

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC - SP

Eder Novais Arantes

**Opções reais aplicadas a projeto de investimento em
telecomunicações com o uso do modelo binomial e simulação de
Monte Carlo**

MESTRADO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ATUARIAIS

São Paulo

2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC - SP

Eder Novais Arantes

**Opções reais aplicadas a projeto de investimento em
telecomunicações com o uso do modelo binomial e simulação de
Monte Carlo**

MESTRADO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ATUARIAIS

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de MESTRE em Ciências Contábeis e Atuariais, sob a orientação do Professor Doutor Rubens Famá.

São Paulo

2010

ERRATA

página	linha
101	1

onde-se lê: 4) Para cada uma das 2Cada cenário teve o seu VPL armazenado, conforme ilustrado pela Figura 11 – Geração de VPL aleatório.

leia-se: 4) para cada uma das variáveis chave do projeto foi definida a distribuição de probabilidade que melhor se aplicaria, levando-se em consideração se os dados eram discretos ou contínuos, assimétricos ou não e se estavam aglomerados ao redor do valor. As premissas definidas para cada uma das variáveis relevantes foram:

ARPU: o plano de negócios feito pela operadora tinha, para o cenário básico, o valor de R\$ 50,00. Como esta é uma variável que não pode ter valores negativos, pois não faz sentido ter preços menores que zero, foi assumida uma distribuição log-normal, que possui a vantagem de evitar valores negativos. Em entrevistas com a área de *marketing*, esta definiu um desvio padrão de R\$ 5,00 e um valor mínimo truncado de R\$ 45,00, com o argumento razoável de que este é o menor valor dos planos de serviços atuais da operadora.

Número de clientes: assumiu-se uma distribuição triangular para esta variável, na qual são estabelecidos valores mínimos e máximos, com uma variação de 5% em relação aos valores do cenário básico. Esse percentual foi obtido, comparando-se as projeções passadas da operadora com o real, conforme relatórios de acompanhamento de desempenho de outros serviços lançados anteriormente.

Custo de manutenção por cliente: a operadora possui proposta de um fornecedor com preço estabelecido em R\$ 6,00, e a distribuição assumida para essa variável foi também a triangular não simétrica, pois, devido à maior certeza do preço máximo, assumiu-se um valor R\$ 6,20 como limite máximo, a fim de garantir que, no futuro, possa haver reajuste no contrato e R\$ 5,40 como limite mínimo, devido à possibilidade de ainda se negociarem descontos, conforme relatos da área de compras.

Investimento por cliente: assumiu-se uma distribuição log-normal para essa variável, com desvio padrão de 10%, pois é uma variável que também não possibilita haver valores negativos. O desvio padrão foi obtido, ao se compararem os orçamentos de anos anteriores feitos pela área de engenharia da operadora.

Subsídio por cliente: assumiu-se uma distribuição triangular com valores mínimos de R\$ 185,00 e máximos de R\$ 215,00, devido à diretriz da diretoria da operadora de se estabelecer um teto para o subsídio, pois o mesmo representa isoladamente a segunda maior despesa do projeto. O valor mínimo representa uma possível queda, conforme os movimentos da concorrência e foi definido pela área de *marketing*.

A variável dependente estabelecida para cálculo da medida de risco foi o VPL do projeto. Desta forma, foram gerados dez mil cenários, e cada um deles foi o resultado da combinação das diferentes variáveis obtidas aleatoriamente, conforme as distribuições de probabilidade definidas. Cada cenário teve o seu VPL armazenado, conforme ilustrado pela Figura 11 – Geração de VPL aleatório.

Banca examinadora:

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à minha esposa **Rubya**, pela sua paciência, renúncia, carinho, e pelos incentivos fundamentais nesta minha jornada, e também ao meu filhinho, **Murilo**, que chegou durante o desenvolvimento da pesquisa, e por ter sido, à sua maneira, fonte de inspiração em diversos momentos. Aos dois dedico esse trabalho.

Ao meu orientador, Professor **Rubens Famá**, pelo apoio, dedicação ensinamentos e aporte de conhecimentos inestimáveis a essa dissertação e ao longo do curso de Mestrado, e com quem tive e tenho a honra de conviver. Eu ofereço o meu mais sincero agradecimento.

Aos meus pais, **Tereza** e **Waldson**, pelo apoio e incentivo aos meus estudos, às minhas irmãs, **Edna**, **Elizabeth** e **Margareth**, e ao meu irmão, **Edson**, por sempre acreditarem e confiarem em mim.

Aos meus colegas e amigos de curso da PUC-SP, que possibilitaram discussões e debates importantes para o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos, em especial a **Nádia** e **Wellington**, que apoiaram e também contribuíram com suas discussões e intervenções desde o início até o fim dessa jornada.

RESUMO

O setor de telecomunicações caracteriza-se pelo comprometimento antecipado de um grande volume de recursos em projetos de investimentos efetuados em um ambiente de forte concorrência, o que coloca em risco os retornos esperados. Uma cuidadosa avaliação financeira desses investimentos é essencial e, na maioria das vezes, é feita com a aplicação da técnica do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) para se calcular o Valor Presente Líquido (VPL). Em situações em que há incertezas em relação às premissas adotadas e existência de variáveis estratégicas que permitem maior flexibilidade de atuação por parte dos gestores, a aplicação da Teoria das Opções Reais para a avaliação de um projeto de investimento pode complementar aquela feita inicialmente pelo FCD. Este estudo de caso avaliou um projeto de investimento em telecomunicações com o uso de opções reais, em um modelo simplificado, haja vista que a aplicação dessa teoria ainda não se encontra totalmente disseminada, devido à complexidade de seus elementos. A partir da avaliação inicial feita pela empresa, conduziu-se uma análise de sensibilidade que demonstrou as variáveis *receita média por cliente* e *quantidade de clientes* como as mais relevantes do projeto, e, com o emprego da simulação de Monte Carlo, foi dimensionado o alto risco do projeto, pois, em 40% dos cenários simulados, obteve-se um VPL negativo. O cálculo da opção real existente no projeto, com a possibilidade de se adiar o seu início por até um ano, foi avaliado pelo modelo binomial, no qual foi dada particular atenção ao seu emprego e em como estimar os parâmetros exigidos no modelo, em especial a volatilidade. O estudo de caso sugere que, se a Teoria das Opções Reais fosse usada como complemento à avaliação inicial do projeto feita pelo VPL, o valor da opção estimado em R\$ 90 milhões poderia contribuir para aumentar a competitividade da empresa no leilão de frequências, aumentando o ágio sobre o valor mínimo exigido, inicialmente estimado em 77%, para 155%, afetando diretamente a tomada de decisão por parte dos gestores.

Palavras-chave: Investimentos. Incertezas. Flexibilidade gerencial. Volatilidade. Opções reais. Telecomunicações. Estudo de caso.

ABSTRACT

The telecommunications industry is characterized by early commitment of a large volume of funds in investments carried out in a strong competition environment which puts at risk the expected returns. A careful investment valuation is essential, and most of the time it is done with the application of the Discounted Cash Flow (DCF) technique in order to calculate the Net Present Value (NPV). In situations which there are uncertainties regarding the assumptions made and the existence of strategic variables that allow greater flexibility of management action, the application of the real options theory to evaluate an investment project may complement the one initially made by DCF. This case study evaluated an investment project in telecommunications with the use of real options, in a simplified model, considering that the application of such theory has not been fully disseminated due to the complexity of its elements. From the initial valuation done by the company, the sensitivity analysis showed that the average revenue per customer and number of customers as the most relevant variables of the project and also that use of Monte Carlo simulation highlighted the high risk of the project, once a 40% negative NPV was obtained in the simulated scenarios. The calculation of project real option, considering a start delay of one year or less, was evaluated in a binomial model, which was particularly focused on its use as well as on how to estimate the required parameters in the model, specially the volatility. The case study suggests that if the theory of real options were used in addition to the initial project valuation made by NPV, the estimated option value of R\$ 90 million could enhance the company competitiveness in the frequencies bid, and increasing the premium over the minimum required, that was initially estimated at 77% up to 155%, what will directly affect the managers' decision-making.

Keywords: Investments. Uncertainties. Managerial flexibility. Volatility. Real options. Telecommunications. Case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre preço da opção e da ação	36
Figura 2 – Ganho da opção de compra após a data de exercício.....	39
Figura 3 – Decisão de investimento com opção de abandono	42
Figura 4 – Modelo determinístico	59
Figura 5 – Modelo probabilístico	60
Figura 6 – Movimento da ação em um período	62
Figura 7 – Modelo binomial	65
Figura 8 – Empresas de telefonia fixa	73
Figura 9 – Áreas da licitação da frequência 3G	83
Figura 10 – Funcionamento de uma rede celular.....	84
Figura 11 – Geração de VPL aleatório	101
Figura 12 – Intervalo de valores do ativo no vencimento da opção	113
Figura 13 – Cálculo recursivo do valor da opção (em R\$ milhões).....	114
Figura 14 – Valor da opção no início da árvore (em R\$ milhões)	115

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução do Número de Publicações sobre Opções Reais	21
Gráfico 2 – Técnicas utilizadas pelas empresas para avaliação de projetos de investimento	28
Gráfico 3 – Técnicas de avaliação de projetos de investimentos utilizadas por empresas australianas	30
Gráfico 4 – Evolução no uso do VPL	31
Gráfico 5 – Razões para o não uso das Opções Reais	34
Gráfico 6 – Número de terminais telefônicos privatizados em 1998	72
Gráfico 7 – Quantidade de assinantes em telecomunicações	76
Gráfico 8 – Participação do setor de telecomunicações no PIB	77
Gráfico 9 – Investimentos e sua relação com a FBCF	78
Gráfico 10 – Projeção de assinantes e ARPU	89
Gráfico 11 – Análise de sensibilidade do VP_0	98
Gráfico 12 – Distribuição de probabilidade do VPL	102
Gráfico 13 – Distribuição de probabilidade do retorno	108
Gráfico 14 – Evolução mensal do Índice Intel	110
Gráfico 15 – Ágio por lote	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre os fatores determinantes de uma opção financeira e uma opção real	44
Quadro 2 – Principais opções de investimento / desinvestimento	50
Quadro 3 – Principais opções de exploração	51
Quadro 4 – Técnica ótima de avaliação	52
Quadro 5 – Simulação de Monte Carlo para cálculo da volatilidade	57
Quadro 6 – Tecnologias da rede celular	81
Quadro 7 – VPL sem flexibilidade (em R\$ milhões)	94
Quadro 8 – VPL expandido (em R\$ milhões).....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação dos fatores e seus efeitos no valor da opção.....	40
Tabela 2 – Premissas macroeconômicas	86
Tabela 3 – Investimentos do projeto	88
Tabela 4 – Evolução do número de posições de atendimento	90
Tabela 5 – Custo de manutenção	90
Tabela 6 – Gastos com subsídios	91
Tabela 7 – Gastos operacionais gerais	91
Tabela 8 – Demonstração do resultado do exercício (em R\$ milhões)	92
Tabela 9 – Fluxo de caixa da operação (em R\$ milhões).....	93
Tabela 10 – Matriz de correlação entre as variáveis chaves	101
Tabela 11 – Estatísticas da análise de risco do projeto	102
Tabela 12 – Estatísticas da análise do retorno do projeto	109
Tabela 13 – Parâmetros do modelo binomial	112
Tabela 14 – Resumo dos resultados do valor da opção por outros métodos ...	116
Tabela 15 – Simulação do valor da opção com diferentes volatilidades	117
Tabela 16 – Ágios no leilão das frequências do 3G	119

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROBLEMA DE PESQUISA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	19
2.1 Problema da pesquisa	19
2.2 Objetivos da pesquisa	20
2.3 Importância e justificativa do tema	21
2.4 Proposição	25
2.5 Delimitações do trabalho	25
2.6 Estrutura do trabalho	26
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
3.1 Avaliação tradicional de projetos de investimento.....	29
3.2 Técnicas de avaliação de projetos de investimento mais utilizadas	31
3.3 Quem usa Opções Reais e por que os outros não usam?	36
3.4 Teoria das Opções.....	38
3.5 Opções Reais.....	45
3.5.1 Comparativo entre opções financeiras e reais	47
3.5.2 Volatilidade e seu impacto no valor da opção real.....	49
3.5.3 Tipos de Opções Reais.....	53
3.5.4 O modelo mais apropriado para avaliação.....	55
3.6 A dificuldade de se estimar a volatilidade para um projeto	57

3.7 Simulação de Monte Carlo	62
3.8 Modelo Binomial para precificação de opção.....	64
3.9 Opções Reais em quatro passos	70
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	73
5 O ESTUDO DE CASO	77
5.1 O setor de telecomunicações hoje	78
5.1.1 Telefonia Fixa	78
5.1.2 Telefonia Móvel	80
5.1.3 Outros setores de telecomunicações.....	81
5.2 A evolução do setor de telecomunicações.....	82
5.3 Estrutura do setor de telecomunicações no Brasil	86
5.4 O projeto de investimento	87
5.4.1 O processo licitatório das frequências.....	88
5.4.2 Como funciona a rede celular.....	89
5.4.3 Análise do projeto de investimento pela operadora.....	91
5.4.3.1 Estabelecimento das premissas para cenário básico.....	91
5.4.3.1.1 Premissas macroeconômicas	92
5.4.3.1.2 Premissas operacionais.....	93
5.4.3.2 Avaliação do projeto de investimento	98
5.4.4 Extensão da análise do projeto	100
5.4.4.1 Análise de sensibilidade	101
5.4.4.1.1 Diagrama de tornado	102

5.4.4.1.2 Variáveis independentes.....	102
5.4.4.1.3 Análise dos resultados.....	103
5.4.4.2 Análise de risco do projeto	106
5.4.4.3 Análise pela Teoria das Opções Reais.....	111
5.4.4.3.1 Flexibilidades existentes no projeto	111
5.4.4.3.2 Modelagem da avaliação pela opção real.....	113
5.4.5 Análise dos resultados.....	125
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
REFERÊNCIAS	133

1 INTRODUÇÃO

Durante o processo de avaliação das decisões de investimento específico, ou orçamento de capital, são estabelecidos os projetos de investimentos de vital importância para a empresa, pois representam suas decisões estratégicas, cujos resultados podem se refletir por vários anos devido ao comprometimento da empresa com eles. Uma acurada análise dos retornos desses projetos torna-se primordial para a correta alocação dos recursos que permitam a sobrevivência e crescimento da empresa. A técnica de avaliação de tais projetos mais utilizada é a tradicional do fluxo de caixa descontado, tendo como base o Valor Presente Líquido (VPL). Este tipo de análise, introduzida durante a década de 50 do século passado, avalia um ativo por seus fluxos de caixa estimados trazidos a valor presente por uma determinada taxa de desconto. Esta técnica foi concebida para avaliar valores mobiliários, como ações, por exemplo. Possui, portanto, uma característica passiva, pois o detentor de uma ação não tem condições de influenciar o fluxo de caixa futuro da empresa da qual ele possui a ação.

Largamente utilizada para a tomada de decisões em orçamento de capital, a técnica do Valor Presente Líquido pode ser utilizada em algumas situações específicas em conjunto com outras técnicas, a fim de se capturar um importante componente do processo de decisão: a flexibilidade gerencial em um ambiente dinâmico e de incertezas.

O cenário empresarial atual é caracterizado por grandes mudanças em pouco espaço de tempo e por muita incerteza. Novas informações são recebidas diariamente, e, quando uma empresa decide realizar determinado investimento, ela pode ter sua incerteza inicial em relação aos retornos esperados reduzida,

devido às novas informações que chegam. Assim, novas decisões podem ser tomadas sobre o investimento, passando a gerência da empresa a ter uma atuação ativa neste processo.

Assim, se um determinado projeto pode ser parcialmente revertido e se existem incertezas sobre o seu valor, então a espera por novas informações pode ser valiosa. Esta possibilidade de a gerência de uma empresa alterar um projeto inicial é chamada de flexibilidade gerencial, que se assemelha ao instrumento financeiro chamado opção financeira, na qual o detentor desta opção, dependendo das informações futuras, tem a opção comprar/vender, por exemplo, uma ação no futuro.

A Teoria das Opções, que tem sua origem por meio da publicação do trabalho de Black e Scholes (1973), foi inicialmente desenvolvida para cálculo do preço de opções financeiras e também serviu como uma descrição geral para a precificação de outros instrumentos derivativos.

Posteriormente à publicação de Black e Scholes (1973), novas aplicações para a Teoria das Opções foram desenvolvidas, desde a avaliação de empresas até suporte a decisões de investimentos em projetos. Tal qual a opção financeira, um projeto de investimento de uma empresa gera também opções, as Opções Reais, pelas quais a empresa poderá decidir, no futuro, postergá-lo, reduzi-lo, ampliá-lo ou abandoná-lo, adicionando mais valor ao inicialmente esperado. Uma opção de mudança é um direito, e não uma obrigação, que a gerência possui, ao ter a possibilidade de alterar o modo de operação e implantação de um projeto. Na realidade, quase todos os projetos de investimentos são feitos por etapas e funcionam como opções compostas.

A habilidade de adiar decisões de investimento é valiosa, quando o investimento é irreversível – ou, pelo menos, parte dele o é – e o futuro é incerto, pois evita grandes perdas potenciais. Essa característica da Opção Real é de extrema importância e está refletida na avaliação de uma empresa, a qual incorpora as Opções Reais como parte integrante e relevante de seu valor. Assim, quanto maior a incerteza dos fluxos de caixa futuros esperada, mais valiosa será a opção de adiar o investimento, reduzindo o incentivo de realizar a opção real hoje.

Apesar da importância da Opção Real na avaliação de projetos de investimentos a sua utilização ainda é restrita. Pesquisas de Graham e Harvey (2001), Ryan e Ryan (2002), Truong, Partington e Peat (2008) demonstram que, ainda, a maioria das empresas não aplica os seus conceitos para avaliar os projetos. Segundo Teach (2003), demoraram décadas para que o conceito do VPL fosse largamente aceito na prática, e, para a Opção Real, que é uma ferramenta muito mais sofisticada que o VPL, espera-se que levará também algumas décadas para que seja totalmente integrada ao processo decisório das empresas. Copeland e Antikarov (2003) predizem que, em dez anos, as Opções Reais irão substituir o VPL como o paradigma central para decisões de investimento.

Uma das principais dificuldades que os gestores enfrentam na tomada de decisão é com relação ao tratamento da incerteza que cerca o projeto de investimento, tornando a previsão de fluxos de caixa futuro extremamente difícil. A velocidade com que o ambiente empresarial se altera faz com que abordagens mais dinâmicas para avaliação de projetos de investimento sejam necessárias. Neste contexto, as Opções Reais se apresentam como o modelo adequado a este

ambiente, pois a ideia subjacente a este conceito é de que uma oportunidade ou projeto de investimento pode ser comparado a uma opção: a empresa faz um investimento menor para obter, por exemplo, a opção de expandir o investimento inicial após determinado período de tempo.

Evidentemente que no percurso entre o investimento inicial e o próximo ocorrerão alterações no ambiente de atuação da empresa, que podem alterar a sua tomada de decisão. Assim, as decisões de investimento por parte dos gestores das empresas podem ser tomadas com o auxílio das Opções Reais, que, em conjunto com o tratamento adequado à questão da incerteza, por meio, por exemplo, da utilização da simulação de Monte Carlo (SMC), constituem uma ferramenta sofisticada na análise de projetos de investimento.

Os principais motivos da baixa aplicação das Opções Reais por parte das empresas devem-se à falta de conhecimento da ferramenta por parte dos gestores e, também, a percepção de que ela seja uma técnica muito sofisticada e, portanto, de difícil aplicação e entendimento, o que poderia ser contornado com o uso de modelos mais simples e, ao mesmo tempo, completos, para o cálculo do valor da opção real, como a árvore binomial ao invés de equações diferenciais parciais, por exemplo.

2 PROBLEMA DE PESQUISA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1 Problema da pesquisa

A formulação do problema significa “aperfeiçoar e estruturar mais formalmente a idéia da pesquisa” (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006, p. 34), e uma formulação clara, precisa e que tenha a maior exatidão possível proporcionará maiores chances de que seja alcançada uma solução satisfatória.

No ambiente empresarial, e mais especificamente em análises de orçamento de capital, um projeto de investimento gera, durante sua execução, uma série de Opções Reais. Estas opções permitem que os gestores tenham uma flexibilidade na condução do projeto, possibilitando a sua expansão, contração, abandono e mudança de estratégia, que são positivas e contribuem para o valor da empresa.

Apesar de a Teoria das Opções Reais (TOR) ser uma importante técnica para complementar as análises feitas somente com o uso do VPL, não houve efetivamente uma aplicação maciça pelas empresas em análises de orçamento de capital, pois "a literatura sugere que a baixa utilização das Opções Reais é explicada essencialmente pelas dificuldades de criação e aplicação da teoria"¹ (KRYCHOWSKI, 2007, p. 63). Ainda segundo a autora, os estudos acadêmicos raramente foram dirigidos para a aplicabilidade da TOR, com enfoque somente nos aspectos quantitativos da análise e, em sua maioria, de natureza exclusivamente teórica, sem o desenvolvimento de modelos adaptados para aplicação prática na gestão dos negócios.

¹ Tradução livre de: "...la littérature suggère que la faible utilisation des options réelles s'explique essentiellement par les difficultés de mise-en-œuvre de la théorie".

Assim, diante do exposto, formula-se a seguinte questão problema:

Como a Teoria das Opções Reais, com o uso de uma modelagem simplificada, pode complementar a avaliação feita por meio da técnica do VPL, incorporando hipóteses estratégicas sobre um projeto de investimento em telecomunicações e, assim, contribuindo para a tomada de decisão?

2.2 Objetivos da pesquisa

Os objetivos são como uma orientação do estudo a ser realizado, e, nesta dissertação, o intuito é apresentar uma aplicação prática para a avaliação de um projeto de investimento real do setor de Telecomunicações.

Uma vez estabelecido o tema e formulada a questão problema, o objetivo central da dissertação é, para um projeto de investimento no setor de telecomunicações avaliado inicialmente por meio da técnica do VPL, desenvolver um modelo complementar de análise que incorpore variáveis estratégicas, utilizando a Teoria das Opções Reais, combinando as ferramentas do fluxo de caixa descontado, simulação de Monte Carlo e o modelo binomial.

Os objetivos secundários da pesquisa são:

- a) identificar as premissas relevantes do projeto, destacando as principais fontes de risco;
- b) aplicar a simulação de Monte Carlo para a determinação da volatilidade do projeto;
- c) verificar se a aplicação da opção real fornece informação relevante para a tomada de decisão sobre o projeto de investimento.

2.3 Importância e justificativa do tema

Diversos estudos sobre a Teoria de Opções Reais foram realizados, e a maioria deles procurou apresentar sua importância na avaliação de projetos de investimento. Santos e Pamplona (2001) demonstraram as limitações dos métodos tradicionais de avaliação de orçamento de capital, o Fluxo de Caixa Descontado e a Análise pela Árvore de Decisão, apesar de reconhecerem que, embora em estágio de desenvolvimento e consolidação, a TOR é eficiente ao capturar o valor da flexibilidade gerencial, e utilizaram como exemplo um projeto de investimento hipotético que possui como opção um investimento escalonado.

