma maneira que a Distribuição a Posteriori, a Distribuição de Revelação também é baseada (condicionada) no conteúdo das informações que vão chegando sendo, portanto, uma distribuição das expectativas condicionais.

A Distribuição de Revelação veio facilitar em muito o estudo dos benefícios proporcionados pelo investimento em informação às análises de investimentos em projetos sob incerteza, ao conseguir responder mais claramente duas questões essenciais:

- A relação “custo x benefício” da informação (“custo do investimento em informação x valor da informação”)
- A escolha da melhor alternativa de investimento em informação para o projeto

3.4.3.1 As Quatro Proposições da Distribuição de Revelação

Segundo Dias (2002), quatro são as proposições que caracterizam o processo de aprendizado da incerteza técnica através do investimento em informação.

Caso haja revelação total, o real valor do parâmetro é encontrado. Em outras palavras, isso significa que a variância da Distribuição a Posteriori torna-se nula. Assim, como a Distribuição a Priori representava a incerteza presente, a Distribuição de Revelação nesse caso, será igual a Distribuição a Priori. Isso porque, com a revelação total, não mais haverá expectativa em torno do valor procurado; e sim, certeza. Portanto, nesse caso, a Distribuição de Revelação não mais irá considerar as expectativas dos valores; e sim, o valor que fora revelado como sendo o real, de acordo com o conteúdo da informação colhida. Isso então ilustra que essa distribuição ainda estará condicionada ao conteúdo da informação sendo necessário, portanto, que esta leve em consideração todas as possibilidades de revelações totais, obviamente baseadas no conjunto de valores definidos na Distribuição a Priori. Desta forma, todas combinações dos valores da Distribuição a Priori são testadas, chegando-se a uma distribuição de valores (que é a Distribuição de Revelação) que será exatamente igual à Distribuição a Priori. Essa é a primeira das quatro proposições.

Já a segunda proposição ilustra a igualdade entre os valores esperados da Distribuição a Priori e da Distribuição de Revelação, independentemente do fato da revelação ser total ou parcial.

$$E[R_x] = E[X] \quad (3.11)$$

Sendo: R_x : Distribuição de Revelação

X : Distribuição a Priori

Mas, o mais comum são os casos de revelação parcial, onde a variância não é totalmente eliminada; e sim reduzida. A quantificação do grau de redução da variância é o ponto central da análise relativa ao investimento em informação, uma vez que indica o poder de revelação de um investimento desse tipo, ou melhor, o valor da informação relativa ao projeto. Por meio da Distribuição de Revelação é possível resolver esta questão de uma maneira simples. Isso porque, de acordo com a terceira proposição, a redução esperada da variância proporcionada pelo investimento em informação é igual a variância da Distribuição de Revelação.

$$\text{Var}[R_x] = \text{Var}[X] - E[\text{Var}\{X/I\}] \quad (3.12)$$

Pela equação acima, percebe-se que a variância da Distribuição de Revelação é relacionada ao poder investigativo do investimento em informação. Quanto maior for esse poder investigativo, maior será a variância da Distribuição de Revelação. Ou seja, enquanto a variância da Distribuição a Posteriori decresce, a variância da Distribuição de Revelação aumenta. Segundo Dias (2002), o ganho de conhecimento provoca efeitos opostos em tais variâncias.

A quarta proposição diz respeito aos investimentos seqüenciais em informação, demonstrando que as médias das Distribuições de Revelação geradas após cada etapa desses investimentos são iguais. Em outras palavras, se forem realizados dois investimentos em seqüência, a média da Distribuição de Revelação gerada após o segundo investimento é exatamente igual à média da Distribuição de Revelação gerada pelo primeiro investimento (sendo isso também válido para uma quantidade ilimitada de investimentos em seqüência).

Devido a essas proposições, são necessários apenas os conhecimentos de duas questões para modelar a incerteza técnica, possibilitando a especificação da Distribuição de Revelação. São elas:

- A incerteza técnica total sobre determinado parâmetro
- Poder de revelação de determinada alternativa de investimento em informação

A primeira delas é representada pela Distribuição a Priori, onde estão especificadas a média, a variância e o formato da distribuição (triangular, uniforme, normal,...) para um determinado parâmetro. Já a segunda, vem representar a expectativa de redução da incerteza técnica (redução da variância) gerada por cada alternativa de investimento em informação.

3.4.4

O Paradoxo Gerado com o Investimento em Informação

Tem-se que, de acordo com a Teoria das Opções Reais, quanto maior for a incerteza presente (variância), maior será o valor da opção real. Além disso, é fato que o grande objetivo do investimento em informação antecedente ao desenvolvimento do projeto vem ser a redução da incerteza técnica, se possível tornando-a nula.

Logo, a chegada de novas informações faz com que a variância da Distribuição a Posteriori seja inferior a da Distribuição a Priori, surgindo assim um paradoxo que pode ser explicitado pela seguinte questão: “Se a opção real apresenta maior valor em ambientes mais incertos, qual a vantagem de se investir em informação?”.

Segundo Dias (2002), a invalidação desse paradoxo está no fato das análises econômicas e financeiras de projetos serem baseadas nas expectativas condicionais, que nesse estudo é representada pela Distribuição de Revelação; e não numa Distribuição a Posteriori específica. Portanto, o valor da opção real está vinculado à variância da Distribuição de Revelação. Conforme já fora ilustrado na terceira proposição, quanto maior for a redução da incerteza, maior será a variância da Distribuição de Revelação e, por consequência, o valor da opção real.

Portanto, o conhecimento adquirido com o investimento em informação aumenta o valor da opção real, sendo a Distribuição de Revelação fundamental para esse esclarecimento.

3.4.5 Investimentos Seqüenciais em Informação

A realização dos mesmos investimentos em informação, porém em seqüências diferentes, afeta o valor que, por eles, é agregado ao projeto. Portanto, quando realizados investimentos seqüenciais em informação, cabe a gerência escolher a seqüência que maximizará (a seqüência ótima) o valor gerado por tais investimentos.

Um exemplo ilustrado por Johnathan Mun (2003) fornece uma maneira mais intuitiva de entendimento: existindo duas etapas seqüenciais, em que a realização da segunda etapa depende do sucesso da primeira, o valor da opção real será maior quando o custo do primeiro investimento for inferior ao custo do segundo. Isso porque, não havendo sucesso na primeira etapa, menos capital teria sido empregado em vão. Ou seja, em casos de investimentos seqüenciais como esse, o primeiro investimento funciona como uma espécie de *hedge* para o segundo investimento.

Outro ponto determinante é o fato de que ao ser realizado um primeiro investimento em informação que, por exemplo, possua grande poder de revelação, ocorrerá uma grande redução da incerteza, assim gerando uma Distribuição a Posteriori com baixa variância. É justamente esse fato que poderá reduzir o incentivo à realização de um segundo investimento em informação, uma vez que o valor que essa nova informação agregaria, poderia não chegar a ser o suficiente, a ponto de justificar o custo de tal investimento.

Assim, na prática, os investimentos seqüenciais em informação são utilizados sobretudo quando a revelação resultante do primeiro dos investimentos apresentar baixa redundância com as demais; e assim por diante. Na área petrolífera, isso pode ser ilustrado pela grande distância entre os poços de petróleo na fase exploratória, sendo a seqüência de investimentos consistida da exploração de cada poço que, devido a grande distância existente entre eles, não possui correlação expressiva com os demais.