Dias (2005), visando resolver problemas complexos de investimento sob incertezas, especialmente do setor petróleo, como o desenvolvimento de campos e exploração de petróleo, analisou a combinação da TOR com outras teorias – Opções Reais híbridas. Além disso, foi apresentada uma nova teoria sobre medidas de aprendizagem probabilística, que permite a resolução de problemas complexos, como seleção de alternativas de investimento em informação, considerando o custo e o tempo de aprender, e também jogos de Opções Reais com opções compostas.

Gavosto, Ponte e Scaglioni (2007) aplicaram a TOR para explicar as decisões de investimentos nas novas gerações de redes (NGN) pelas empresas de telecomunicações, tendo como variável relevante a análise do tempo ótimo para os investimentos, considerando diferentes cenários regulatórios. Concluem que, quando há um regime regulatório que obriga a operadora de telecomunicações a fornecer, no atacado, os serviços da rede NGN às operadoras alternativas (concorrentes), mesmo que seja por um período pré-

determinado, o tempo ótimo para o investimento deveria ser defasado em dois anos.

Portugal (2007) aplicou a metodologia das Opções Reais para avaliação da viabilidade financeira de um projeto de usina hidrelétrica e concluiu que a TOR oferece uma melhor estimativa do real valor de um projeto de investimento flexível, devido à existência de incertezas nos parâmetros utilizados no modelo.

Outros autores argumentaram sobre a importância das opções no valor da empresa, entre eles Pindyck (1988) mostra que, para uma moderada quantidade de incerteza, a capacidade ótima da empresa é muito menor do que seria, se o investimento fosse reversível, e uma grande fração do valor da empresa é devida à possibilidade de crescimento futuro.

Grullon, Lyandres e Zhdanov (2008) argumentam que o valor de uma opção real aumenta quando ocorre um aumento na volatilidade de um processo subjacente, como volatilidade da demanda ou custo, por exemplo, e, se as Opções Reais são um importante componente do valor das empresas, então este valor deve ser positivamente relacionado com alterações na volatilidade. Os autores encontraram evidências no mercado acionário americano, utilizando dados entre 1964 e 2006, de que o retorno das ações é positivamente correlacionado com mudanças em medidas de volatilidade e que, após uma empresa exercer uma opção real, a sensibilidade do valor da empresa frente a mudanças na volatilidade diminui significativamente. Concluíram que as Opções Reais são um componente significativo do valor das empresas.

Investidores instintivamente entendem que uma avaliação de negócios reflete a combinação entre um negócio conhecido mais um valor das oportunidades que estão por vir e que avaliações tradicionais como VPL, em

determinadas situações, especialmente aquelas em que há uma grande incerteza com relação às premissas adotadas e uma grande flexibilidade gerencial, precisam ser complementadas, a fim de se capturar o real valor do negócio.

Opções de crescimento de uma empresa podem ser resultados de suas patentes, do controle ou posse exclusiva de recursos naturais, entre outros, e, conforme Pindyck (1990), surgem da gestão de recursos das empresas, conhecimento tecnológico, reputação, posição de mercado e possibilidade de escala, todas conseguidas ao longo do tempo, que proporcionam uma posição diferenciada da empresa em relação aos seus concorrentes.

Essas opções são valiosas e, para a maioria das empresas, uma parte substancial de seu valor de mercado é atribuída às opções que elas possuem de investir e crescer no futuro, em oposição aos ativos que já estão em uso. Essa importância das Opções Reais, principalmente de crescimento, no valor das empresas, é também reconhecida por Myers (1977), e seu valor depende dos investimentos a serem feitos.

Conforme Sutherland e Williams (2008), ao final de 2006, a média das empresas do S&P 500 e Russel 3000 tinham, respectivamente, 25% e 40% de sua avaliação atribuída ao Valor de Crescimento Futuro (VCF), que é o valor capitalizado do crescimento de seus lucros futuros, ou a diferença entre o valor de mercado da empresa e o valor atual de suas operações².

Devido à importância das Opções Reais, há um crescente interesse pelo assunto nos meios acadêmicos, conforme demonstrado no Gráfico 1 – Evolução do Número de Publicações sobre Opções Reais.

² VCF é assim calculado: Valor de Mercado da Empresa - Capital investido - EVA® do ano atual.

Ao mesmo tempo, diversas pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, Europa e Austrália (GRAHAM; HARVEY (2001), RYAN; RYAN (2002), BROUDEN; DE JONG; KOEDIJK (2004) e TRUONG; PARTINGTON; PEAT (2008)), demonstram que a Teoria de Opções Reais aplicada na avaliação de projetos de investimento é utilizada entre 27% e 53% das empresas, variando conforme o país, e, apesar de ser uma ferramenta relativamente nova, demonstra um aumento de interesse sobre o tema, revelando a sua importância para o ambiente empresarial.

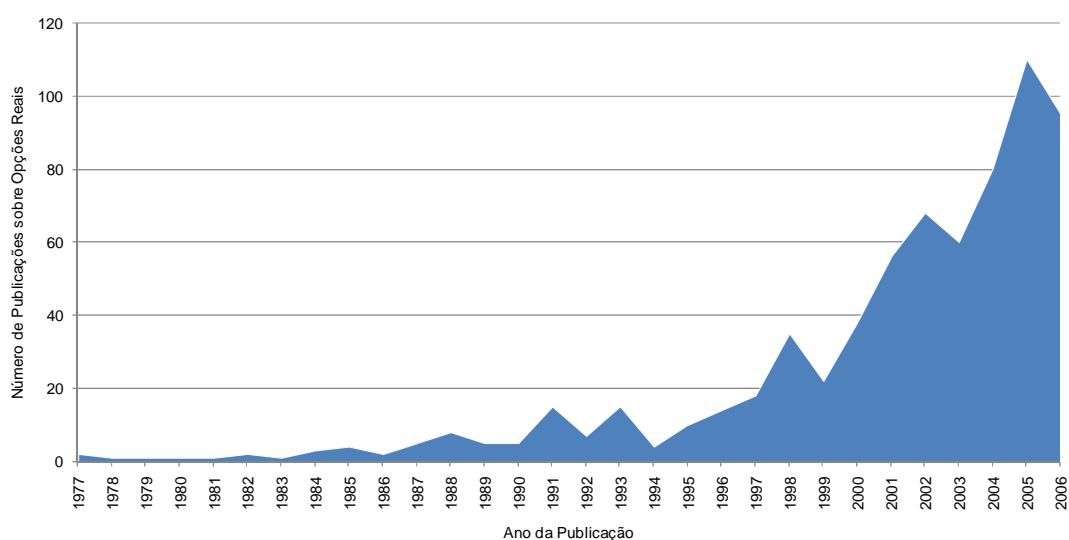


Gráfico 1 – Evolução do Número de Publicações sobre Opções Reais
 Fonte: Krychowski (2007).

Apesar do aumento do interesse sobre o tema das Opções Reais, poucos estudos foram feitos tendo o objetivo de facilitar a aplicação da TOR em análise de projetos de investimentos, fornecendo um caminho mais fácil para sua aplicação entre as empresas. A complexidade dos modelos de Opções Reais, conjugada com a necessidade de se adaptar o modelo de Opções Financeiras para avaliação de projetos de investimento, torna a sua disseminação mais difícil. Estes argumentos justificam a realização de um estudo para a elaboração de um

modelo de análise de projetos de investimento mais simples de ser implantado e entendido por parte dos gerentes das empresas.

2.4 Proposição

Para responder à questão problema formulada inicialmente, foi estabelecida uma possível explicação provisória, isto é, a proposição.

Se o valor de uma empresa é composto também pelo valor de suas Opções Reais, e estas são fundamentais para a avaliação de projetos de investimento, e, apesar disso, a TOR é pouco disseminada entre as empresas, devido à falta de um modelo de fácil entendimento e aplicação, é feita a seguinte proposição:

P₁: utilizando as ferramentas de análise financeira disponíveis, a aplicação de um modelo simplificado da TOR pode, em alguns casos, complementar a informação produzida pelo emprego da técnica do VPL na análise de projetos de investimento.

2.5 Delimitações do trabalho

O presente trabalho apresentou algumas delimitações, considerando que objetivo não era propor uma nova abordagem para avaliação de investimentos, mas sim demonstrar, por meio de um estudo de caso, que a aplicação de um modelo simplificado da TOR facilitaria o entendimento por parte dos gestores das flexibilidades existentes em um projeto de investimento e que, em alguns casos, poderia inclusive alterar a tomada de decisão. Também não foi objetivo do

trabalho uma análise teórica dos assuntos relacionados ao tema de Opções Reais.

Assim, para o desenvolvimento dessa dissertação, limitou-se aos seguintes pontos, referentes ao projeto de investimento:

- a) discussão do projeto de investimento em telecomunicações feito pela operadora;
- b) análise de suas principais variáveis por meio do diagrama de tornado;
- c) avaliação do risco;
- d) incorporação de variáveis estratégicas na avaliação;
- d) cálculo do valor da opção inerente ao projeto.

2.6 Estrutura do trabalho

Na parte inicial do estudo, capítulo 2, foram caracterizados o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa (ou relevância), delimitações do trabalho, bem como a proposição formulada.

Posteriormente, foi desenvolvida a Fundamentação Teórica, correspondente ao Capítulo 3, com destaque para os principais trabalhos teóricos sobre o tema da pesquisa, que propiciaram o adequado entendimento desta temática e o atual estado da arte do assunto.

Na quarta parte, são descritos os Procedimentos Metodológicos utilizados na condução da pesquisa, que englobaram a coleta e análise dos dados que foram utilizados e também as principais características estatísticas da base de dados.

No Capítulo 5, foi desenvolvido o Estudo de Caso, na tentativa de responder ao problema da pesquisa. Por fim, foi feita a análise e discussão dos resultados com a descrição das empresas utilizadas e os resultados encontrados.

Na última parte, Considerações Finais, foi retomada a questão central proposta, sob a perspectiva de verificação de cumprimento dos objetivos definidos na Introdução, face à aplicação do modelo apresentado.

O trabalho é encerrado com sugestões para futuras pesquisas e também com apresentação das Referências utilizadas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Avaliação tradicional de projetos de investimento

Uma das técnicas mais tradicionais e utilizadas para avaliação de projetos de investimento, conforme pesquisa efetuada por Graham e Harvey (2001), é o Fluxo de Caixa Descontado, no qual os fluxos de caixa de um ativo são estimados e, então, são descontados, obtendo-se o seu Valor Presente Líquido (VPL). Esta abordagem do VPL foi “a pedra fundamental para avaliar todos os tipos de ativos desde 1950.” (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006, p. 579), que, na sua maneira tradicional, utiliza quatro parâmetros para avaliar um projeto de investimento: custos, benefícios, tempo e taxa de juros.

O valor líquido de um projeto de investimento é calculado pela metodologia do FCD por meio da seguinte fórmula:

$$VPL = - I + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Em que:

VPL é o valor presente líquido do projeto de investimento;

I é o valor do investimento inicial do projeto;

CF_t é o fluxo de caixa líquido esperado para o período t;

i é o custo do capital do projeto ajustado ao seu risco;

t é o período de vida útil do projeto.

Assim, o VPL é calculado, subtraindo do valor presente dos fluxos de caixa futuros o valor presente do investimento. Por este método, se o resultado for

negativo, o investimento deveria ser rejeitado; do contrário, se for positivo, é um indicativo para a sua realização. De acordo com Mun (2005), o VPL tem as seguintes vantagens:

- a) critérios de decisão claros e consistentes para todos os projetos;
- b) mesmos resultados, independentemente das preferências de risco do investidor;
- c) níveis aceitáveis de precisão quantitativa e economicamente racional;
- d) baixa vulnerabilidade às convenções contábeis, tais como: depreciação, avaliação de estoques, etc.;
- e) fatores de valor do dinheiro no tempo e estrutura de riscos;
- f) simplicidade relativa, difusão ampla e aceitabilidade;
- g) simplicidade na explicação aos gerentes.

Apesar de suas vantagens, a técnica do VPL baseia-se em duas falsas premissas, de acordo com Dixit e Pindyck (1995):

a primeira é que o investimento é reversível, ou seja, se as condições de mercado forem adversas, poderá ocorrer o desinvestimento;

e a segunda é que ele não pode ser postergado, é uma decisão de se investir neste momento ou nunca mais.

Embora alguns projetos de investimento possuam estas características, elas não são aplicáveis à maior parte dos investimentos. Além disso, quando se avalia um investimento produtivo pelo fluxo de caixa descontado, não é levada em consideração a incerteza que está associada à geração do fluxo de caixa, exceto pela inclusão do risco na taxa de desconto.

As premissas do fluxo de caixa descontado assumem certa passividade por parte do investidor. Conforme Brigham e Ehrhardt (2006), a condição de passividade é verdadeira para a aplicação original do método: avaliação de ações e títulos de dívida de longo prazo. Ao aplicar nestes ativos financeiros, o investidor não tem influência sobre os fluxos de caixa futuros que serão produzidos, pois, em empresas de capital aberto, na maioria das vezes, cabe ao gestor a decisão de investimento. Mas, projetos de investimentos aplicações em ativos reais sofrem influência por parte da administração da empresa; portanto, não são aplicações passivas, sob o ponto de vista do investidor. Contudo, o VPL é o paradigma básico de avaliação de projetos de investimento.

3.2 Técnicas de avaliação de projetos de investimento mais utilizadas

Contrastando com o crescente aumento do número de estudos acadêmicos em relação à TOR, há uma evidente lacuna na aplicação desta teoria por parte das empresas. Para realizar sua pesquisa sobre quais as metodologias de avaliação de projetos de investimentos mais utilizadas pelas empresas norte-americanas, Graham e Harvey (2001) enviaram questionários para 4.400 empresas, de diferentes tamanhos e setores, obtendo respostas de 392 diretores financeiros. As grandes empresas usam intensivamente as técnicas da Taxa Interna de Retorno (TIR) e o VPL, enquanto que as empresa menores são mais propensas a utilizar a técnica de *payback* simples.

De maneira geral, a TIR é utilizada sempre ou quase sempre em 75,6% das vezes, o VPL aparece em segundo lugar com uma taxa de utilização em 74,9% dos casos, enquanto que o *payback* simples é utilizado em 56,7% das

vezes. A Técnica de Opções Reais aparece somente em oitavo lugar, com apenas 26,6% das empresas, utilizando-a para avaliação de projetos de investimento.



Gráfico 2 – Técnicas utilizadas pelas empresas para avaliação de projetos de investimento

Fonte: Graham e Harvey (2001).

Ryan e Ryan (2002) conduziram, também, uma pesquisa sobre as principais técnicas de avaliação de projetos de investimentos utilizadas pelas empresas. A amostra incluiu as 1000 maiores empresas dos Estados Unidos, conforme *ranking* da revista *Fortune*.

Os resultados encontrados foram similares aos de Graham e Harvey (2001), pois as técnicas mais utilizadas foram aquelas que os autores consideraram como sendo os métodos mais básicos para avaliação de projetos de investimentos, sendo o VPL utilizado sempre ou quase sempre por 85,1% das

empresas respondentes e a TIR por 76,7%, seguida do *payback* simples com 74,5%.

Dentre as técnicas mais avançadas, aparece, em primeiro lugar, a análise de sensibilidade, seguida da análise de cenários. Os autores concluíram que técnicas suportadas por modelos matemáticos mais complexos, tais como programação linear ou Opções Reais, recebem menos aceitação por parte das empresas.

Brounen, De Jong e Koedijk (2004) selecionaram uma amostra de 6.500 empresas do Reino Unido, Holanda, França e Alemanha, das quais foram obtidas 313 respostas sobre uma pesquisa a respeito de técnicas de avaliação de projetos de investimento. As técnicas mais utilizadas encontradas foram o *payback*, VPL e TIR.

A surpresa ocorreu pelo fato de que o *payback*, que é considerada nos meios acadêmicos como uma das técnicas que apresentam mais falhas, pois não considera o valor do dinheiro no tempo, bem como o fluxo de caixa após o período em que se alcança o prazo de retorno do investimento, foi a técnica mais utilizada pelas empresas nos quatro países participantes da pesquisa. Por outro lado, a Opção Real, que é uma técnica muito mais sofisticada em comparação com as mais utilizadas, foi declarada como sempre ou quase sempre utilizada por 29% das empresas no Reino Unido, 34,7% na Holanda, 44% na Alemanha e 53% na França, revelando nestes dois últimos países uma evolução maior na aplicação dessa técnica, quando comparada com outros países.

Em pesquisa mais recente sobre as práticas de empresas australianas, Truong, Partington e Peat (2008) incluíram 356 empresas, das quais houve respostas de 87 delas.

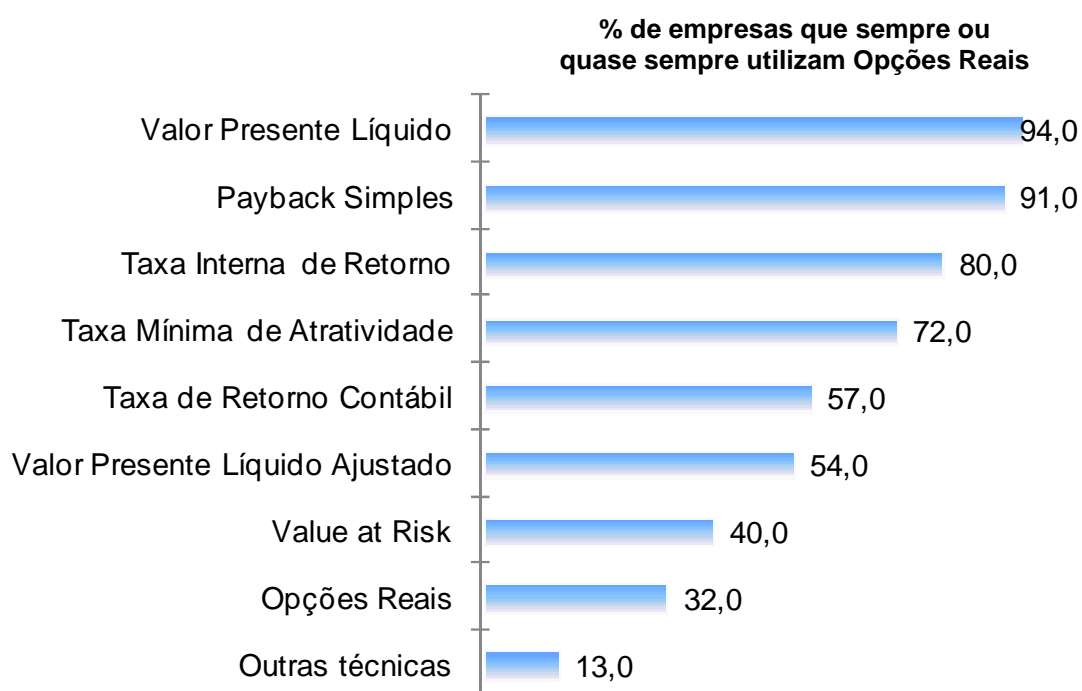


Gráfico 3 – Técnicas de avaliação de projetos de investimentos utilizadas por empresas australianas
 Fonte: Truong, Partington e Peat (2008).

Assim como os estudos anteriores, as técnicas preferidas pelas empresas foram VPL, *payback* e TIR. Análises mais sofisticadas como Value at Risk (VAR) e Opções Reais são menos utilizadas pelas empresas. Os pesquisadores concluíram também que as empresas consideram as Opções Reais como uma das técnicas menos importantes perante as outras.

Contudo, para que o VPL chegasse aos atuais percentuais de uso para análise de projetos de investimento por parte das empresas, um longo caminho teve que ser percorrido. Klamer (1972 apud COPELAND; ANTIKAROV, 2003), em um dos primeiros estudos sobre o uso de técnicas para avaliação de orçamento de capital, relata uma pesquisa com 100 grandes empresas, que indicou que, em 1959, 19% das empresas utilizavam o VPL, e, em 1970, esse percentual aumentou para 57%. Hendricks (1983 apud HERMES; SMID; YAO, 2006) relataram que, em 1981, 76% das empresas pesquisadas utilizavam o VPL, com

a principal técnica para avaliação de projetos de investimento, mesmo patamar encontrado por Block (1997), que encontrou um percentual de uso do VPL, nos anos de 1970 e 1980, entre 60% e 80%, mantendo-se neste patamar desde então, e, em alguns casos, chegou a 94%, conforme pesquisa de Truong, Partington e Peat (2008) com empresas Australianas. Foram necessárias mais de duas décadas para que a técnica do VPL fosse amplamente aceita entre as empresas.

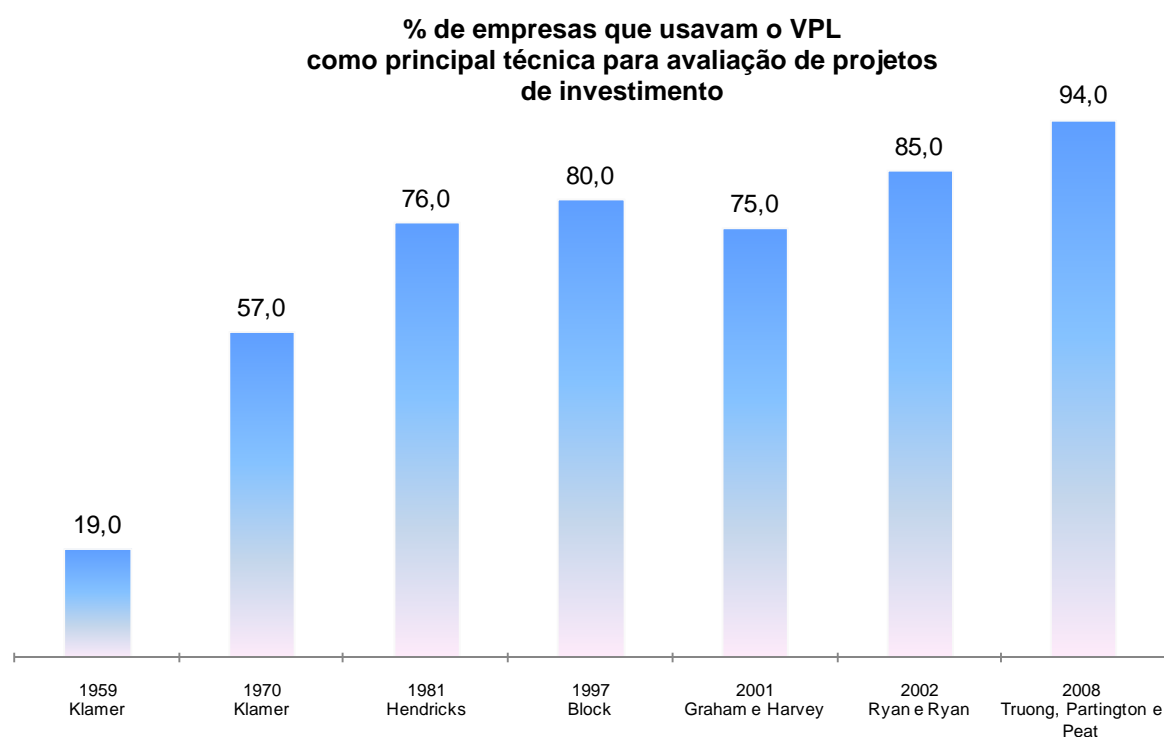


Gráfico 4 – Evolução no uso do VPL

Fonte: Autor.

3.3 Quem usa Opções Reais e por que os outros não usam?

A baixa taxa de utilização da Técnica de Opções Reais, conforme diversas pesquisas, exceto em países como a França, parecem ser também limitadas a

alguns setores de indústrias. Conforme Krychowski (2007), as indústrias que mais utilizam Opções Reais são:

- a) setor petrolífero nas atividades de produção e exploração de óleo e gás;
- b) setor de energia para negociação de eletricidade, e;
- c) setor de produtos farmacêuticos e biotecnologia para programas internos de pesquisa e desenvolvimento.

Esses setores das indústrias caracterizam-se por ser de capital intensivo e um elevado grau de incerteza sobre os fluxos de caixa futuros de seus projetos de investimento, conforme Triantis e Borison (2001). Além disso, as empresas desses setores estão em indústrias que sofreram mudanças estruturais importantes, quando tradicionais técnicas de avaliação, como VPL e TIR, tornaram-se menos úteis. Outra característica comum às empresas dessas indústrias é que elas são orientadas pela engenharia, em que o uso de ferramentas analíticas sofisticadas é comum, propiciando um ambiente favorável à adoção de técnicas de avaliação mais sofisticadas, como a opção real.

Resultados semelhantes foram observados por Block (2007), que realizou pesquisa com as 1000 empresas classificadas pela revista *Fortune*, obtendo 279 respostas, em que as empresas que mais utilizam as Opções Reais são as das indústrias que possuem como norma padrão análises mais sofisticadas, tais como tecnologia, energia e prestadores de serviços públicos (*utilities*).

E por que outras empresas, de diferentes indústrias, não utilizam as Opções Reais como ferramenta de avaliação de projetos de investimento? Em pesquisa conduzida pela empresa de consultoria Bain & Co (2001), 451 altos executivos de diversas empresas em todos os continentes foram indagados sobre as principais ferramentas de gerenciamento que eles utilizavam. As Opções Reais

ficaram em penúltimo lugar de uma lista de 25 ferramentas, com um uso de somente 9% e uma previsão de uso para o ano seguinte de 20% de uso por parte do total das empresas. Apesar de ser esperado um aumento em seu uso, 32% das empresas abandonaram o uso dessa ferramenta no mesmo ano da implementação.

Segundo Krychowski (2007), dois motivos poderiam explicar a baixa utilização das Opções Reais por parte das empresas:

- a) a novidade da abordagem; e,
- b) as dificuldades de implementação.

A maior complexidade das opções, embutidas nas decisões administrativas do que as opções financeiras, gera o receio de que seja perigoso reduzir tamanha complexidade para o ajuste de modelos típicos de opções, como o modelo de Black e Scholes, que emprega apenas seis variáveis (COPELAND; TUFANO, 2004).

Block (2007) encontrou, em sua pesquisa, outras variáveis, que não técnicas, que explicam a não adoção das Opções Reais pelas empresas em uma maior escala, conforme o Gráfico 5 – Razões para o não uso das Opções Reais.

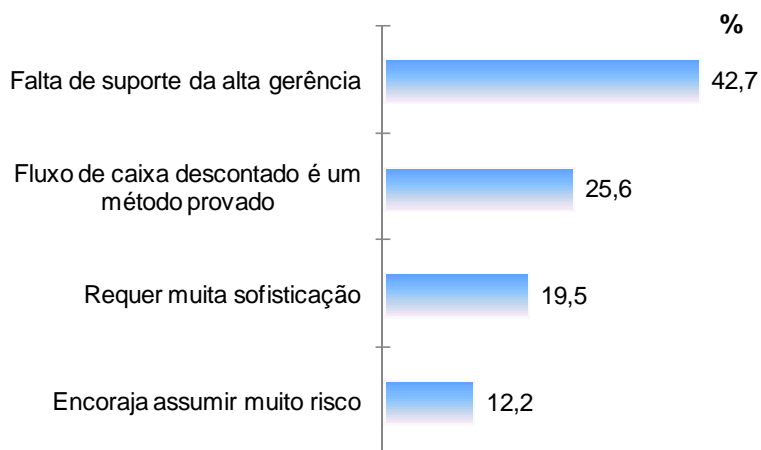


Gráfico 5 – Razões para o não uso das Opções Reais

Fonte: Block (2007).

A falta de suporte da alta gerência revela-se de diferentes formas, conforme comentários adicionais coletados pelo pesquisador:

- a) os gerentes são hesitantes em aceitar uma metodologia que não podem seguir passo a passo;
- b) sentiam que a tomada de decisão estava sendo substituída por matemáticos e cientistas de decisão e;
- c) estavam ficando fora do processo decisório.

Observa-se, então, que a falta de conhecimento sobre a ferramenta combinada com a percepção de se tratar de uma técnica altamente sofisticada parecem ser os principais motivos pela sua baixa adoção entre as empresas.

3.4 Teoria das Opções

As empresas investem com o intuito de criar novas oportunidades que lhes permitam obter retornos além do planejado inicialmente. Essas oportunidades são opções que a empresa cria, ou direitos, e não obrigações, de se tomar alguma

ação no futuro em relação ao projeto de investimento inicial, e são chamadas de Opções Reais. Essa ação futura pode ser adiar, abandonar, contrair, expandir ou converter determinado projeto de investimento (COPELAND; ANTIKAROV, 2003).

O termo *real options* (opções reais, em português) foi definido pela primeira vez em 1977, pelo professor Stewart C. Myers, do MIT, conforme Dias (2005). Quatro anos antes, porém, Black e Scholes (1973) publicaram um artigo sobre a precificação de opções financeiras. Esse foi o ponto de partida para a caracterização das oportunidades de investimento, ou opções reais, das empresas, como sendo análogas a opções financeiras.

Uma opção financeira é um contrato entre duas partes, que dá o direito ao seu detentor de realizar uma compra ou venda de um determinado ativo, em datas e preços previamente acordados, entretanto sem ter a obrigação de fazê-lo, representando um direito ao detentor desse contrato. Opções foram comercializadas em mercado organizado nos Estados Unidos pela primeira vez em 1973 (MINARDI, 2004). Quando o detentor da opção puder exercer o seu direito em qualquer momento até a data limite de exercício, tem-se a chamada opção americana, enquanto que as opções que só podem ser exercidas na data final previamente contratada são chamadas de opções europeias.

De uma forma geral, quanto maior o preço de uma ação maior será o valor de uma opção. Assim, se a cotação de uma ação na bolsa de valores for superior ao preço negociado anteriormente entre as partes, é quase que certo que a opção será exercida. O mesmo raciocínio pode ser aplicado quando a cotação da ação estiver com valor inferior ao preço negociado anteriormente, a opção na sua data de expiração provavelmente não será exercida.

De forma semelhante, se a data de vencimento de uma opção estiver muito distante o seu preço será maior do que aquela com vencimento mais próximo. O preço da opção declina à medida que seu vencimento se aproxima.

A figura 1 – Relação entre preço da opção e da ação – demonstra o comportamento da opção frente a diferentes datas de vencimento. Observa-se que a curva representativa do valor das opções é normalmente côncava e voltada para cima.

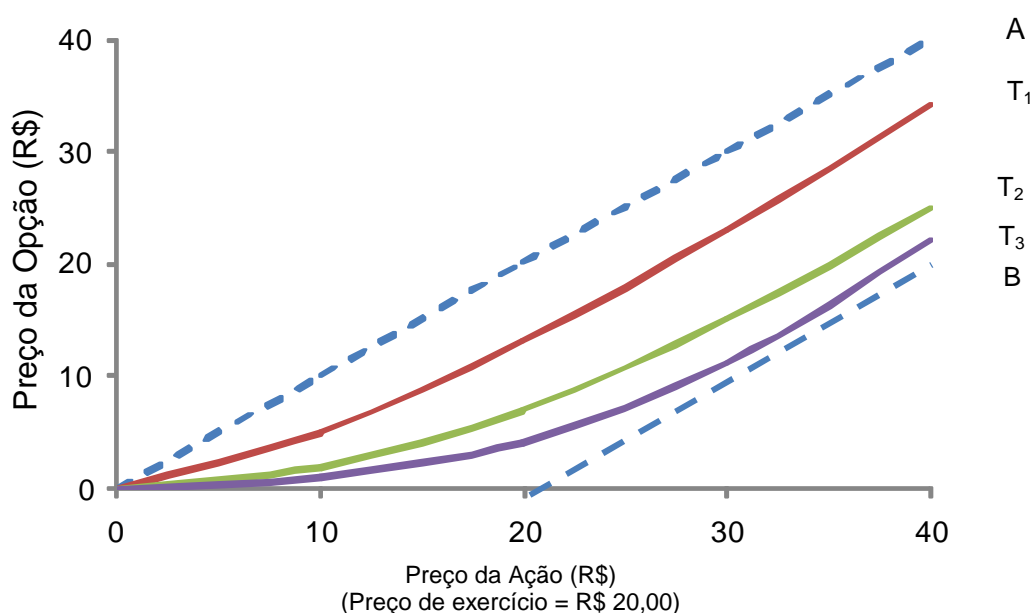


Figura 1 – Relação entre preço da opção e da ação
Fonte: Adaptado de Black e Scholes (1973).

A linha A representa o máximo valor da opção, pois esta não poderá ser superior ao valor da própria ação, enquanto que a linha B representa o menor valor da opção, uma vez que não poderá ser negativa e também não poderá ser menor do que o preço da ação menos o valor de exercício. As linhas T₁, T₂ e T₃ representam o valor da opção com diferentes prazos de vencimento.

Observa-se também que a opção será mais volátil do que a ação, pois uma pequena alteração no preço da ação, com o tempo de vencimento constante,

acarretará em uma maior variação percentual no valor da opção (BLACK; SCHOLLES, 1973).

Matematicamente, pode-se escrever que, para uma opção europeia, tem-se o seguinte valor da opção de compra (c) ou venda (V), considerando o valor da ação (S) e seu preço de exercício (X):

$$\text{Valor da opção (c)} = \text{Máximo} [S - X , 0] \quad (2)$$

$$\text{Valor da opção (V)} = \text{Máximo} [X - S , 0] \quad (3)$$

Para a avaliação de uma opção financeira, Black e Scholes (1973) desenvolveram um modelo matemático, no qual o preço da ação segue um processo estocástico, utilizando equação diferencial parcial para o cálculo da opção, bem como de outros derivativos similares, e é composta por duas equações:

$$c = S[N(d)] - Xe^{-rt}N(d - a\sqrt{t}), \quad (4)$$

Em que d é definido por:

$$d = \frac{\ln\frac{S}{X} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (5)$$

Em que os termos são:

c = valor corrente da opção de compra.

S = preço corrente da ação-objeto da opção.

N(d) = probabilidade normal acumulada de uma unidade normal da variável

d.

X = preço de exercício da opção.

e = é a função exponencial (número "e" elevado a uma potência).

r = taxa livre de risco.

t = prazo de vencimento da opção.

$\ln(S/X)$ = logaritmo natural do preço da ação dividido pelo preço da opção.

σ^2 = variância da taxa de retorno da ação.

Assim, o valor da opção de compra, c , é dado pela diferença entre o valor da ação e seu custo esperados (primeiro termo menos o segundo termo do lado direito da equação (2)), se a opção é exercida no seu vencimento.

Atualmente, uma opção financeira é negociada tendo como ativo objeto ou subjacente, ações, índices do mercado acionário, moedas estrangeiras, contratos futuros, sendo que seis fatores são determinantes para sua precificação:

- a) o preço corrente do ativo;
- b) o preço de exercício;
- c) o prazo de vencimento da opção;
- d) a volatilidade do preço do ativo;
- e) a taxa livre de risco;
- f) dividendos esperados durante a vida da ação.

De uma forma simples, e para exemplificar, suponha-se uma opção de compra, com as seguintes características:

- a) Tipo de opção: europeia
- b) Data do vencimento: 31/12/2008
- c) Preço de exercício: R\$ 30,00
- d) Volatilidade da ação subjacente: 20%
- e) Taxa livre de risco: 10%

Supondo ainda que, em 01/10/2008, o valor da ação esteja em R\$ 21,00 e o valor da opção, calculada pela fórmula de Black e Scholes (1973), seja de R\$ 0,19. O potencial de ganho dessa opção de compra, na data de seu vencimento, seria:

- a) se, em 31/12/2008, o valor da ação for de R\$ 32,00, o detentor dessa opção exercerá o seu direito de compra, e o seu ganho será de:

$$\text{R\$ } 1,81 = \text{R\$ } 32,00 - \text{R\$ } 30,00 - \text{R\$ } 0,19$$

- b) se, em 31/12/2008, o valor da ação for de R\$ 25,00, o detentor dessa opção não exercerá o seu direito de compra, e sua perda corresponderá ao valor pago pela opção: R\$ 0,19

Os ganhos potenciais do investidor da opção de compra são infinitos, enquanto que suas perdas estarão limitadas a R\$ 0,19, sendo essa assimetria de ganhos uma das principais características da opção. A figura 2 - Ganho da opção de compra após data de exercício – ilustra o comportamento assimétrico do ganho de uma opção, em que existe a limitação da perda e os potenciais de ganhos são infinitos, dependendo somente do preço da ação na data de exercício da opção.

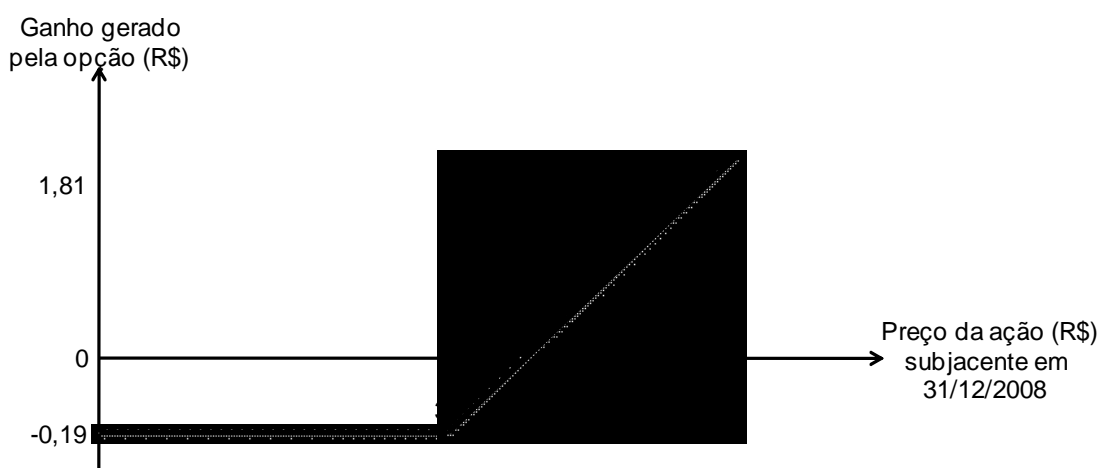



















Figura 2 – Ganho da opção de compra após a data de exercício
Fonte: Autor.

Quando cada fator determinante para a precificação de uma opção financeira é variável e outros permanecem constantes, tem-se um efeito sobre o preço de uma opção, em alguns casos, aumentando o valor dessa opção, em outros, diminuindo. A Tabela 1 – Variação dos fatores e seus efeitos no valor da opção – demonstra o impacto que um aumento em cada um dos fatores representa no preço de uma opção.

Tabela 1 – Variação dos fatores e seus efeitos no valor da opção

Variável	efeitos no valor da	
	opção de compra	opção de venda
 Preço corrente do ativo		
 Preço de exercício		
 Prazo até o vencimento	?	
 Volatilidade		
 Taxa livre de risco		
 Dividendos		

Fonte: Minardi (2004).

Observa-se que, quando há um aumento na volatilidade do preço do ativo, independentemente de se tratar de uma opção de compra ou de venda, esta variação na volatilidade sempre ocasionará um aumento no valor da opção. Intuitivamente, quanto maior a incerteza sobre a variação do preço de um ativo, aqui medida pela sua volatilidade, maior a possibilidade de retornos positivos. Como o detentor da opção tem o direito e não a obrigação de realizar sua compra ou venda, seu possível prejuízo é conhecido e limitado, o mesmo não acontecendo com seus ganhos, que podem aumentar devido à volatilidade.

3.5 Opções Reais

A principal diferença entre uma opção financeira e uma opção real é que opções reais são aplicáveis aos ativos reais, tangíveis ou intangíveis, como uma planta industrial, um poço de petróleo, desenvolvimento de um novo produto, marcas, enquanto que as opções financeiras são aplicáveis a ativos financeiros, mas as oportunidades de investimento das empresas são análogas às oportunidades das opções financeiras, principalmente no que tange a sua flexibilidade.

Supondo que uma empresa necessite investir em um novo alto-forno, cujo investimento inicial seja de R\$ 50,00 (exercício de uma opção de compra), e no prazo de doze meses deverá fazer um investimento complementar de R\$ 300,00 (outro exercício de opção de compra). Este alto forno, com vida útil de dez anos terá condições de produzir 500 unidades do produto por ano. Supondo ainda que, hoje, o preço do produto seja de R\$ 1,10 por unidade e sem previsão de alteração, e o custo da matéria prima seja de R\$ 1,00 a unidade, e utilizando-se a técnica de fluxo de caixa descontado, o resultado do VPL do projeto será de R\$ 120,00 negativo, considerando uma taxa de desconto anual de 10% e uma alíquota de imposto de renda de 34%.

Uma informação valiosa neste processo é o custo unitário da matéria prima, que poderá ser, dentro de doze meses, de R\$ 0,80 (neste caso o projeto terá um VPL de R\$ 286,00 positivo) ou R\$ 1,20 (neste caso o VPL seria de R\$ 630,00 negativo). A Figura 3 – Decisão de investimento com opção de abandono – ilustra o caso.

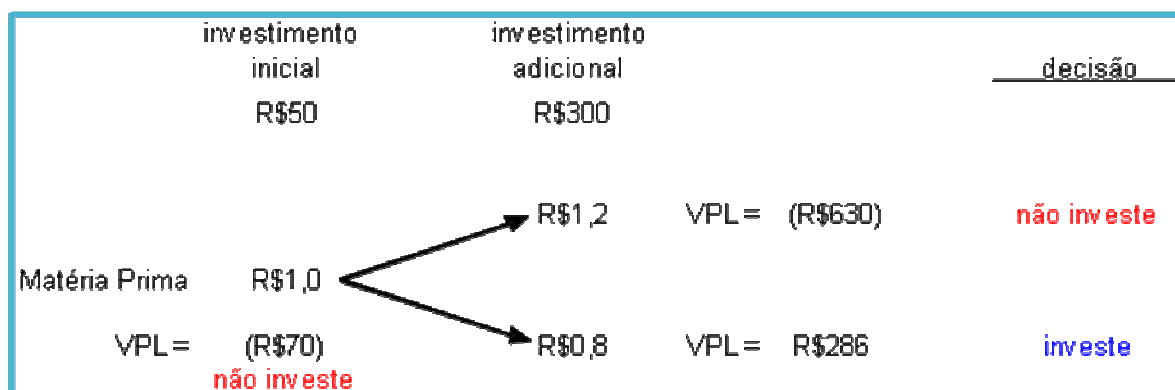


Figura 3 – Decisão de investimento com opção de abandono

Fonte: Autor.

A informação futura do preço da matéria prima é essencial e valiosa, pois a empresa pode iniciar a construção da planta e somente doze meses depois decidir se irá investir o restante. Neste caso, a empresa terá um prejuízo limitado a R\$ 50,00 referente ao abandono do projeto, ou poderá ter um VPL de R\$ 286,00 considerando uma redução de 20% na matéria-prima, sendo que, se a redução for maior, o lucro poderá ser maior.

A flexibilidade que uma empresa possui, ao poder esperar por novas informações, é valiosa e poderá ser calculada e adicionada ao valor do projeto, que será calculado pela maneira tradicional do fluxo de caixa descontado.

Myers (1977) foi quem primeiro identificou que projetos de investimento, ou oportunidades de crescimento, são semelhantes a uma opção financeira e poderiam ser enxergados como uma opção de compra. Assim, o valor de uma empresa poderia ser dividido em duas partes: o valor presente dos ativos em funcionamento mais o valor presente das futuras oportunidades de crescimento.

De maneira análoga, o valor de um projeto de investimento poderia, então, ser também dividido em duas partes, conforme Trigeorgis (1996):

VPL expandido = VPL tradicional + Valor das opções ou oportunidades ou flexibilidade

A Teoria de Opções Reais adiciona à avaliação de um projeto de investimento o valor da intervenção gerencial. Um projeto não é sujeito a somente uma avaliação, e sim a uma série de avaliações ao longo do curso de sua vida útil, pois os responsáveis pelo projeto, ao notarem desvios entre o inicialmente planejado e o que está acontecendo realmente, por estarem mais bem informados sobre as novas condições de operação da empresa, tomarão ações com o intuito de recolocar o projeto novamente no caminho previamente estabelecido.

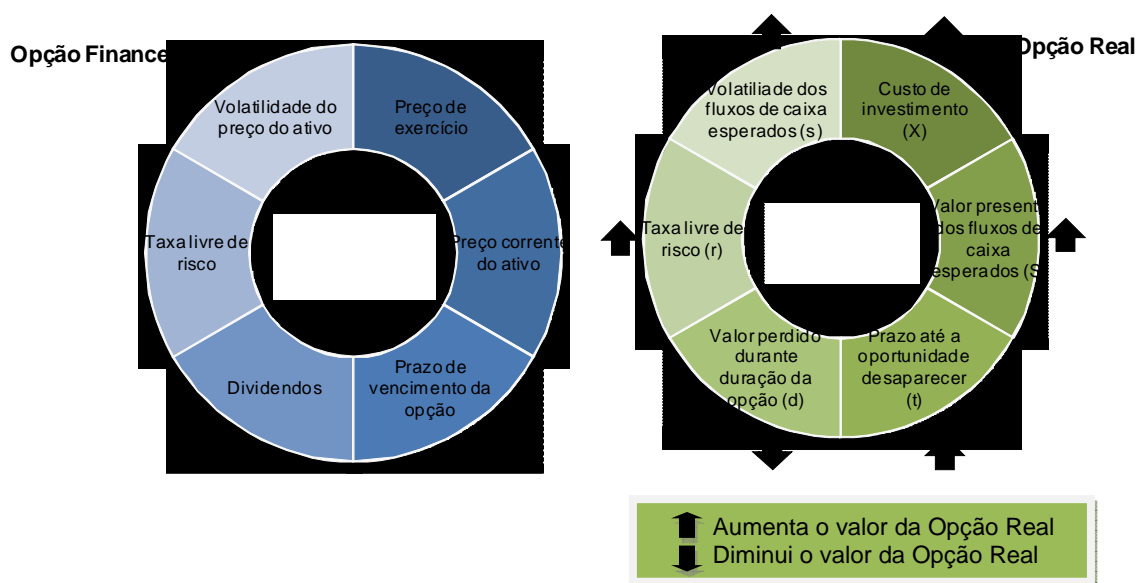
Essas ações, ou flexibilidade gerencial, poderiam ser, por exemplo, adiar gastos ou investimentos, a fim de aproveitar oportunidades. Essa habilidade de postergar decisões à espera de novas informações, que poderiam evitar gastos desnecessários, pode ser muito valiosa.

A flexibilidade da gestão para adaptar suas futuras ações em resposta a alterações das condições do mercado futuro e reações competitivas aumenta o valor de uma oportunidade de investimento por meio da melhoria das suas vantagens potenciais, limitando as perdas em relação às expectativas iniciais de uma gestão passiva (TRIGEORGIS, 1996).

3.5.1 Comparativo entre opções financeiras e reais

Uma analogia entre Opções Financeiras e Opções Reais pode ser feita, ao se compararem os fatores determinantes do valor de uma opção. Luehrman

(1994) estabeleceu uma relação entre as características de um projeto de investimento e os fatores determinantes de uma opção financeira, conforme representado no Quadro 1 - Comparação entre os fatores determinantes de uma opção financeira e uma opção real –, que foi adaptado.



Quadro 1 – Comparação entre os fatores determinantes de uma opção financeira e uma Opção Real
 Fonte: Adaptado de Luehrman (1994).

O custo de investimento equivale ao preço de exercício (X). Uma redução neste custo representará um acréscimo no valor do projeto. Assim, duas formas básicas que uma empresa poderá utilizar para reduzir o custo do investimento, e assim obter um maior valor do projeto, seriam: (i) aumentar a alavancagem operacional, reduzindo, assim, o custo unitário, ou (ii) alavancar economia de escopo, ao usar o mesmo investimento para duas aplicações diferentes.

A mesma analogia pode ser feita para o valor presente dos fluxos de caixa esperados (S), no qual um aumento neste fator, por meio de acréscimos na receita ou redução de despesas, irá gerar um aumento no valor do projeto.

O prazo até a oportunidade desaparecer (t) é análogo ao prazo de vencimento da opção financeira. É o máximo de tempo que um projeto pode ser adiado sem perder a opção de se investir no projeto. Quanto maior for o tempo disponível para se realizar o investimento do projeto, maiores são as possibilidades de diminuir as incertezas que o cercam, aumentando, assim, o valor do projeto.

Um aumento nos dividendos (d) ocasionará uma redução do valor da opção, seja ela financeira ou real. Quando há pagamento de dividendos, diminui-se o valor do projeto e, portanto, o valor da opção sobre o projeto.

A taxa livre de risco (r) aumentará o valor da opção, pois reduz o valor presente da opção, tendo o mesmo efeito sobre a opção real.

Interessante notar que a volatilidade dos fluxos de caixa esperados (σ) é análoga à volatilidade do preço do ativo financeiro. Assim, uma maior volatilidade, acarretará um maior valor da opção, ao aumentar o valor da flexibilidade.

3.5.2 Volatilidade e seu impacto no valor da opção real

Para uma opção financeira de uma ação, por exemplo, a volatilidade do movimento do preço da ação é uma função da incerteza sobre os movimentos dos preços da ação, enquanto que, para a opção real, a volatilidade dos fluxos de caixa esperados é uma função da incerteza sobre os fluxos de caixa esperados, e a habilidade de resposta da empresa, para a resolução dessas incertezas.

A volatilidade influencia diretamente o valor da opção real:

Uma das principais implicações da Teoria de Opções Reais é que o valor de uma opção real aumentará conforme aumenta a volatilidade de um processo subjacente (por exemplo: volatilidade da demanda, volatilidade

dos custos, ou a volatilidade geral dos lucros)³ (GRULLON; LYANDRES; ZHDANOV, 2008, p. 2).

Esta volatilidade decorre da incerteza existente sobre, por exemplo, o preço futuro dos produtos ou dos custos de operações, fatores estes que influenciam diretamente o fluxo de caixa. Pode, também, estar relacionada com as taxas de juros futuros ou com os gastos e a época certa para se realizar um investimento.

Um exemplo de como a volatilidade influencia o valor de uma opção real é ilustrado por Pindyck (1988), neste caso utilizando-se como exemplo um projeto de investimento. Uma empresa está considerando investir em uma fábrica a um custo igual a R\$ 800,00, que irá produzir apenas um produto por ano, cujo preço é de R\$ 100,00 e sem custos operacionais, mas o preço do ano seguinte irá mudar, com igual probabilidade de aumentar para R\$ 150,00 ou diminuir para R\$ 50,00 e, a partir dessa alteração, o preço se manterá constante pela perpetuidade. A taxa livre de risco utilizada foi de 10%.

Pelo método tradicional mais utilizado pelas empresas para avaliação de projetos de investimento, a fábrica a ser construída tem um VPL de R\$ 300,00:

$$\text{VPL} = -\text{R\$ } 800 + \sum_0^{\infty} \text{R\$ } 100 / 1,1^t = -\text{R\$ } 800 + \text{R\$ } 1.100 = \text{R\$ } 300 \quad (6)$$

A empresa deverá, então, por esta análise, executar o investimento, pois as vendas futuras do produto superam o valor de construção da fábrica, apesar de haver uma possibilidade de alteração dos preços no futuro para cima ou para baixo. Apesar de o VPL ser positivo, a conclusão é imprecisa, pois ela ignora o custo de oportunidade de investir agora, ao invés de esperar e, assim, manter em aberto a opção de não investir, se o preço do produto cair.

³ Tradução livre de: "One of the main implications of the real options theory is that a real option's value is increasing in the volatility of an underlying process (i.e. demand volatility, cost volatility, or overall volatility of profits)."

Se há uma possibilidade de 50% de o preço aumentar após o primeiro ano, então o VPL para a situação em que o investimento ocorrerá após um ano, somente se houver um aumento de preço, será de:

$$\begin{aligned} \text{VPLa} &= 0,5 \times (-\text{R\$ } 800 / 1,1 + \sum_1^{\infty} \text{R\$ } 150 / 1,1^t) = 0,5 \times (-\text{R\$ } 727 + \text{R\$ } \\ &1.500) = \text{VPLa} = \text{R\$ } 386 \end{aligned} \quad (7)$$

Em que:

VPLa = VPL com aumento de preço.

Neste cenário, a empresa irá realizar o investimento. Entretanto, existe também a possibilidade de 50% do preço cair após o primeiro ano. Neste caso, o VPL será de:

$$\begin{aligned} \text{VPLb} &= 0,5 \times (-\text{R\$ } 800 / 1,1 + \sum_1^{\infty} \text{R\$ } 50 / 1,1^t) = 0,5 \times (-\text{R\$ } 727 + \text{R\$ } 500) = \\ \text{VPLb} &= -\text{R\$ } 114 \end{aligned} \quad (8)$$

Onde:

VPLb = VPL com queda de preço.

Neste cenário, a empresa não iria realizar o investimento. É interessante notar que, no caso de haver apenas duas opções, investir hoje ou não investir, que é o conceito do VPL, a empresa investiria, pois o VPL mostrou-se positivo; mas, ao mesmo tempo, perderia a opção de esperar mais um ano para observar o comportamento dos preços.

A melhor opção para a empresa seria esperar mais um ano para poder decidir se realizaria o investimento ou não, pois há uma probabilidade de 50% de o preço cair, então ela optaria pelo não investimento. Por outro lado, se o preço aumentar (possibilidade de 50%), a empresa exerceria a sua opção de diferimento e investiria na fábrica, pois o VPL seria positivo em R\$ 386,00. O valor da opção de diferimento é a diferença entre as duas alternativas: R\$ 386,00 - R\$ 300,00 = R\$ 86,00.

Como, então, se observa o impacto da volatilidade no valor de uma opção? Suponha que o preço do produto do exemplo anterior possa, após um ano, aumentar para \$200,00 ou cair para \$0,00, com igual probabilidade para ambos. No cálculo do VPL, o valor permanecerá inalterado frente a essa nova possibilidade, porque o valor do produto permanece inalterado em \$100,00. Para o cenário em que o preço aumente para \$200,00 o valor do VPL será de:

$$\begin{aligned} \text{VPLa} &= 0,5 \times (-\text{R\$ } 800 / 1,1 + \sum_1^{\infty} \text{R\$ } 200 / 1,1^t) = 0,5 \times (-\text{R\$ } 727 + \text{R\$ } \\ 2.000) &= \text{VPLa} = \text{R\$ } 636 \end{aligned} \quad (9)$$

Para o cenário em que o preço cai para R\$ 0,00, o valor do VPL será negativo, e a empresa não investirá.

$$\begin{aligned} \text{VPLb} &= 0,5 \times (-\text{R\$ } 800 / 1,1 + \sum_1^{\infty} \text{R\$ } 0 / 1,1^t) = 0,5 \times (-\text{R\$ } 727 + \text{R\$ } 0) = \\ \text{VPLb} &= -\text{R\$ } 727 \end{aligned} \quad (10)$$

Com o aumento da volatilidade ou incerteza em relação ao preço futuro do produto, o valor da opção de diferimento é a diferença entre as duas alternativas:

R\$ 636,00 - R\$ 300,00 = R\$ 336,00. Observa-se, então, um aumento no valor da opção, devido à volatilidade do resultado.

3.5.3 Tipos de Opções Reais

Copeland e Antikarov (2003) classificam as Opções Reais primeiramente em relação ao tipo de flexibilidade que elas oferecem:

- a) opção de espera: é uma opção de compra americana encontrada na maioria dos projetos, quando existe a possibilidade de postergação do início do projeto.
- b) opção de abandono: é formalmente uma opção de venda americana;
- c) opção de contração: é a opção de reduzir a dimensão de um projeto, mediante a venda de uma fração dele a um preço fixo;
- d) opção de expansão: paga-se mais para aumentar um projeto, e é uma opção de compra americana;
- e) opção de conversão: são portfólios de opções de compra e venda americanas que permitem a seu detentor trocar a um custo fixo entre dois modos de operação. Correspondem a uma opção de fechar e reabrir um fábrica;
- f) opção composta: são opções sobre opções e correspondem a investimentos planejados em fases.
- g) opção arco-íris: são opções movidas por diferentes fontes de incerteza.

Krychowski (2007) separa as opções em duas categorias:

- a) opções de exploração ou opções de flexibilidade, que têm o seu valor de flexibilidade à disposição dos gestores como parte da operação de determinado ativo;
- b) opções de investimento / desinvestimento ou opções estratégicas, que têm o seu valor de flexibilidade conforme o ritmo de aquisição ou transferência de um ativo.

O Quadro 2 – Principais tipos de opções de investimento / desinvestimento – e o Quadro 3 – Principais tipos de opções de exploração – resumem os princípios e identificam exemplos de aplicação para os tipos de opção.

Tipo de opção	Princípio	Aplicação
Opção de crescimento	Possibilita, graças a um investimento inicial, o acesso a oportunidades de investimento futuras.	Construção de uma usina piloto
Opção de aprendizagem	Primeiro, obtêm-se a informação e depois se decide pelo investimento.	Perfuração de poço de petróleo
Opção de espera	Capacidade de esperar antes de tomar a decisão de realizar ou não um investimento	Exploração de mina de carbono
Opção de sequenciamento	A divisão de um investimento em diversas fases permite mudar um projeto, conforme as novas informações.	Construção de uma central elétrica
Opção de abandono	Possibilidade de abandonar um projeto em curso com a venda dos ativos	Revenda de uma frota de navios em caso de falha na operação

Quadro 2 – Principais opções de investimento / desinvestimento

Fonte: Krychowski (2007).⁴

⁴ Tradução nossa.

Tipo de opção	Princípio	Aplicação
Opção de parada e opção de produção a taxa variável	Possibilita, graças a um investimento inicial, o acesso a oportunidades de investimento futuras.	Encerramento temporário de uma refinaria
Opção de escolha da entrada mínima	Possibilidade de produzir um produto mais barato com entradas mais baratas.	Produção de energia por uma central térmica com gás ou combustível
Opção de escolha de saída máxima	Possibilidade de produzir a partir de uma entrada a máxima rentabilidade possível.	Produção de uma fábrica de laticínios, queijos ou iogurte

Quadro 3 – Principais opções de exploração
 Fonte: Krychowski (2007).⁵

3.5.4 O modelo mais apropriado para avaliação

A flexibilidade gerencial de uma empresa, quando aplicada a um projeto de investimento, é mais valiosa quando três fatores se combinam: a incerteza em relação ao projeto é grande, a resposta de reação também é grande e quando o VPL do projeto estiver próximo de zero (COPELAND; ANTIKAROV, 2003). Quando o VPL é muito alto, as opções que o projeto oferece terão baixo valor relativo e, quando o VPL é muito negativo, dificilmente o valor adicional da flexibilidade irá reverter substancialmente o resultado do projeto.

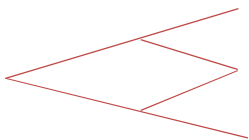
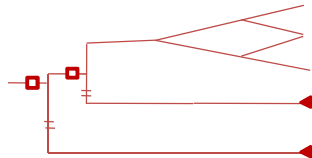
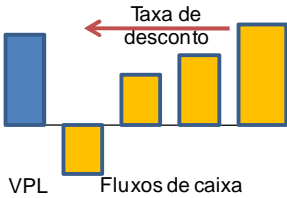
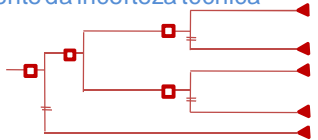
A técnica mais apropriada depende do tipo de incerteza associada ao projeto de investimento, que pode ser, segundo Dixit e Pindyck (1995):

- a) econômica, que se refere a fatores exógenos ao projeto, e;

⁵ Tradução nossa.

b) técnica, que se refere aos fatores internos do projeto, tais como capacidade de produção, etc.

Uma empresa deveria levar em consideração o tipo de incerteza, além do grau de flexibilidade, para identificar a melhor técnica para a avaliação do projeto de investimento. O quadro 4 – Técnica ótima de avaliação – demonstra as melhores técnicas dependendo do grau de incerteza.

		Grau de incerteza técnica	
		<i>Baixo</i>	<i>Alto</i>
Grau de incerteza econômica	<i>Alto</i>	<p><u>Avaliação pela opção real</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Baseada na analogia com a teoria da opção financeira • Versão dinâmica do VPL, em que o projeto depende do valor e da incerteza do valor presente do projeto • Leva em consideração a flexibilidade gerencial decorrente da incerteza econômica 	<p><u>Combinação da opção real e árvore de decisão</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ferramenta avançada que combina as técnicas da opção real e árvore de decisão • Leva em consideração a flexibilidade gerencial decorrente da incerteza técnica e incerteza econômica 
	<i>Baixo</i>	<p><u>Avaliação pelo VPL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ferramenta básica de avaliação para determinar o valor, baseada no tempo do fluxo de caixa livre • Não leva em consideração a flexibilidade gerencial 	<p><u>Avaliação pela Árvore de Decisão</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ferramenta avançada baseada na ciência da decisão • Versão dinâmica do VPL, em que probabilidades são estimadas para cada potencial saída do projeto, em cada estágio da avaliação • Leva em consideração a flexibilidade gerencial decorrente da incerteza técnica 

Quadro 4 – Técnica ótima de avaliação
Fonte: Piesse, Présiaux e Van de Putte (2006).⁶

O VPL pode ser empregado em análise de projetos de investimento em que a incerteza é pequena e existem poucas flexibilidades gerenciais, sendo uma ferramenta básica de avaliação (MINARDI, 2004). A análise pela Árvore de

⁶ Tradução nossa.

Decisão é mais adequada quando há uma grande incerteza técnica, sendo uma versão dinâmica do VPL, em que probabilidades objetivas são atribuídas para cada resultado potencial em cada fase da avaliação (PIESSE; PRÉSIAUX; VAN DE PUTTE, 2006). A dificuldade reside em estimar essas probabilidades, que podem ser obtidas ao se consultarem pessoas especialistas em cada uma das variáveis do modelo, ou tratar estatisticamente estas mesmas variáveis. Esse tratamento estatístico pode ser feito, inclusive, utilizando-se a simulação de Monte Carlo.

Em um ambiente com alto grau de incerteza econômica e baixa incerteza técnica, a avaliação pela opção real parece ser a melhor alternativa. Como a maioria dos projetos de investimento está sujeito a incertezas, tanto econômicas quanto técnicas, uma avaliação mais apropriada é a que combina a opção real com a árvore de decisão.

3.6 A dificuldade de se estimar a volatilidade para um projeto

A volatilidade é um parâmetro chave no cálculo da opção real, com grande impacto no seu valor, e é uma medida da incerteza do retorno a ser obtido com um ativo. Esse parâmetro é difícil de estimar intuitivamente, pois a volatilidade resulta da combinação de diferentes fontes, normalmente correlacionadas umas com as outras. A abordagem clássica é a que deve ser baseada na volatilidade de um ativo negociado nos mercados financeiros, com perfil de risco muito semelhante ao do projeto de investimento analisado, pois o projeto de investimento em si não está listado nos mercados financeiros. “Infelizmente, é muito raro encontrar um ativo cuja evolução está correlacionada com um projeto

de investimento, e esse projeto é uma combinação de ‘risco público’ e ‘risco privado’⁷ (KRYCHOWSKI, 2007, p. 148).

McDonald e Siegel (1982) afirmam que, ao analisar um investimento em um projeto que é irreversível, por exemplo, a construção de uma fábrica, a regra de que se deve investir, quando os benefícios do projeto excedem os seus custos, não leva em consideração a opção de espera. Os benefícios e custos seguem um processo estocástico de tempo contínuo, e, assim, o cálculo correto envolve a comparação entre o valor de se investir hoje e o valor da opção de se investir em todos os possíveis tempos no futuro. Neste modelo, a volatilidade do ativo subjacente assume uma grande importância, pois o valor de uma opção real aumenta frente a um aumento da volatilidade do ativo à qual está relacionada.

Esse aumento na volatilidade pode advir de diversas fontes, tais como: alterações na demanda pelo produto da empresa, mudanças tecnológicas que podem provocar variações nos custos, alterações do ambiente institucional, com impactos na carga tributária, novas imposições regulatórias, etc., todas elas com reflexos no lucro do projeto de investimento da empresa. Muitas vezes, essas causas da volatilidade não são observáveis e, além disso, “mesmo que as realizações destes choques fossem observáveis ex-post, as suas expectativas, que afetam os valores das opções reais, não seriam conhecidas”⁸ (GRULLON; LYANDRES; ZHDANOV, 2008, p. 5).

Bulan (2005) utilizou como medida da incerteza de uma empresa a volatilidade dos retornos de sua ação, que permite capturar a total incerteza da

⁷ Tradução livre de: “Malheureusement, il est très rare de trouver un actif coté dont l’évolution soit corrélée à celle du projet, car un projet d’investissement est soumis à une combinaison de risques « publics » et de risques « privés »”.

⁸ Tradução livre de: “[...] even if the realizations of these shocks were observable ex-post, their expectations, affecting the values of real options, would not be known.”

que é relevante para a empresa em uma única variável. Alterações na demanda pelo produto da empresa (aumento da volatilidade) são traduzidas em aumento da volatilidade do valor de mercado das ações.

Ao se utilizar o retorno das ações como medida da volatilidade, capturam-se importantes alterações no ambiente institucional das empresas que são importantes aos investidores (LEAHY; WHITED, 1995).

Para projetos de investimento, talvez o valor das ações da empresa, se esta for negociada em bolsa de valores, não seja o mais adequado para capturar a volatilidade específica do projeto. Outra possibilidade seria o uso do preço histórico do produto, como diversos trabalhos utilizam, mas a volatilidade de um projeto de investimento não decorre somente do preço do que irá ser produzido, e sim de uma série de outras fontes de incerteza: custos de operação, premissas macroeconômicas, como dólar, taxa de juros, etc.

Copeland e Antikarov (2003, p. 237) argumentam que uma das coisas feitas de maneira equivocada ao implementar opções reais é “[...] presumir incorretamente que a volatilidade do ativo subjacente sujeito a risco é igual à de algum de seus componentes”, e cita o exemplo de como estimar a volatilidade de uma mina de ouro: o primeiro equívoco seria estimar a volatilidade do preço do ouro como sendo a volatilidade do valor da mina, quando outras variáveis, tais como, custos fixos de operação, de extração, taxa de juros, contribuem também para a volatilidade da mina como um todo. Outro equívoco seria usar a volatilidade do patrimônio da empresa como uma aproximação da volatilidade da mina.

A melhor estimativa da volatilidade de um projeto de investimento seria a volatilidade dos retornos do próprio VPL do projeto, levando em consideração as

inúmeras fontes de incertezas que o cercam, pois o valor presente dos fluxos de caixa do projeto sem flexibilidade é a melhor estimativa imparcial do valor de mercado do projeto, se este fosse um ativo negociado. Portanto, a simulação de fluxos de caixa deve fornecer uma estimativa confiável da volatilidade do investimento (COPELAND; ANTIKAROV, 2003).

Para contornar as dificuldades na estimativa da volatilidade, Copeland e Antikarov (2003) sugerem que o cálculo seja feito aplicando a simulação de Monte Carlo sobre as variáveis de incerteza do projeto de investimento, conforme o quadro 5 - Simulação de Monte Carlo para cálculo da volatilidade –, para, enfim, estimar o desvio padrão das taxas de retorno e, assim, aplicar no cálculo da opção real, pela seguinte fórmula:

$$r_t = \ln \frac{(FCF_1 + VP_1)}{VP_0} \quad (11)$$

Em que os termos são:

r_t = taxa de retorno

\ln = logaritmo neperiano

FCF_1 = fluxo de caixa do ano 1

VP_1 = valor presente do projeto no instante 1

VP_0 = valor presente do projeto no instante 0, que é igual ao do cenário básico e mantido constante.

VP_1 pode ser calculado da seguinte maneira:

$$VP_1 = \sum_{t=2}^{15} \frac{FCF_t}{(1 + CMPC)^{t-1}} \quad (12)$$

Em que os termos são:

VP_1 = Valor Presente no ano 1

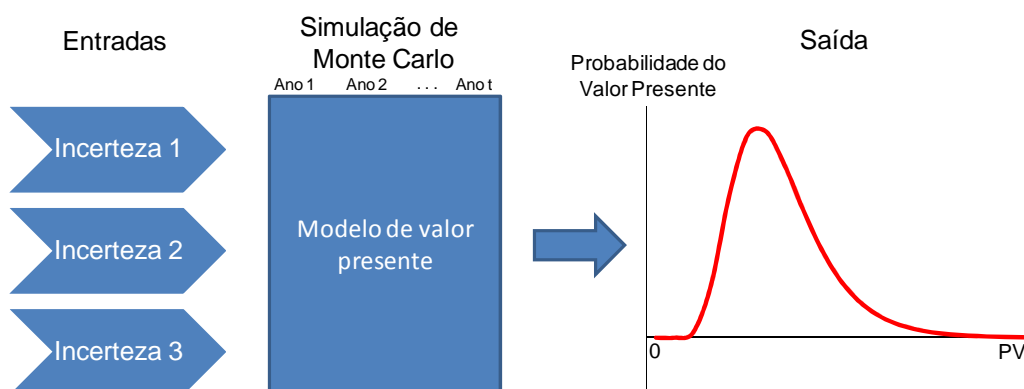
FCF_t = Fluxo de Caixa Livre do período t

CMPC = Custo Médio Ponderado de Capital (taxa de desconto)

Para cada cenário da simulação, o valor do fluxo de caixa futuro é estimado em dois períodos, um para o primeiro período e outro para o valor presente dos p. Os fluxos de caixa são descontados e somados no tempo 0 e t.

Assim, a volatilidade é calculada como sendo:

$$\sigma = \text{desvio padrão (rt)} \quad (13)$$



Quadro 5 – Simulação de Monte Carlo para cálculo da volatilidade

Fonte: Adaptado de Copeland e Antikarov (2003).

Este tipo de cálculo baseado em logaritmo, entretanto, não é matematicamente possível de se realizar, quando o ativo subjacente, no caso o projeto, assumir valores negativos. Este problema não é discutido na teoria, pois o modelo de Black e Scholes (1973) assume que o ativo subjacente segue um movimento browniano geométrico, não podendo ter valor negativo. Neste caso, uma alternativa seria calcular o coeficiente de variação do VPL do projeto e usá-lo

como uma estimativa da volatilidade, que teria aplicabilidade para todo tipo de projeto de investimento.

3.7 Simulação de Monte Carlo

A simulação de Monte Carlo (SMC) fornece soluções aproximadas para uma variedade de problemas matemáticos, incluindo análise de risco de projetos de investimento, utilizando-se de cálculos com amostras aleatórias de variáveis. O método surgiu oficialmente em 1944, embora tenha sido utilizado em ocasiões anteriores a esta data, mas seu uso mais efetivo ocorreu com o advento das calculadoras e computadores. A SMC se distingue de outros métodos de simulação por ser um método estocástico, utilizando-se de variáveis aleatórias.

De acordo com Evan e Olson (2001), a simulação de Monte Carlo é basicamente um experimento amostral cujo objetivo é estimar a distribuição de resultados possíveis da variável na qual estamos interessados (variável de saída), com base em uma ou mais variáveis de entrada, que se comportam de forma probabilística de acordo com alguma distribuição estipulada.

Law e Kelton (2000) definem a simulação de Monte Carlo como sendo uma abordagem que emprega a utilização de números aleatórios para resolver certos problemas estocásticos ou determinísticos, em que a passagem do tempo não possui um papel relevante.

Por este método, podem-se simular centenas, milhares de cenários, permitindo que se tenha uma avaliação mais consistente do risco de um projeto. O resultado obtido não é um número, mas uma distribuição de ocorrência, no

caso o VPL, e o risco é medido pela sua variância. A SMC permite uma maior flexibilidade em como lidar com as incertezas em um projeto de investimento.

Quando se cria um modelo de análise de projeto, normalmente se tem certo número de premissas, que servem de entradas no modelo (x_1 , x_2 , x_3 , etc.), e algumas equações, que usam as entradas para fornecer um conjunto de saídas (y_1 , y_2 , etc.), que poderia ser, por exemplo, o VPL ou a TIR. O modelo determinístico, ao produzir apenas um resultado por cada variável de saída, não permite a análise do risco, a não ser por ajustes na própria taxa de desconto.

Este modelo, então, não é o mais adequado para uma tomada de decisão de aceitação ou não de um projeto. Apesar disso, ele é de fundamental importância na análise dos riscos do projeto. Um modelo bem construído, que integre todas as suas variáveis é o ponto de partida para a construção de modelos de análise de risco e probabilísticos.

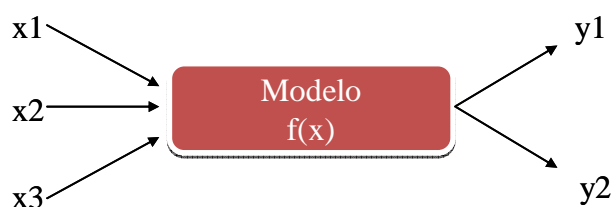


Figura 4 – Modelo determinístico

Fonte: Autor.

Ao contrário do modelo determinístico, a SMC trabalha com um modelo probabilístico, no qual as entradas são aleatoriamente geradas por uma distribuição de probabilidade, que simula o processo de amostragem de uma população. A distribuição escolhida para as entradas (x_1 , x_2 , x_3 , etc.) será aquela que melhor reflete os dados possuídos no momento. As saídas geradas pela

simulação (y_1 , y_2 , etc.) são representadas por intervalos de confiança, histogramas etc.

Para cada cenário, é estipulado um valor para cada variável, de forma aleatória. O resultado gerado, no caso o VPL, será armazenado. Assim, será feito para o cenário seguinte e sucessivamente. Esse processo será repetido sucessivamente, centenas ou milhares de vezes.

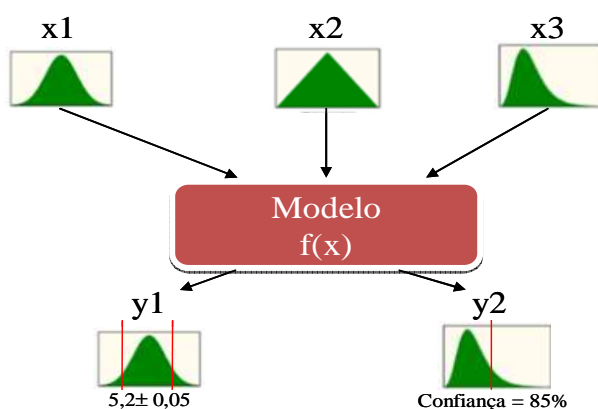


Figura 5 – Modelo probabilístico
Fonte: Autor.

Por meio da SMC, não é gerado apenas um determinado VPL, como no modelo determinístico, mas sim uma distribuição de VPLs originados das diversas combinações possíveis das principais premissas adotadas.

3.8 Modelo Binomial para precificação de opção

A metodologia de precificação de opções foi inicialmente desenvolvida para ser aplicada em cálculos de ativos financeiros, mas seus conceitos foram rapidamente utilizados para cálculos de ativos reais. Entretanto, a complexidade da abordagem matemática envolvida, as restrições das premissas teóricas e

também a falta de um apelo intuitivo restringiram a sua aplicação a projetos práticos, dificultando a sua disseminação entre as empresas.

A complexidade matemática decorre do fato que o problema requer uma solução geral probabilística para a política de decisão de investimento ótima da empresa, não só no presente, mas, como em todos os momentos no tempo, até o vencimento das opções; tal complexidade é resolvida com a solução de equações diferenciais estocásticas, que representam um grande desafio de entendimento para os gestores das empresas.

Essa complexidade pode ser resolvida com o desenvolvimento de um modelo transparente e eficiente que permita uma aproximação discreta para o processo estocástico do ativo subjacente, referente ao problema da avaliação.

Cox, Ross e Rubinstein (1979) desenvolveram um modelo discreto, a partir de uma sugestão de William Sharpe sobre as vantagens de se utilizar uma abordagem de tempo discreto para precificação de opções, com o emprego de matemática elementar, mais didático e de fácil entendimento sobre opções, permitindo a sua aplicação em diversas situações. Quando o número de intervalos do modelo binomial tende ao infinito, ele se aproxima da solução verificada pelo modelo de Black e Scholes (1973).

A teoria das opções é baseada no princípio da não arbitragem que é aplicada à dinâmica do valor do ativo subjacente. O modelo mais simples é o multiplicativo binomial de flutuações do preço das ações, que, em muitas vezes, é usado para modelar o comportamento da ação.

Assumindo que uma ação é negociada pelo preço S e dentro de um período o preço pode subir para uS , com probabilidade q , ou diminuir para dS com probabilidade de $1-q$, ao final deste período o movimento da ação pode ser

representado da seguinte forma, conforme figura 6 – Movimento da ação em um período.

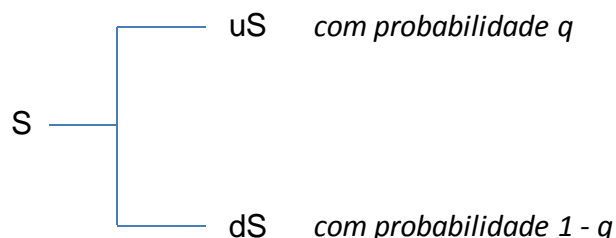


Figura 6 – Movimento da ação em um período

Fonte: Autor.

A taxa de juros r , que significa $1 +$ a taxa livre de risco de um período, é assumida como constante, e, para evitar arbitragens, a seguinte restrição é assumida:

$$u > r > d \quad (14)$$

Se não houver essa restrição, haveria oportunidades de arbitragem rentáveis sem risco, envolvendo apenas a ação e empréstimos sem risco.

Se o detentor de uma opção tem o direito de comprar uma ação a um preço de exercício X ao final de um período, os retornos da opção terão as seguintes possibilidades:

$$C_u = \max [uS - K, 0] \quad (15)$$

$$C_d = \max [dS - K, 0] \quad (16)$$

Uma carteira é construída com x reais de ações e B de reais tomados emprestados à taxa de juros livre de risco r . Um período após, a carteira valerá, de acordo com o movimento do preço da ação: $ux + rB$ ou $dx + rB$. Para satisfazer a igualdade da opção de compra e o valor da carteira ao final do período, temos:

$$C_u = ux + rB \quad (17)$$

$$C_d = dx + rB \quad (18)$$

Resolvendo a equação:

$$x = (C_u - C_d) / (u - d) \quad (19)$$

$$B = (uC_d - dC_u) / (r(u - d)) \quad (20)$$

Combinando as equações (19) e (20), o valor da carteira é:

$$x + B = \frac{1}{r} \left(C_u \frac{r-d}{u-d} + C_d \frac{u-r}{u-d} \right) \quad (21)$$

O valor de $x + B$ deve ser o valor da opção de compra C , porque o retorno desta carteira é exatamente o mesmo da opção de ação. A carteira composta pela ação e empréstimo é definida como uma carteira replicada.

$$C = \frac{1}{r} \left(C_u \frac{r-d}{u-d} + C_d \frac{u-r}{u-d} \right) \quad (22)$$

A equação (21) pode ser simplificada da seguinte forma:

$$p = \frac{r-d}{u-d} \quad \text{e} \quad 1-p = \frac{u-r}{u-d} \quad (23)$$

De modo que se pode escrever que

$$C = \frac{p \times C_u + (1-p) \times C_d}{r} \quad (24)$$

Da restrição (14) assumida anteriormente, segue-se que $0 < p < 1$. Assim, p pode ser entendido como uma probabilidade e é referida como a probabilidade de risco neutro, ou abordagem probabilística neutra em relação ao risco.

Pela equação (24), entende-se que o valor presente da opção C é igual aos retornos esperados, multiplicados pelas probabilidades que os ajustam a seus riscos. Além disso, a probabilidade q não aparece na fórmula, ou seja, C não depende dela. O valor da opção também não depende da atitude do investidor perante o risco, e a única premissa assumida é que ele prefira maximizar sua riqueza. Por fim, a única variável aleatória é o preço da ação. Assim, o valor de uma opção pode ser interpretado como sendo a expectativa de seu valor futuro descontado em um mundo neutro ao risco.

Para o cálculo de uma opção, segue-se, então, o seguinte esquema, conforme Figura 7 – Modelo binomial. Os parâmetros u , d e p foram estimados conforme as seguintes equações, definidas no modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979):

$$\bullet \quad u = e^{\sigma\sqrt{dt}} \quad (25)$$

$$\bullet \quad d = e^{-\sigma\sqrt{dt}} \quad (26)$$

$$\bullet \quad p = \frac{e^{(r \cdot dt)} - d}{u - d} \quad (27)$$

Em que os termos são:

u : fator multiplicador do movimento de alta

d : fator multiplicador do movimento de baixa

p : probabilidade de ocorrência do movimento de alta

r : taxa livre de risco por período

dt: prazo de vencimento da opção dividido pelo número de passos.

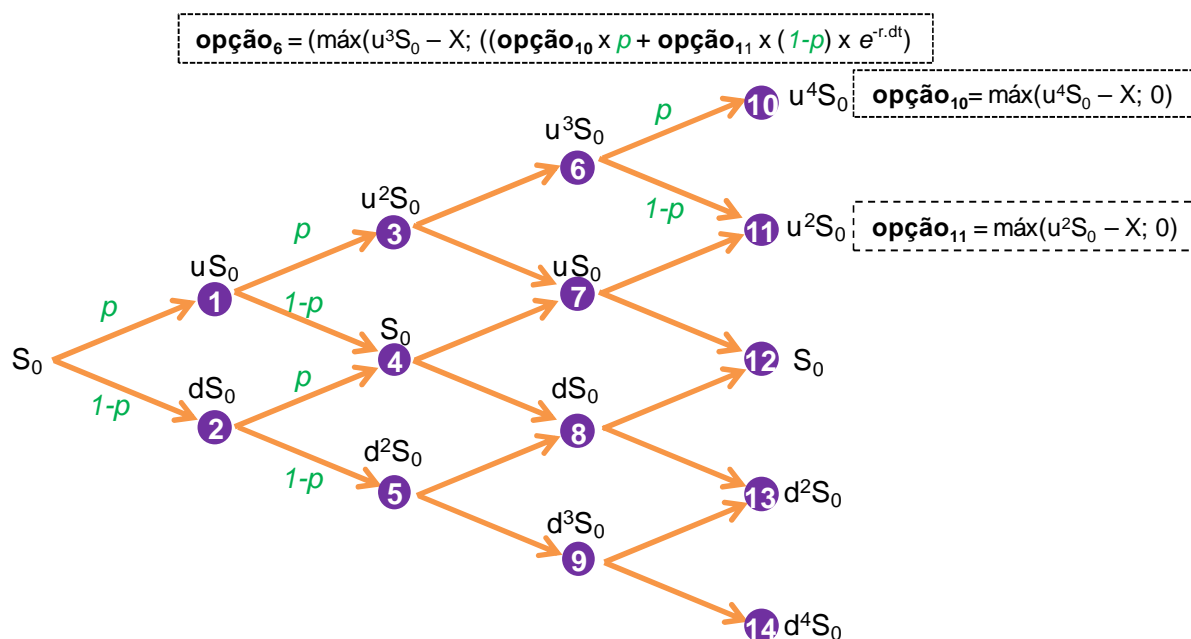


Figura 7 – Modelo binomial
Fonte: Hull (2005).

No momento zero, o preço da ação é conhecido, S_0 , e no momento seguinte pode assumir dois possíveis valores: uS_0 e dS_0 , conforme as suas respectivas probabilidades. Esse movimento é executado até o final do modelo, conforme o número de passos estabelecidos. O cálculo da opção é feito de forma recursiva, iniciando-se pelo apreçamento da opção pelo fim do modelo, e seu valor é conhecido no momento zero. Por exemplo: os valores da opção nos nós 10 e 11 são calculados conforme a equação (2) para uma opção de compra e a equação (3) para uma opção de venda. Esses valores são ponderados por suas respectivas probabilidades de ocorrência, e o resultado é trazido a valor presente descontada a taxa r , pois se assume um modelo neutro ao risco. Esse procedimento é executado até se obter o valor da opção no momento zero. Se a opção for americana, é necessário conferir se um exercício antecipado é

preferível à manutenção da opção para um período adicional de tempo dt (HULL, 2005).

3.9 Opções Reais em quatro passos

Tradicionalmente, os modelos de Opções Reais exigem a criação de uma carteira, obtida do mercado de ações, que replica os retornos do ativo a ser avaliado em todos os períodos futuros. Copeland e Antikarov (2003) propuseram uma abordagem mais simples e geral para avaliação das opções reais, passíveis de ser aplicadas onde não há mercado ativo de negociação do ativo. Para tanto, os autores assumem que o valor presente do projeto sem flexibilidade é o melhor estimador do valor de mercado do projeto, que passa, então, a ser o ativo subjacente em uma carteira replicada. Desta forma, as mudanças no valor do projeto sem flexibilidade variam ao longo do tempo, conforme um processo estocástico de movimento browniano, e, como resultado, as opções podem ser calculadas pelos métodos tradicionais de precificação.

A abordagem para avaliação de projetos de investimento proposta por Copeland e Antikarov (2003), utilizando Opções Reais, é feita em quatro passos:

- a) O ponto inicial da avaliação de um projeto de investimentos é a aplicação do modelo de fluxo de caixa descontado com o objetivo de se calcular o valor presente do projeto em um cenário básico, ignorando qualquer flexibilidade gerencial existente;
- b) O passo seguinte é entender como o valor presente evolui ao longo do tempo, identificando as principais fontes de incerteza e suas correlações, a fim de compreender o impacto no valor. Esse passo é

feito com a modelagem da incerteza por meio de eventos estimada, com base em dados históricos ou estimativas gerenciais que são combinadas, por meio da simulação de Monte Carlo, em uma única incerteza: a distribuição dos retornos do projeto. Assim, o desvio padrão desses retornos, ou volatilidade, pode ser estimado;

- c) O terceiro passo é identificar e incorporar a flexibilidade gerencial à árvore de eventos, criando uma árvore com nós que representam as decisões que os gestores podem tomar, a fim de maximizar o valor do projeto, assim que as incertezas são resolvidas ao longo do tempo de vida útil do projeto. A árvore binomial permite a modelagem de um processo estocástico para o valor do projeto;
- d) O último passo consiste em calcular o valor total do projeto, que incluirá o valor presente do cenário básico sem flexibilidade mais o valor da opção real (flexibilidade), calculado por meio da árvore binomial.

Esse processo pode ser complementado com o entendimento da sensibilidade das opções reais em relação aos parâmetros do modelo, com ajustes, se necessário, de interdependências entre o projeto e a opção, e uma revisão do modelo para transparência e simplicidade.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma vez terminada a revisão da literatura, o passo seguinte consistiu em estabelecer o tipo de pesquisa a ser efetuada. O tipo de uma pesquisa dependeu do tema do problema a ser estudado, da sua natureza e situação em que se encontra.

As pesquisas podem ser divididas, de acordo com Dankhe (1986 apud Sampieri; Collado; Lucio, 2006), em estudos exploratórios, descritivos, correlacionais e explicativos. A pesquisa desenvolvida foi um estudo explicativo, pois a literatura revelou que existe mais de uma possibilidade para a solução do problema de pesquisa, com enfoque quantitativo, e é do tipo aplicada, pois teve como objetivo gerar conhecimento para a resolução de um problema específico existente.

Quanto à estratégia da pesquisa, esta pode ser: (i) um experimento, (ii) um levantamento, (iii) uma análise de arquivos, (iv) uma pesquisa histórica ou (v) um estudo de caso (YIN, 2005).

A estratégia de pesquisa preferida é o estudo de caso, “quando se colocam questões do tipo ‘como’ e ‘por que’, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real” (YIN, 2005, p. 19).

Quanto aos fins, a pesquisa pode ser caracterizada como aplicada, considerando que teve como objetivo gerar conhecimento para o esclarecimento de um problema específico, ou seja, foi preponderantemente fundamentada na necessidade de se identificar uma solução para uma questão prática.

A pesquisa foi empírica, pois o estudo foi feito a partir de informações obtidas diretamente da empresa objeto do estudo, por meio de sua área de projetos estratégicos, bem como as avaliações efetuadas pela mesma. Informações adicionais ao projeto foram fornecidas posteriormente pela empresa, ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Após coletados, os dados foram avaliados sob a perspectiva do pesquisador com base na teoria desenvolvida na fundamentação teórica. Procedeu-se, então, a uma sequência de análises e estudos, pois, uma vez tendo sido feitos os cálculos financeiros do VPL pela empresa operadora, estes foram complementados com as análises das variáveis chave do projeto por meio da análise de sensibilidade; foi estimado o seu risco por meio da simulação de Monte Carlo; a volatilidade, também, foi calculada, utilizando-se a simulação de Monte Carlo; avaliaram-se quais as opções estratégicas a empresa possuía; e, por fim, o modelo binomial foi desenvolvido para a definição do valor da opção real que o projeto gerou. Os resultados obtidos pela empresa e pelos estudos complementares do pesquisador foram comparados e analisados, tecendo-se, então, os comentários conclusivos.

Resumidamente, a metodologia desenvolvida neste estudo de caso foi incorporar, às informações iniciais que serviram de suporte para a decisão de investimento da empresa, uma avaliação financeira complementar, construída após a análise das variáveis estratégicas existentes na implantação do projeto de investimento.

A ferramenta que possibilitou que fossem efetuados todos os cálculos estatísticos, especificamente a avaliação do risco e definição da volatilidade, foi o

software Crystal Ball. Para os demais cálculos, inclusive a construção do modelo binomial, o MS Excel foi a ferramenta utilizada.

5 O ESTUDO DE CASO

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, na Pesquisa Anual de Serviços (PAS 2002), incluiu como Serviços de Telecomunicações as empresas de: Telefonia Fixa, Telefonia Celular, SME (Trunking), Telecomunicações por Satélites, provedores de Acesso à Internet, transmissão e recepção de sinais de TV e Rádio, serviços de instalação e outros.

Este setor teve seu início quando da instalação da primeira linha telegráfica, no ano de 1855, que ligava as cidades de Petrópolis e Rio de Janeiro, enquanto que a primeira linha telefônica foi instalada em janeiro de 1877, também no Rio de Janeiro, pelo Imperador D. Pedro II. No ano de 1879, visando a efetiva implementação e difusão da telefonia no Brasil, foi outorgada à Bell Telephone Company a concessão para exploração nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói (MOREIRA, 2006).

Cento e onze anos após a instalação da primeira linha telefônica, as empresas estatais do sistema Telebrás foram privatizadas, contando nesta época com mais de 23 milhões de linhas telefônicas, entre fixas, móveis e públicas. O Gráfico 5 – Número de terminais telefônicos privatizados em 1998 – mostra a distribuição das linhas.

O setor de telecomunicações no Brasil passou por grandes transformações nos últimos onze anos. Em 29 de julho de 1998, o sistema Telebrás foi privatizado pelo governo federal em leilão na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro, que vendeu o controle acionário das empresas *holding* de telefonia fixa, celular e longa distância, perfazendo um total de doze empresas: uma de longa distância, três de

telefonia fixa e oito de telefonia celular. Os compradores pagaram um total de R\$ 22,1 bilhões pelo controle dessas empresas, que representou um ágio de 63,7% sobre o preço mínimo e foi a maior privatização da história do país.

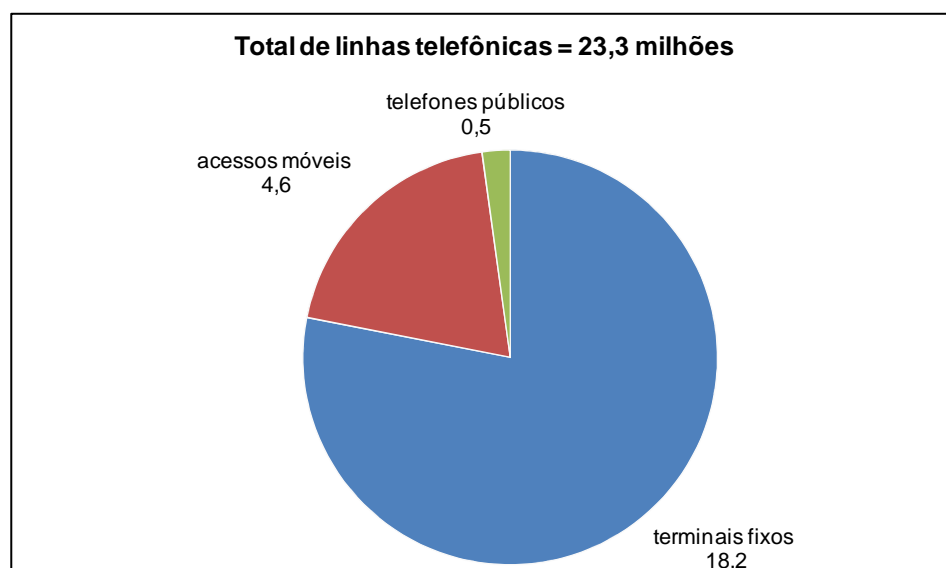


Gráfico 6 – Número de terminais telefônicos privatizados em 1998
Fonte: Telebrás (1998).

5.1 O setor de telecomunicações hoje

5.1.1 Telefonia Fixa

Um dos grandes méritos da privatização do sistema Telebrás foi o aumento do número de consumidores de telefones fixos, celulares e também com acesso à internet, seja por meio da banda larga fixa, ou ADSL, ou por meio da banda larga móvel, o 3G. Na telefonia fixa, o setor hoje conta com as seguintes empresas:

- a) Telefonica: oriunda da privatização;
- b) Oi: também privatizada e que recentemente comprou outra empresa privatizada, a Brasil Telecom;

- c) Embratel: empresa privatizada que opera predominantemente em serviços de longa distância;
- d) CTBC: empresa que, à época da privatização, já era privada;
- e) Sercomtel: empresa estatal municipal da cidade de Londrina.

Além das empresas de telefonia fixa citadas anteriormente, as concessionárias, que são chamadas assim por possuírem uma série de obrigações a cumprir, existem ainda as empresas espelhos, GVT, Intelig, entre outras, que foram empresas criadas para concorrer com as concessionárias, até então monopólios em suas regiões de atuação. As empresas de telefonia fixa prestam o Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) que, por meio de transmissão de voz e de outros sinais, destina-se à comunicação entre pontos fixos determinados, utilizando processos de telefonia. São modalidades do Serviço Telefônico Fixo Comutado destinado ao uso do público em geral o serviço local, o serviço de longa distância nacional e o serviço de longa distância internacional

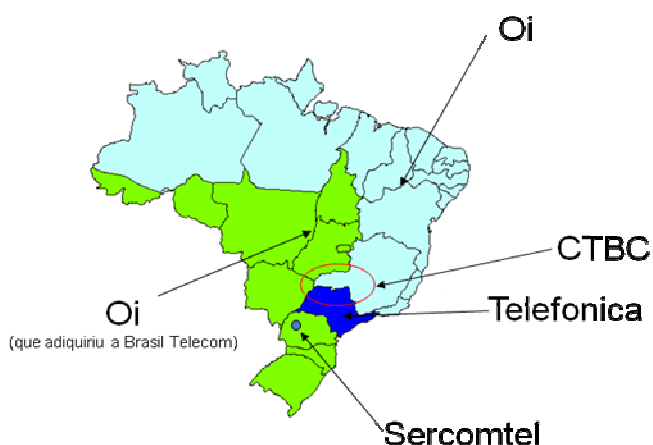


Figura 8 – Empresas de telefonia fixa
Fonte: Autor.

5.1.2 Telefonia Móvel

O setor de telefonia móvel iniciou a prestação de seus serviços no ano de 1990 por meio da estatal Telerj, sendo, desde a privatização, o que mais aumentou o número de consumidores, possuindo as seguintes empresas atuando na prestação dos serviços:

- a) Claro: com atuação nacional;
- b) CTBC: com atuação regional nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso e Goiás;
- c) Oi: também com atuação nacional, exceto por algumas regiões do estado de São Paulo;
- d) Sercomtel: estatal municipal com atuação na cidade de Londrina;
- e) TIM: com atuação nacional;
- f) Vivo: também com atuação nacional.

Além das empresas citadas, que são prestadoras de serviço de telefonia móvel na modalidade de Serviço Móvel Pessoal, existem diversas outras empresas que prestam serviços na modalidade de Serviço Móvel Especializado, que é o serviço de telecomunicações que utiliza sistema de radiocomunicação, basicamente, para a realização de operações do tipo despacho e outras formas de telecomunicações. São empresas que atuam regionalmente ou em apenas algumas cidades e têm com a representante mais representante mais conhecida a empresa Nextel.

5.1.3 Outros setores de telecomunicações

Participam ainda do setor de telecomunicações no Brasil empresas que possuem licenças / autorizações para atuar sob as seguintes modalidades:

- a) Serviço de Comunicação Multimídia: é um serviço fixo de telecomunicações, prestado em âmbito nacional e internacional, no regime privado, que possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia, utilizando quaisquer meios, a assinantes dentro de uma área de prestação de serviço.
- b) TV por Assinatura: são serviços prestados sob a forma de (i) TV a cabo, que consiste na distribuição de sinais de vídeo e/ou áudio a assinantes, mediante transporte por meios físicos; (ii) Serviço de Distribuição de Sinais Multiponto Multicanais – MMDS, que se utiliza de faixa de microondas para transmitir sinais a serem recebidos em pontos determinados dentro da área de prestação do serviço; (iii) Serviço de Distribuição de Sinais de Televisão e de Áudio por Assinatura via Satélite – DTH, que tem como objetivo a distribuição de sinais de televisão ou de áudio, bem como de ambos, através de satélites, a assinantes localizados na área de prestação de serviço.

Constituem, ainda, o setor de telecomunicações as empresas que prestam serviços de radiodifusão e satélite.

5.2 A evolução do setor de telecomunicações

Desde a privatização do sistema Telebrás, houve um aumento considerável no número de consumidores de telecomunicações no Brasil, sendo que o setor de telefonia fixa cresceu, em média, 8% ao ano, enquanto que o setor de telefonia móvel cresceu 35% ao ano. O Gráfico 7 – Quantidade de assinantes em telecomunicações – retrata esse crescimento.

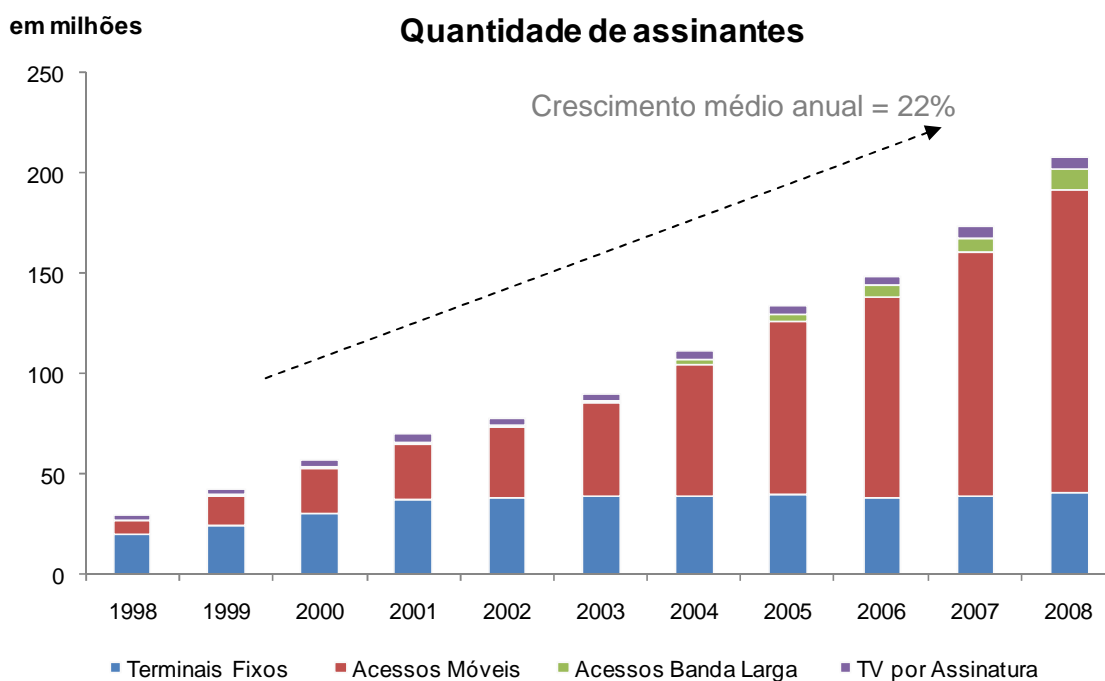


Gráfico 7 – Quantidade de assinantes em telecomunicações
Fonte: Teleco (2009).

Para suportar todo esse crescimento, entre o período de 1998 a 2008, as empresas de telefonia fixa investiram cerca de R\$ 140 bilhões (ABRAFIX, 2009), ou R\$ 14 bilhões por ano, enquanto que, nos quatro anos anteriores à privatização, os investimentos médios anuais foram de R\$ 5,6 bilhões, um expressivo aumento de 150%. O setor de telefonia celular também investiu

maciçamente, alcançando R\$ 60 bilhões (ACEL, 2009) entre o período de 2000 a 2008.

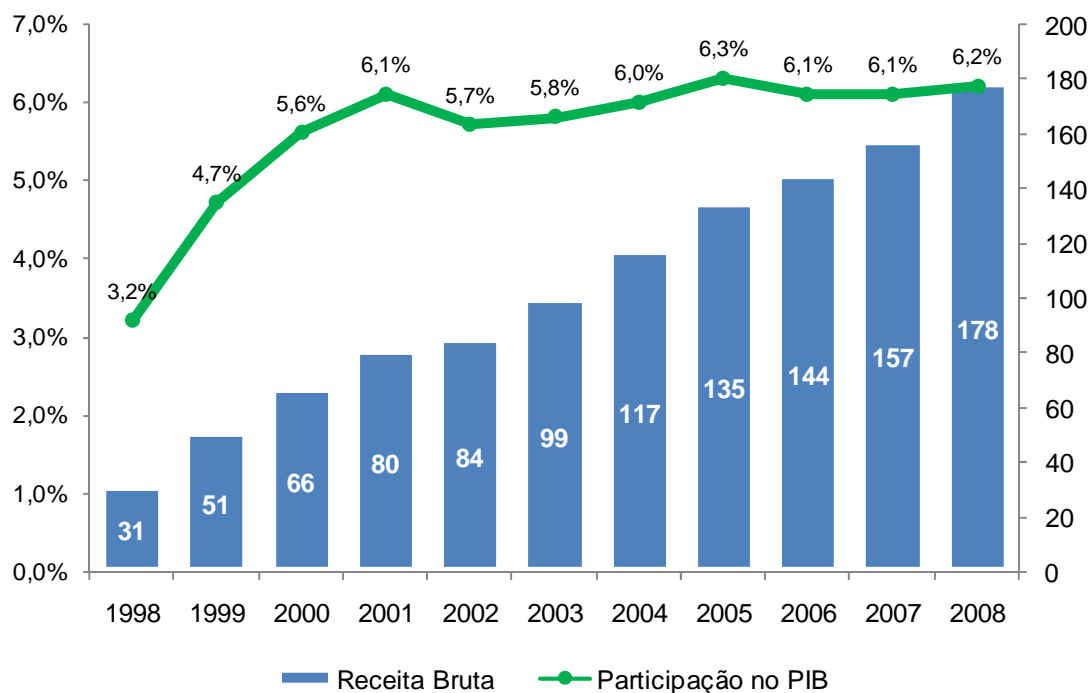


Gráfico 8 – Participação do setor de telecomunicações no PIB
Fonte: Teleco (2009).

Esses números demonstram a importância do setor para a economia brasileira, que dobrou sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, chegando a 6,2% no ano de 2008. Todo esse investimento e aumento de consumidores teve reflexo na evolução da receita do setor de telecomunicações, que aumentou de R\$ 32 bilhões, em 1998, para R\$ 178 bilhões, em 2008; um crescimento médio anual de 19%.

A relevância dos investimentos do setor pode ser medida pela sua contribuição para a formação bruta de capital fixo (FBCF), que é a operação do Sistema de Contas Nacionais (SCN), que registra a ampliação da capacidade produtiva futura de uma economia por meio de investimentos correntes em ativos

fixos, ou seja, bens produzidos factíveis de utilização repetida e contínua em outros processos produtivos por tempo superior a um ano, sem, no entanto, ser efetivamente consumidos pelos mesmos. O Gráfico 9 – Investimentos e sua relação com a FBCF – demonstra este fato.

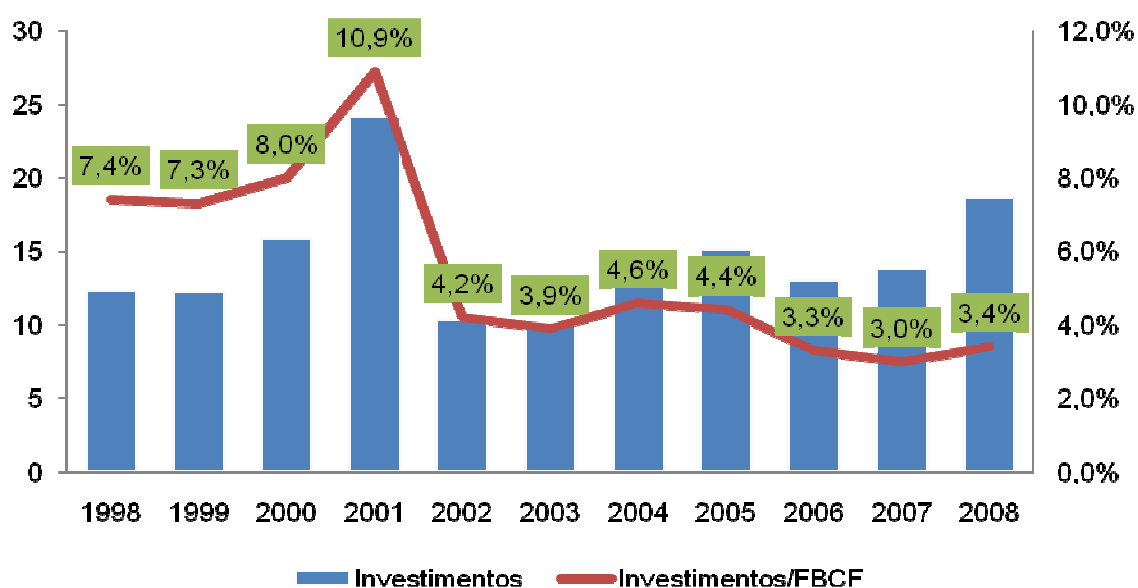


Gráfico 9 – Investimentos e sua relação com a FBCF
Fonte: Teleco (2009).

Por ser um setor intensivo em capital, seus investimentos aquirem uma importância estratégica para os negócios das empresas, pois o futuro destas depende da correta alocação dos recursos e o retorno a ser obtido a partir desses investimentos. Houve um grande desenvolvimento desde a privatização e um novo ciclo de investimentos se iniciou no ano de 2008, com a construção das redes celulares de terceira geração (3G), após uma licitação de faixas destinadas ao desenvolvimento dessas redes por parte da Agência Nacional de Telecomunicações, Anatel. As empresas começaram, também, a investir em novas redes, preparando-se para a convergência digital entre telecomunicações e mídia, que hoje já é realidade.

Investimentos em telecomunicações são normalmente de retornos de médio a longo prazo, pois exigem a construção de extensas redes que permitam a cobertura da população como um todo, que, quando associados à queda das margens verificadas ao longo dos últimos anos, devido ao acirramento da concorrência, trazem uma incerteza acerca de seus retornos. Pode-se incluir neste ambiente de incerteza, também, o fato de ser um setor altamente regulamentado e possuir uma das mais altas cargas tributárias do mundo e com alterações em suas alíquotas de uma forma recorrente.

Neste ambiente de incertezas, a decisão por novos investimentos torna-se vital para a continuidade e sobrevivência da empresa, e o emprego de técnicas corretas para a avaliação econômico-financeira desses investimentos auxilia a tomada de decisão. Uma técnica de avaliação correta deve incluir em sua modelagem as flexibilidades que os investimentos em telecomunicações oferecem e que podem ser traduzidas em ampliar uma oferta inicial de serviços ou mesmo abandono de um investimento, em determinado momento, em troca de uma tecnologia mais avançada.

Adicionalmente, pode-se dizer que os investimentos em telecomunicações dependem, em muitos casos, de licitações do órgão regulador, que são feitas sob a forma de leilões concorrenciais. Novamente, a correta modelagem econômico-financeira desses investimentos pode fornecer um valor mais preciso a ser pago no leilão, de forma a capturar todas as oportunidades e flexibilidades do investimento. A avaliação pelas opções reais seria a mais adequada no caso desses leilões, nos quais a empresa faz a sua oferta e, normalmente, tem um prazo estipulado para efetuar o pagamento, sendo que, se não efetuar os

investimentos no prazo estipulado, há o pagamento de uma multa referente ao valor ofertado no leilão.

5.3 Estrutura do setor de telecomunicações no Brasil

A Lei Geral de Telecomunicações - LGT (BRASIL, 1997) foi sancionada em 16 de julho de 1997, organizando o setor e, também, criando a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), o que permitiu que o setor fosse aberto à iniciativa privada. A LGT dividiu o serviço em três regimes jurídicos:

- a) Público: com tarifas reguladas pela Anatel e obrigações de qualidade e universalização das ofertas;
- b) Privado: o mercado regula os preços e qualidades;
- c) Misto: com atuação de empresas de regime público e privado.

A telefonia fixa é considerada um serviço misto. As concessionárias têm parte de seus serviços com tarifas controladas pela Anatel, por exemplo, assinaturas de telefonia, enquanto que outros não o são, sendo o caso de assinaturas de serviço de banda larga. Existem ainda as empresas espelhos, que prestam serviços privados com tarifas reguladas pelo mercado, e que, para atuarem, basta solicitar uma autorização à Anatel.

A telefonia celular é um serviço considerado privado, em que o preço é regulado pelo mercado. Não há obrigações previstas em contratos, a não ser, por exemplo, no caso do leilão para frequências, em que a Anatel condicionou a venda das faixas à universalização do serviço. Na telefonia celular, há uma limitação física para a prestação do serviço, pois cada operadora tem que usar uma faixa de frequência diferente para evitar as interferências. Essas faixas são

leiloadas pela Anatel. Em dezembro de 1997, foram leiloadas frequências para prestação de serviços de terceira geração (3G), que permitem maior rapidez no envio de dados e o acesso à internet pelo celular.

5.4 O projeto de investimento

O estudo de caso foi feito baseado em um projeto de investimento em rede 3G de uma operadora de telecomunicações no Brasil. O serviço celular no Brasil iniciou-se com a chamada primeira geração ou 1G, cuja tecnologia era analógica. Tempos depois essa tecnologia foi sucedida pela segunda geração (2G), com tecnologia digital GSM, sendo ainda, essencialmente centrada em serviços de voz e com uma pequena capacidade/velocidade para prestação de serviços de transmissão de dados, aproximadamente 14Kbps.

Uma evolução foi a implantação da rede 2,5G com tecnologia GPRS e EDGE, com velocidade máxima de transmissão de 153Kbps.

A terceira geração (3G) é uma tecnologia também digital, mas com uma maior capacidade/velocidade de transmissão de dados, podendo teoricamente chegar a 2,4Mbps. O quadro 6 – Tecnologias da rede celular – resume essa evolução.

Geração	1G	2G	2,5G	3G
Tecnologia transmissão de dados	AMPS	WAP	GPRS / EDGE	WCDMA
Taxa média real em Kbps	9,6	14,4	115	até 2,4Mbps

Quadro 6 – Tecnologias da rede celular
Fonte: Autor.

Investimentos das empresas do setor de telecomunicações são bem adequados para ser avaliados pela opção real, pois combinam valores vultosos com alto grau de incerteza, que pode ser de origem técnica, comercial e regulatória. Além disso, as empresas necessitam atualizar suas redes com certa frequência, a fim de manter a competitividade frente aos concorrentes, o que sempre exige uma avaliação das opções que os investimentos feitos hoje poderão gerar ao longo de sua vida útil, podendo ser, em muitos casos, de curto prazo.

5.4.1 O processo licitatório das frequências

A Anatel licitou no final do ano de 2007 diversas faixas de frequências para a prestação de serviços de terceira geração, em forma de leilão, que ocorreu entre os dias de 18 a 20 de dezembro de 2007.

Foram licitados 36 lotes, distribuídos em 4 faixas em cada uma das nove regiões definidas pela Anatel. O critério para definir os vencedores em cada um dos lotes foi o de maior preço oferecido, além de atender os requisitos mínimos de cobertura e qualidade definidos no edital.

O governo federal arrecadou aproximadamente R\$ 5,3 bilhões com o leilão dos 36 lotes, representando um ágio médio de 87%. Algumas empresas adquiriram licenças nacionais e outras em algumas partes do país. As áreas licitadas estão representadas na Figura 9 – Áreas da licitação da frequência 3G.

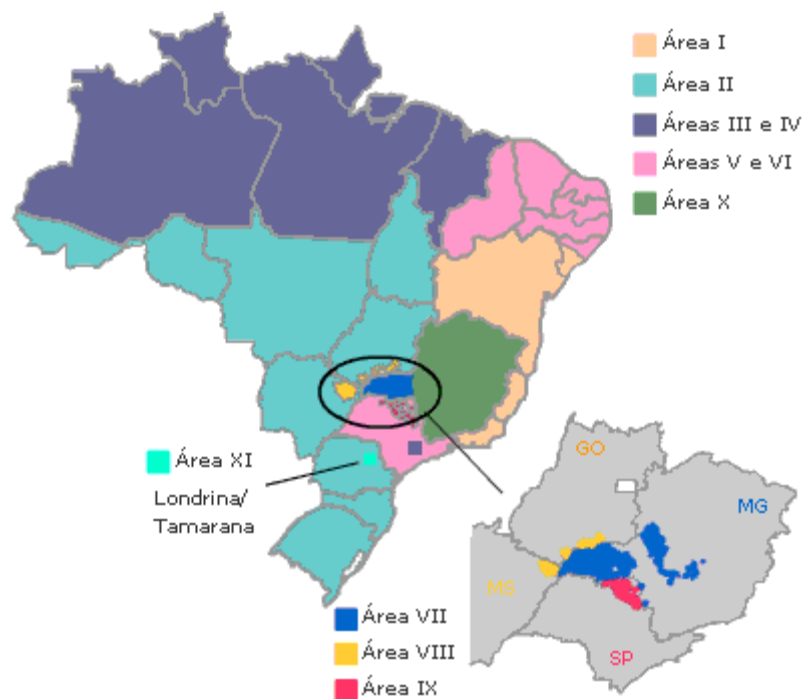


Figura 9 – Áreas da licitação da frequência 3G
 Fonte: Teleco (2009).

5.4.2 Como funciona a rede celular

Toda a comunicação, seja ela transmissão de voz ou de dados, feita por meio de um aparelho celular é via ondas eletromagnéticas, que são captadas por torres, chamadas de ERBs (estações rádio base), que, por sua vez, se comunicam com as CCC (central de comunicação e controle). A CCC é o equipamento responsável por conectar dois assinantes de uma mesma operadora que queiram se comunicar ou conectar um assinante de uma operadora com o de outra, seja ele de telefonia fixa ou celular.

A característica principal do serviço é a mobilidade que ele permite ao assinante, de forma que ele pode se comunicar de praticamente qualquer lugar do Brasil ou do mundo. Para que isso seja possível, a arquitetura da rede tem um formato de células; a ERB mais próxima do assinante capta sua comunicação e envia para a CCC. Se este assinante estiver em movimento durante a

transmissão de sua comunicação, é possível que uma ERB transfira essa comunicação para outra ERB, pois essas torres possuem um campo de atuação limitado. A região onde ocorre essa transferência é chamada de *handover*

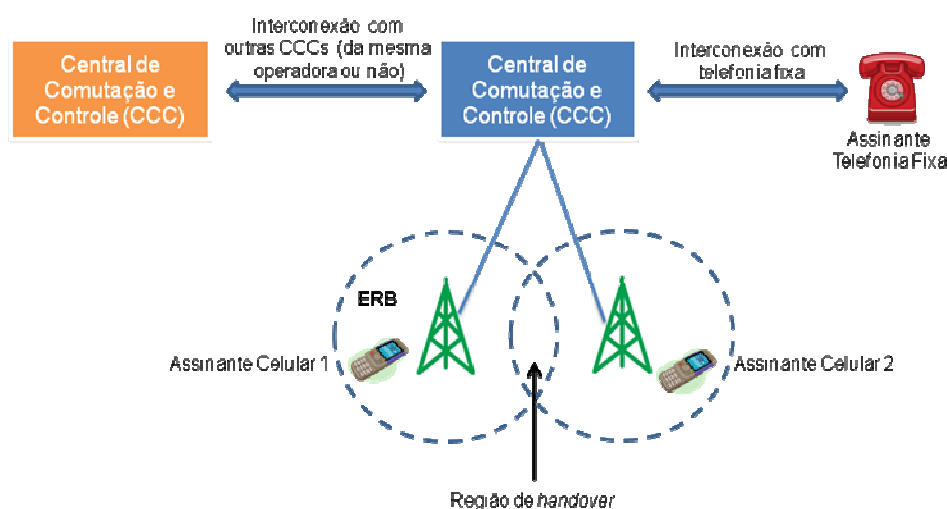


Figura 10 – Funcionamento de uma rede celular

Fonte: Autor.

Os investimentos, para se implantar uma rede celular, podem ser divididos em dois grandes grupos:

- a) CCC: controla toda a comunicação da rede, inclusive interligando com redes de outras operadoras. A maior parcela desse investimento é fixa e independe da quantidade de assinantes da rede, enquanto que outra parcela varia em função do número de assinantes.
- b) ERB: permite captar a comunicação do assinante. Assim como a CCC, a maior parcela do investimento é fixa e outra é variável, em função do número de assinantes e também da área de cobertura da rede.

Essa característica do investimento na rede celular é importante, pois os investimentos fixos são necessários no início do processo de implantação da rede, *sunk costs*, e exigem um grande montante de dinheiro.

5.4.3 Análise do projeto de investimento pela operadora

O estudo de caso é sobre a implantação de uma rede 3G por uma operadora, cuja licença foi obtida por meio de um leilão de frequência promovido pela Anatel, ao final do ano de 2007.

Assim como grande parte dos investimentos, no início do processo de implantação da rede, o montante a ser pago pela licença também tem que ser definido antes que os primeiros investimentos ocorram, pois decorre de uma participação no leilão concorrencial, cujo preço mínimo foi definido pela Anatel. Tanto o valor inicial de investimento em CCCs e ERBs quanto o valor mínimo da licença são gastos em que a operadora teria que incorrer antes que qualquer futuro assinante gerasse alguma receita.

A operadora já atuava no provimento de serviços de voz e dados por meio de uma rede celular de 2,5G, utilizando para tal a tecnologia GPRS.

5.4.3.1 Estabelecimento das premissas para cenário básico

As premissas utilizadas pela operadora para avaliar o projeto de investimento foram determinadas por um grupo multidisciplinar, envolvendo pessoal das áreas de *marketing* e vendas, engenharia e finanças, de forma que todas as variáveis relevantes do negócio pudessem ser estimadas, possibilitando

o cálculo do retorno do projeto, o VPL, bem como o valor máximo que poderia ser pago no leilão do lote de frequência. Todas as análises feitas pela operadora na condução do plano de negócios foram baseadas no conceito incremental das receitas, despesas e investimentos, ou seja, sendo o resultado da diferença entre ter a rede 3G e não ter a rede 3G.

O horizonte de projeção explícita, ou seja, período no qual as premissas foram detalhadas, foi de 12 anos e, para os 3 anos seguintes, foi assumido um crescimento no fluxo de caixa igual à projeção do PIB brasileiro. Esse prazo de projeção coincide com o da licença.

5.4.3.1.1 Premissas macroeconômicas

As premissas macroeconômicas foram definidas pela área financeira, tendo como base relatórios de bancos de investimento e também informações do relatório Focus do Banco Central do Brasil, e foram projetadas até o prazo final da licença, ou seja, 2022. O resumo das principais premissas está na Tabela 2 – Premissas macroeconômicas.

Tabela 2 – Premissas Macroeconômicas

Premissas macroeconômicas	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Impostos sobre receita												
PIS/Cofins	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%
ICMS	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%	25,0%
Fust/Funtel	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Câmbio (R\$/US\$)	2,21	2,22	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,27	2,28	2,29	2,30
Inflação - IGPM	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%

Fonte: Operadora

5.4.3.1.2 Premissas operacionais

As premissas operacionais podem ser divididas entre investimentos, que compreendem a licença a ser paga à Anatel e gastos com equipamentos e serviços para implantação da rede de telecomunicações, receita a ser gerada pelos novos serviços e custos e despesas operacionais, que compreendem a operação e manutenção da rede, gastos com *marketing*, subsídios⁹, *call center*, comissões, provisões para devedores duvidosos, despesas administrativas. Foram estimadas seguindo as premissas abaixo:

- a) Licença: O valor mínimo para a licença foi definido pela Anatel para cada uma das regiões, e, para a região referente ao estudo de caso, o preço mínimo estabelecido foi de R\$ 114,7 milhões, por um período de 15 anos, renováveis, de forma onerosa, por igual período. O valor máximo estabelecido pela operadora para pagamento pela licença foi estabelecido conforme os parâmetros internos de retorno e foi de R\$ 203,2 milhões;
- b) Investimentos: O investimento inicial para implantação da rede necessária para o início das operações foi estabelecido pela área de engenharia, que utilizou para tanto premissas de número de clientes estimados e também perfil de uso de tráfego desses clientes, conforme relatório da área de *marketing*. Foram estimados os valores para as centrais de comutação, CCCs, para as torres de comunicação (ERBs), bem como investimentos em sistemas de faturamento e controles gerenciais. O montante inicial estimado foi de R\$ 119,4

⁹ Compreendem subsídios de aparelhos celulares bem como modems para acesso à internet

milhões. Foram estimados, também, os investimentos necessários para expandir a capacidade da rede, além de licenças de *softwares*, de modo a suportar o futuro aumento do número de clientes. Esses investimentos são variáveis conforme o número de clientes, e, para o primeiro ano, 2008, o valor estimado foi de R\$ 160,00 por cliente e esperada uma queda para R\$ 144,00 nos anos seguintes.

Tabela 3 – Investimentos do projeto

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Investimentos												
Licença (milhões)	R\$ 203,2											
Implantação da rede (milhões)	R\$ 119,4											
Ampliação da rede												
Por novo cliente	R\$ 160	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144	R\$ 144
Nº de novos clientes (mil)	41	145	223	291	357	464	540	613	715	795	827	860
Total ampliação da rede (milhões)	R\$ 6,6	R\$ 20,8	R\$ 32,2	R\$ 41,9	R\$ 51,4	R\$ 66,8	R\$ 77,7	R\$ 88,3	R\$ 103,0	R\$ 114,5	R\$ 119,1	R\$ 123,9
Total investimentos (milhões)	R\$ 329,2	R\$ 20,8	R\$ 32,2	R\$ 41,9	R\$ 51,4	R\$ 66,8	R\$ 77,7	R\$ 88,3	R\$ 103,0	R\$ 114,5	R\$ 119,1	R\$ 123,9

Fonte: Operadora

Número de assinantes e Receita Média por Assinante (ARPU¹⁰): foram estimados pela área de *marketing*, que considerou a existência de três concorrentes de banda larga sem fio e, também, a concorrência da banda larga com fio das operadoras de telefonia fixa e TV a Cabo. O ARPU foi estabelecido após uma análise dos preços praticados no mercado brasileiro e exterior. Além disso, assumiu-se que, com o acirramento da concorrência, nos dois anos seguintes ao início das operações, haveria uma redução de 10% no preço dos serviços da operadora. Para os anos seguintes, a premissa foi de que, como ocorre hoje na banda larga por fio, haveria uma manutenção do preço justificada por uma oferta de velocidade maior. O ARPU refere-se somente aos serviços de banda larga sem fio, não incluindo os serviços de voz, pois este serviço não é

¹⁰ Do inglês, *Average Revenue Per User*.

incremental aos serviços já oferecidos. Os valores de ARPU constantes no Gráfico 10 – Projeção de assinantes – são valores brutos, antes da dedução dos impostos incidentes sobre a receita.

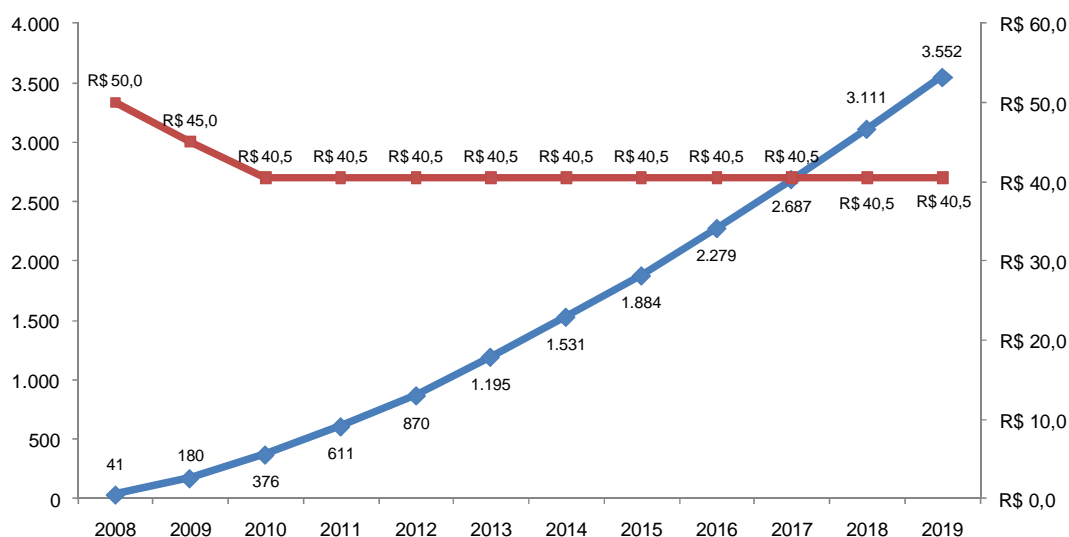


Gráfico 10 – Projeção de assinantes e ARPU
Fonte: Operadora

A linha vermelha representa a evolução do ARPU, enquanto que a azul retrata a evolução do número de clientes ao final de cada ano.

Custo operacional com *Call Center*: a área de operações foi a responsável por fornecer as premissas referentes ao *Call Center*, assumindo que cada posição de atendimento (PA) estaria limitada ao número máximo 1.940 assinantes, a partir do terceiro ano de operação. O preço médio mensal por posição de atendimento, obtido por meio de uma proposta feita pelo fornecedor do serviço, foi de R\$ 5.120,00. Há um esforço adicional, no ano de 2008, em função da divulgação do lançamento do serviço, sendo necessário para tanto um maior número de

posições de atendimento temporárias por cliente. A evolução do número de posições de atendimento está demonstrada na tabela abaixo.

Tabela 4 – Evolução do número de posições de atendimento

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Posições de atendimento	147	132	143	254	382	532	703	880	1.073	1.280	1.494	1.717

Fonte: Operadora

Custo operacional de manutenção da rede: esta premissa foi definida pela área de operações e refere-se aos gastos com manutenção e reparo dos diversos equipamentos da rede. Como esse serviço já é prestado para a operadora na rede atual, houve, também, uma proposta feita pelo fornecedor de serviços de manutenção, que estipulou um valor de R\$ 6,00 por mês por cliente. Devido à concorrência para a prestação desse serviço, não houve o estabelecimento no contrato de cláusula de correção desse valor, pois se espera um ganho de escala que compense eventuais acréscimos no preço.

Tabela 5 – Custo de manutenção

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Custo por cliente	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 6
Nº médio de clientes (mil)	21	111	278	494	741	1.033	1.363	1.708	2.081	2.483	2.899	3.332
Manutenção da rede (milhões)	R\$ 1,5	R\$ 8,0	R\$ 20,0	R\$ 35,5	R\$ 53,3	R\$ 74,3	R\$ 98,1	R\$ 122,9	R\$ 149,9	R\$ 178,8	R\$ 208,7	R\$ 239,9

Fonte: Operadora

Despesa com subsídios: a área de *marketing* definiu o subsídio para acesso à internet, para os novos clientes da nova tecnologia com base em comparativos com outros mercados e também com o histórico da própria operadora, estabelecendo um valor médio de R\$ 205,00 por cliente para o ano de 2008 e queda de 5% ao longo dos anos seguintes, devido a uma esperada queda dos preços dos fornecedores por conta dos ganhos de escalas. A Tabela 6 – Gastos com subsídios – mostra a evolução dessa despesa ao longo dos anos.

Tabela 6 – Gastos com subsídios

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Subsídio por cliente	R\$ 205	R\$ 195	R\$ 185	R\$ 176	R\$ 167	R\$ 159	R\$ 151	R\$ 143	R\$ 136	R\$ 129	R\$ 123	R\$ 117
Nº de novos clientes (mil)	41	145	223	291	357	464	540	613	715	795	827	860
Subsídios (milhões)	R\$ 8,5	R\$ 28,1	R\$ 41,3	R\$ 51,2	R\$ 59,6	R\$ 73,6	R\$ 81,3	R\$ 87,7	R\$ 97,3	R\$ 102,8	R\$ 101,5	R\$ 100,3

Fonte: Operadora

Comissões, provisão para devedores duvidosos (PDD) e despesas administrativas: as premissas para essas despesas foram definidas em conjunto pela área de *marketing* e financeira, que as estabeleceram como um percentual da receita bruta, considerando o histórico da própria operadora: comissões de 4%, PDD de 2% e despesas administrativas de 0,5%.

Tabela 7 – Gastos operacionais gerais

	em milhões		
	Comissões	PDD	Administrativas
	como % da receita bruta		
	4%	2%	0.5%
2008	R\$ 0,7	R\$ 0,2	R\$ 0,1
2009	R\$ 2,4	R\$ 1,2	R\$ 0,3
2010	R\$ 5,4	R\$ 2,7	R\$ 0,7
2011	R\$ 9,6	R\$ 4,8	R\$ 1,2
2012	R\$ 14,4	R\$ 7,2	R\$ 1,8
2013	R\$ 20,1	R\$ 10,0	R\$ 2,5
2014	R\$ 26,5	R\$ 13,2	R\$ 3,3
2015	R\$ 33,2	R\$ 16,6	R\$ 4,1
2016	R\$ 40,5	R\$ 20,2	R\$ 5,1
2017	R\$ 48,3	R\$ 24,1	R\$ 6,0
2018	R\$ 56,4	R\$ 28,2	R\$ 7,0
2019	R\$ 64,8	R\$ 32,4	R\$ 8,1

Fonte: Operadora

Imposto de Renda e Contribuição Social Sobre Lucro: foi considerada uma alíquota marginal de 34%, pois as projeções foram todas incrementais.

Taxa de desconto: foi calculada com base no custo médio ponderado do capital da operadora e mantida constante ao longo da projeção, sendo estimada em 14% a.a.

5.4.3.2 Avaliação do projeto de investimento

A operadora necessitava definir qual o valor do projeto, para que este pudesse servir de subsídio para o leilão concorrencial. Para tanto, foram feitas projeções de resultado e fluxo de caixa para um período de 12 anos, conforme as premissas anteriormente descritas, que permitiram a aplicação da metodologia do Fluxo de Caixa Descontado e o consequente cálculo do VPL do projeto. Pelo resultado projetado, esperava-se que o projeto tivesse lucro somente a partir do 4º ano, advindo da melhoria das margens operacionais.

Tabela 8 – Demonstração do resultado do exercício (em R\$ milhões)

Resultado do Exercício	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Receita Bruta	12,4	59,7	135,1	239,9	360,0	501,9	662,5	829,9	1.011,6	1.206,7	1.408,9	1.619,2
(-) Impostos sobre Vendas	-3,7	-17,7	-40,2	-71,3	-107,0	-149,2	-196,9	-246,6	-300,6	-358,6	-418,7	-481,2
Receita Líquida	8,7	42,0	94,9	168,6	253,0	352,7	465,6	583,2	710,9	848,1	990,2	1.137,9
(-) Custos	-11,1	-20,6	-36,1	-59,7	-89,9	-126,3	-167,3	-211,1	-259,2	-310,8	-364,1	-419,4
Custos das Vendas	-10,5	-16,5	-28,5	-47,8	-72,9	-102,4	-136,1	-171,6	-209,8	-251,0	-293,9	-338,5
Depreciação / Amortização	-0,6	-4,0	-7,6	-12,0	-17,0	-23,9	-31,3	-39,5	-49,3	-59,8	-70,1	-80,8
Lucro Bruto	-2,3	21,4	58,8	108,9	163,1	226,4	298,2	372,2	451,8	537,2	626,1	718,6
(-) Despesas Operacionais	-9,5	-32,0	-50,1	-66,8	-83,0	-106,2	-124,4	-141,7	-163,0	-181,2	-193,1	-205,5
Administrativas	-0,1	-0,3	-0,7	-1,2	-1,8	-2,5	-3,3	-4,1	-5,1	-6,0	-7,0	-8,1
Vendas	-9,5	-31,7	-49,4	-65,6	-81,2	-103,7	-121,0	-137,5	-158,0	-175,2	-186,1	-197,5
Lucro Operacional	-11,9	-10,6	8,7	42,1	80,0	120,2	173,9	230,5	288,7	356,0	433,0	513,0
Despesas Financeiras	-2,5	-7,2	-16,7	-19,3	-17,5	-13,3	-7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Receitas Financeiras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	14,3	30,8	53,7	83,7
Lucro antes do IR e CSLL	-14,4	-17,8	-8,0	22,8	62,5	106,9	166,5	233,1	303,0	386,8	486,7	596,7
IR e CSLL @ 34%	4,9	6,0	2,7	-3,1	-21,3	-36,4	-56,6	-79,3	-103,0	-131,5	-165,5	-202,9
Lucro Líquido	-9,5	-11,7	-5,3	19,7	41,3	70,6	109,9	153,8	200,0	255,3	321,2	393,8

Fonte: Operadora

Para a projeção do fluxo de caixa, foram consideradas as premissas de prazo médio de recebimento das vendas de 45 dias e prazo médio para pagamento de custo e despesas de 30 dias. Pelo fluxo de caixa projetado, sem considerar o valor do investimento inicial e o valor da licença, o projeto teria um fluxo operacional positivo somente a partir do 3º ano.

Tabela 9 – Fluxo de caixa da operação (em R\$ milhões)

Fluxo de Caixa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Entradas												
Receitas	12,4	59,7	135,1	239,9	360,0	501,9	662,5	829,9	1.011,6	1.206,7	1.408,9	1.619,2
Saídas												
Impostos sobre receita	-3,7	-17,7	-40,2	-71,3	-107,0	-149,2	-196,9	-246,6	-300,6	-358,6	-418,7	-481,2
Custos	-10,5	-16,5	-28,5	-47,8	-72,9	-102,4	-136,1	-171,6	-209,8	-251,0	-293,9	-338,5
Desp. Vendas	-9,5	-31,7	-49,4	-65,6	-81,2	-103,7	-121,0	-137,5	-158,0	-175,2	-186,1	-197,5
Desp. Administrativas	-0,1	-0,3	-0,7	-1,2	-1,8	-2,5	-3,3	-4,1	-5,1	-6,0	-7,0	-8,1
IR e CSLL	0,0	0,0	0,0	-3,1	-21,3	-36,4	-56,6	-79,3	-103,0	-131,5	-165,5	-202,9
Fluxo Caixa Operacional	-11,3	-6,6	16,4	51,0	75,8	107,7	148,5	190,7	235,0	284,3	337,6	391,0
Investimentos												
Rede e sistemas	-6,6	-20,8	-32,2	-41,9	-51,4	-66,8	-77,7	-88,3	-103,0	-114,5	-119,1	-123,9
Capital de Giro	0,1	-3,5	-6,8	-10,0	-11,4	-13,2	-15,5	-16,3	-17,5	-19,2	-20,4	-21,2
Financeiras Líquidas	-2,5	-7,2	-16,7	-19,3	-17,5	-13,3	-7,4	2,6	14,3	30,8	53,7	83,7
Saldo Após Financeiras	-20,3	-38,1	-39,3	-20,3	-4,5	14,5	47,9	88,8	128,8	181,4	251,8	329,6

Fonte: Operadora

Para o fluxo de caixa dos anos de 2020 até 2022, a premissa utilizada foi de um crescimento igual à projeção do PIB em termos nominais, ou seja, 8% ao ano.

Com isso, a avaliação financeira do projeto revelou um valor presente dos fluxos de caixa (VP_0), que inclui todos os fluxos operacionais futuros de 2008 até 2022, deduzidos de investimentos variáveis por clientes e em capital de giro, de **R\$ 367,0 milhões**. Desse valor foram deduzidos o investimento inicial em CCCs, ERBs e sistemas no montante de **R\$ 119,4 milhões**, além do lance mínimo a ser pago pela licença de **R\$ 114,7 milhões**. Com isto, os indicadores financeiros do projeto foram de 12,5 anos para *payback* e uma taxa de retorno anual, medida

pela taxa interna de retorno modificada, de 18,1%. O valor presente líquido estimado para o projeto foi de:

	VPo	R\$ 367,0
-	Investimento inicial	R\$ 119,4
-	Lance mínimo	R\$ 114,7
=	VPL sem flexibilidade	R\$ 132,9

Quadro 7 – VPL sem flexibilidade (em R\$ milhões)

Fonte: Autor.

Considerando o valor mínimo para licença exigido pelo órgão regulador, o projeto revelou-se atrativo, ao ter um VPL positivo e uma taxa de retorno superior ao custo de capital da operadora. O ponto negativo foi o alto *payback*, que se aproxima do período da licença.

Essa modelagem financeira inicial permitiu que fosse feita outra análise, que foi a definição de qual seria o valor máximo a ser pago pela licença. Para se obter esse valor, foi estimado o valor da licença de tal forma que o retorno mínimo do projeto fosse igual ao custo de capital da operadora, calculado como sendo 14% a.a., e o VPL neste cenário seria de R\$ 44,4 milhões. Desta forma, o valor máximo a ser pago pela licença foi definido como sendo **R\$ 203,2**, representando um ágio sobre o lance mínimo de 77,2%.

5.4.4 Extensão da análise do projeto

As análises da operadora foram feitas até o ponto de se definir o valor do lance máximo no leilão. A pergunta que se faz é: a incorporação da flexibilidade existente no projeto, avaliada pela aplicação das Opções Reais, a partir deste

ponto, poderia contribuir para a tomada de decisão sobre o lance máximo a ser oferecido no leilão?

A fim de responder a esta questão, análises complementares foram feitas utilizando-se a análise de sensibilidade para a definição das principais variáveis do projeto e sua relevância no cálculo do VP_0 . Permite também o estabelecimento dos indicadores de desempenho (*KPI – Key Performance Indicators*) a serem controlados pela operadora de forma a medir o progresso do projeto em relação aos objetivos inicialmente definidos. O risco do projeto foi avaliado utilizando-se a simulação de Monte Carlo e, por fim, foi feita a análise pela teoria da opção real, necessária para incorporar ao VPL as flexibilidades que um projeto de investimento dessa magnitude gera ao longo de sua vida útil e, desta forma, possibilitar uma maior competitividade da operadora no leilão.

5.4.4.1 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade avalia as variações na variável independente, neste caso o VP_0 , devido a mudanças nos valores das variáveis independentes, por exemplo, número de clientes, investimentos, etc. As variáveis independentes podem assumir um conjunto de valores mínimos e máximos, definidos pelo especialista responsável por aquela variável específica, sendo possível, assim, calcular o impacto isolado de cada variável sobre o VP_0 , permitindo a análise do resultado final.

A análise de sensibilidade indica qual ou quais variáveis são mais importantes ou relevantes para o projeto, permitindo o estabelecimento dos *KPIs* necessários à boa condução e controle do projeto. Ao se estabelecerem as principais variáveis do projeto, estas serão utilizadas para a análise de seu risco,

por meio da simulação de Monte Carlo, pois representam as principais fontes de incerteza reconhecidas pela operadora.

5.4.4.1.1 Diagrama de tornado

A análise foi feita por meio do diagrama de tornado, que demonstra a sensibilidade do VP_0 em relação a variações isoladas das variáveis independentes, sendo utilizada uma variação para cima e para baixo de igual valor. O diagrama consiste em um eixo horizontal que representa a variação do VP_0 em função das alterações nas variáveis independentes, e o eixo vertical que representa o VP_0 obtido no cenário básico, que foi de R\$ 367,0 milhões. A extensão da barra de cada variável, que é o intervalo entre os dois valores simulados, indica qual variável possui maior influência sobre o VP_0 , e, dessa forma, pode-se ordenar do maior valor para o menor, criando-se o diagrama de tornado.

5.4.4.1.2 Variáveis independentes

A gama de variáveis ou premissas utilizadas pela operadora não foi muito extensa, permitindo utilizar a maior parte para a análise de sensibilidade. As variáveis selecionadas, em um total de oito, foram:

- a) ARPU;
- b) Número de clientes;
- c) Custo de manutenção por cliente;
- d) Número de clientes por posição de atendimento no *call center*;
- e) Subsídio por cliente;

- f) Comissões;
- g) Provisão para devedores duvidosos (PDD);
- h) Investimento por cliente.

A variação utilizada para cada uma das variáveis selecionadas foi de 10% para baixo e 10% para cima. Como exemplo e partindo-se do cenário básico, o ARPU foi reduzido em 10%, com as outras variáveis mantidas constantes, e, assim, foi recalculado o VP_0 , sendo este resultado arquivado. Este mesmo procedimento foi feito para as outras variáveis e, posteriormente, o mesmo foi repetido, mas com uma variação de mais 10%. Esse modelo de análise não leva em consideração as correlações entre as variáveis nem permite dimensionar o risco do projeto por completo, mas serve como base para tal.

5.4.4.1.3 Análise dos resultados

Os resultados obtidos estão representados no Gráfico 11 – Análise de sensibilidade do VP_0 .

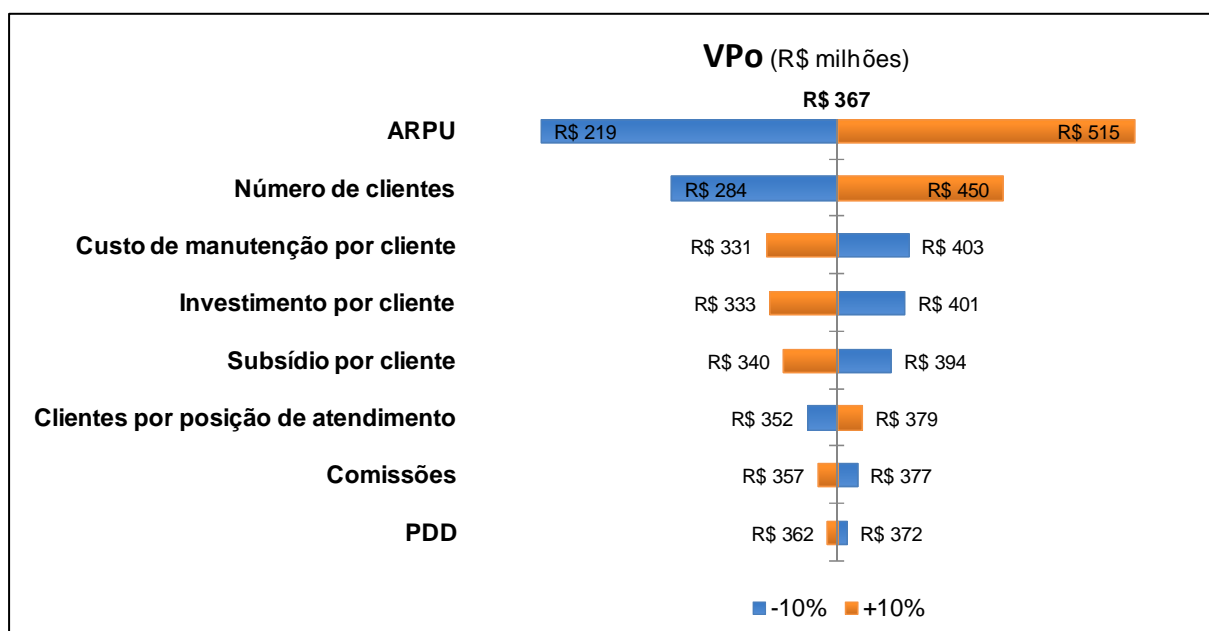


Gráfico 11 – Análise de sensibilidade do VP₀

Fonte: Autor.

A parte azul da barra indica o que aconteceria com o VP₀ se houvesse uma redução de 10% na variável. Por exemplo, se o subsídio por cliente for 10% a menos do que o estipulado no cenário básico, o VP₀ seria reduzido R\$ 27 milhões. A parte laranja da barra indica o contrário: o que aconteceria com o VP₀, se houvesse um aumento de 10% na variável.

Conforme demonstrado no diagrama de tornado, as quatro variáveis com impacto mais relevante sobre o resultado do projeto foram:

- a) ARPU: de forma muito destacada, mudanças nos preços previamente estimados afetariam drasticamente o resultado do projeto, sendo que 10% a menos no preço representaria um valor presente líquido negativo.
- b) Número de clientes: o grau do impacto, se ocorrerem variações nesta variável, também é relevante, mas menor que variações nos preços. A explicação para tal fato é que uma parcela relevante dos investimentos,

bem como dos custos e despesas operacionais, são variáveis em relação ao número de clientes, minimizando o seu impacto no valor do projeto.

c) Custo de manutenção: apesar de ter um impacto relevante no valor do projeto, mesmo diante de um aumento de 10%, este não seria suficiente para que o retorno se tornasse negativo.

d) Investimento por cliente: apesar de ter um impacto relevante no valor do projeto, mesmo diante de um aumento de 10%, este também não seria suficiente para que o retorno se tornasse negativo, pois é um gasto variável em relação ao número de clientes.

Este conjunto de variáveis, que deveria merecer uma especial atenção por parte da operadora para controle do progresso do projeto, também foi o utilizado para a análise de risco do mesmo.

Apesar de ter sua utilidade, os resultados apresentados pela análise de sensibilidade apresentam o inconveniente de sempre possuir alguma ambiguidade (BREALEY; MYERS, 2003). Por exemplo: o que significa uma variação otimista e pessimista? Essa variação pode ter significados diferentes para os departamentos de *marketing* e de produção. Outro problema apontado pelos autores é que as variáveis são provavelmente inter-relacionadas, não sendo razoável ser avaliadas de forma isolada. Esse problema pode ser contornado, ao se construírem cenários em que são consideradas as relações entre as variáveis e também as combinações entre os seus possíveis valores, por meio do emprego da simulação de Monte Carlo, e, desta forma, avaliar o risco do projeto.

5.4.4.2 Análise de risco do projeto

O risco do projeto foi analisado por meio da condução da simulação de Monte Carlo, utilizando-se o software Crystal Ball. De modo esquemático, a avaliação do risco do projeto de investimento foi feita da seguinte maneira:

1) definiram-se as variáveis de entrada e saída do modelo com seus respectivos valores prováveis, com a construção do modelo de fluxo de caixa descontado em planilha do MS Excel. Esta parte foi efetuada pela operadora, quando do cálculo do valor máximo a ser pago pela licença.

2) as quatro maiores fontes de incerteza do projeto foram estabelecidas na análise de sensibilidade, e, também, foi incluída uma quinta variável, o subsídio por cliente.

3) foram estabelecidas as correlações entre as diversas variáveis. Existe uma correlação entre o preço do serviço de banda larga e o número de assinantes. Essa correlação é negativa e foi estimada, em conjunto com as pessoas especializadas em *marketing* da operadora, em -0,8. A um aumento no preço do serviço de banda larga, espera-se uma redução do número de assinantes e vice-versa. Também foi estimada uma correlação positiva entre o número de clientes e o subsídio oferecido. Quanto maior o subsídio maior a atração de novos clientes, também, utilizando premissas de pessoas especializadas em *marketing*.

Tabela 10 – Matriz de correlação entre as variáveis chaves

MATRIZ DE CORRELAÇÃO	Investimento por cliente	Manutenção por cliente	Subsídio por cliente	ARPU	Número de clientes
Investimento por cliente	1,000				
Manutenção por cliente		1,000			
Subsídio por cliente			1,000		0,500
ARPU				1,000	-0,800
Número de clientes					1,000

Fonte: Autor.

4) Para cada uma das 2Cada cenário teve o seu VPL armazenado, conforme ilustrado pela Figura 11 – Geração de VPL aleatório.

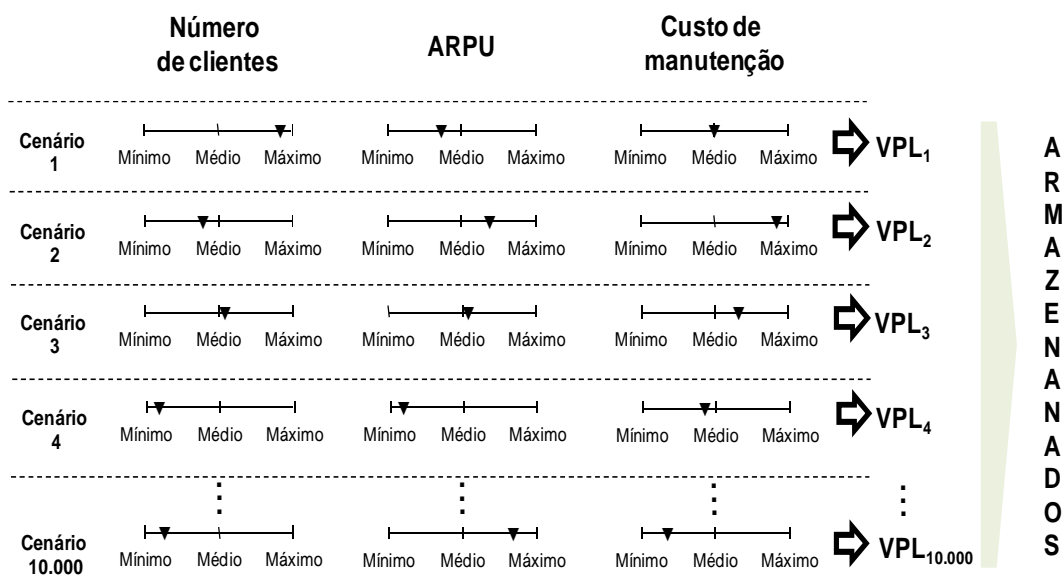


Figura 11 – Geração de VPL aleatório

Fonte: Autor.

Como resultado de todos os cenários gerados, foi construído um histograma, com a distribuição de probabilidade do VPL, além da geração dos

dados para a análise estatística, conforme o Gráfico 12 – Distribuição de probabilidade do VPL, e Tabela 11 – Estatísticas da análise de risco do projeto.

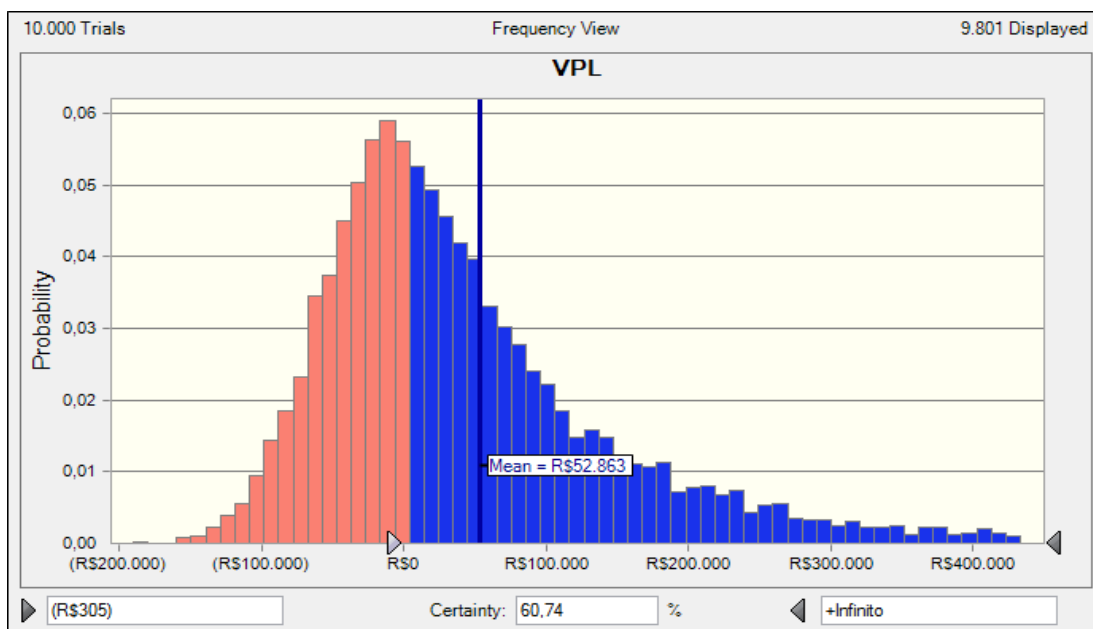


Gráfico 12 – Distribuição de probabilidade do VPL

Fonte: Autor.

Tabela 11 – Estatísticas da análise de risco do projeto

Estatísticas	Valores projetados
Cenários	10.000
VPL (em milhões)	
Média	R\$ 52,9
Mediana	R\$ 20,6
Desvio padrão	R\$ 136,0
Coeficiente de variação	2,573
Menor VPL	(R\$ 190,5)
Maior VPL	R\$ 2.251,3
Cenários com VPL < 0	39,4%
Cenários com VPL < básico	60,6%

Fonte: Autor.

A simulação dos cenários revelou um projeto com VPL médio de R\$ 52,8 milhões, enquanto que o cenário básico indicou o valor de R\$ 44,4 milhões.

Observou-se, também, um alto coeficiente de variação, indicando uma dispersão elevada dos resultados simulados, o que pode ser interpretado como um projeto de risco elevado. A medição deste risco pode ser avaliada pelo número de cenários simulados que apresentaram VPL negativo, quase quatro mil ou 40% do total das simulações.

Uma análise mais profunda das premissas e resultados indica que o problema é que, como nos cenários gerados aleatoriamente, e também no cenário básico, a premissa utilizada como valor da licença foi o preço máximo que a operadora poderia pagar, e em um leilão concorrencial existe a possibilidade de que o preço a ser pago fique acima deste máximo, o que aumentaria consideravelmente o grau de risco do projeto, se a licença fosse adquirida com ágio superior ao inicialmente planejado.

5.4.4.3 Análise pela Teoria das Opções Reais

Após a operadora ter calculado o VPL básico do projeto, e posteriormente terem sido feitas a análise de sensibilidade e avaliação do risco, que apontaram um risco elevado de se não alcançar o valor básico do projeto e, também, um alto risco de se ter VPL negativo, ao se assumir a hipótese razoável de que o valor da licença seria com ágio devido à concorrência, a pergunta que se faz é: como incorporar a variável estratégica referente à existência de flexibilidade de prazo para a implantação do projeto, complementando a análise inicial feita, utilizando-se a técnica do VPL?

Contrastando com o VPL, a avaliação pela opção real leva em consideração as flexibilidades existentes em projeto, que são, muitas vezes,

valiosas, e as considera explicitamente como parte integrante do valor do projeto, aumentando-o, assim (VPL expandido).

5.4.4.3.1 Flexibilidades existentes no projeto

A análise efetuada pela operadora para a avaliação do projeto não considerou uma variável estratégica, o valor das flexibilidades ou opções que o projeto geraria, que desta forma não foi incorporado ao VPL. Alguns fatos poderiam ter sido analisados com uma maior profundidade quando da avaliação inicial do projeto: (i) a operadora já possuía uma rede celular da geração 2,5G, com tecnologia GPRS, com a qual poderia prestar serviços de acesso à internet aos seus assinantes. A velocidade de transmissão de dados é menor do que a de 3G, mas seria capaz de atender certa demanda de assinantes, com algum investimento incremental; (ii) existem estudos adiantados sobre a geração 4G para celular, com taxas de transmissão muito superiores às atuais, inclusive já em testes em alguns países, e que, no médio prazo, poderá levar às operadoras celulares a uma nova fase de investimentos, com a atualização de suas redes, a fim de manterem sua base de assinantes. A combinação do item (i) e (ii) mostra um novo cenário: a operadora poderia não investir naquele momento em 3G e esperar pela geração 4G, evitando assim um estágio de atualização da rede; (iii) se a operadora ganhasse o leilão, ela teria o direito de pagar 10% do valor ofertado e o restante ao final do primeiro ano, que inclusive poderia ser parcelado. Se ela optasse, ao final de um ano, em não prestar o serviço na rede 3G, a licença poderia ser devolvida ao órgão regulador, a Anatel, tendo como ônus o valor de 10% pago a vista. Essa opção de adiamento da implantação da rede era

perfeitamente executável, pois a concorrência deveria também levar algum tempo para desenvolver a sua rede de forma completa.

A operadora tinha a possibilidade de executar uma estratégia diferente daquela inicialmente prevista, se optasse por adiar o início do projeto, o que equivaleria dizer que o projeto possuía uma opção de espera, tecnicamente uma opção de compra americana, podendo ser exercida a qualquer momento dentro do prazo de validade da opção, consistindo na postergação do início do projeto a até dezembro de 2008. O valor dessa opção, advindo dessa postergação, permitiria aos gestores da operadora reduzir suas incertezas, durante o ano de 2008, em relação às premissas utilizadas na avaliação do projeto, tais como evolução do valor do investimento por cliente, subsídios a serem praticados, preço do serviço, aceitação do produto por parte dos clientes, melhor observação das ações da concorrência, resultados do lançamento do serviço em outras áreas, entre outras informações que ainda viriam com o passar do tempo.

Quanto mais o lançamento do serviço fosse postergado, maiores seriam as chances de se reduzirem as incertezas. Por outro lado, essa opção de espera teria ao menos um custo: os 10% a serem pagos a vista do valor da licença. Outro custo poderia ser a não aquisição de assinantes, conforme projetado, devido à ação da concorrência, mas este custo poderia ser minimizado pela prestação do serviço, até certo volume, na rede 2,5. Neste contexto, o valor da opção de espera que a operadora teria o direito de exercer ao longo de um ano poderia ser calculado e incorporado ao VPL, aumentando, assim, as possibilidades de vitória no leilão dos lotes das frequências.

5.4.4.3.2 Modelagem da avaliação pela opção real

A opção detida pela operadora era uma opção de compra americana, que pode ser exercida a qualquer momento até a data de seu vencimento, no caso até 31/12/2008. O modelo de Black e Scholes (1973) foi desenvolvido para o apreamento de uma opção europeia, que pode ser exercida somente na data de seu vencimento. Para a modelagem do cálculo da opção real, foi utilizado o modelo binominal, desenvolvido em uma planilha do *software* MS Excel.

Para o desenvolvimento da análise pela opção real, foi utilizada a metodologia proposta por Copeland e Antikarov (2003), que consistiu basicamente em quatro passos, adaptados pelo autor:

Passo 1: calculou-se o valor presente dos fluxos de caixa futuros sem flexibilidade, usando o modelo de fluxo de caixa descontado. O objetivo foi conhecer o valor presente sem flexibilidade no momento zero, ou seja, ao final do ano de 2007. Este passo já tinha sido executado pela empresa operadora da rede celular.

Passo 2: modelaram-se as variáveis de incerteza, com o objetivo de capturar as correlações entre elas e, também, estabelecer os intervalos de confiança. Esse passo foi executado pelo autor com o apoio dos integrantes da operadora. A análise de sensibilidade e o cálculo do risco do projeto por meio da simulação de Monte Carlo fizeram parte desse passo.

Passo 3: calculou-se a volatilidade do projeto até o fim da opção de espera. Para tanto, a simulação de Monte Carlo foi utilizada, mas tendo como variável de saída o desvio padrão do retorno do projeto, calculado conforme as equações (11) e (12), sendo este a volatilidade estimada do projeto.

Passo 4: conduziu-se a análise da opção real, construindo-se o modelo binomial no MS Excel, com o objetivo de calcular o valor total do projeto, incorporando a flexibilidade gerencial, que, sob condições de alto grau de incerteza, pode ser substancial.

Para cálculo do valor da opção, utilizando-se o modelo binomial, foi necessária primeiramente a definição das variáveis de entrada do modelo para posteriormente executar o cálculo.

Variável 1 - Preço corrente do ativo (S): Corresponde ao valor presente dos fluxos de caixa futuros do projeto. O modelo básico do VPL, construído pela operadora, gerou um valor de R\$ 367,0 milhões. Como grande parte dos investimentos é variável em relação ao número de clientes, foram reintegrados ao valor do fluxo de caixa operacional.

Variável 2 - Custo de investimento (X): Equivale ao preço de exercício da opção e foi composto por dois valores distintos: o investimento fixo para desenvolvimento da rede, estimado em R\$ 119,4 milhões e o valor máximo da licença que a operadora tinha estabelecido como meta, no montante de R\$ 203,2 milhões, perfazendo um total de R\$ 322,6 milhões.

Variável 3 - Taxa livre de risco (r): Foi utilizada como *benchmark* a taxa Selic, divulgada pelo Banco Central do Brasil, que, em dezembro de 2007, era de 11,25%. Como a projeção de fluxo de caixa da operadora foi feita em termos de reais nominais, a taxa Selic era compatível com este fluxo.

Variável 4 - Prazo de vencimento da opção (t): O prazo foi de um ano, pois, se a operadora vencesse o leilão ao final do ano de 2007, ela teria até o final do ano de 2008 para decidir se iria prestar o serviço a partir da nova rede 3G ou se iria prestar na rede 2,5G, devolvendo, neste caso, a licença ao órgão regulador.

Variável 5 - Volatilidade do projeto (σ): Esta é uma variável chave no modelo de opções reais, pois é resultado da combinação de diversas fontes de incertezas e, portanto, tem um certo grau de dificuldade para o seu cálculo. Conforme Copeland e Antikarov (2003), a mais apropriada forma de se calcular a volatilidade de um projeto é, por meio da simulação de Monte Carlo, estimar o desvio padrão dos retornos deste projeto. Os dados utilizados para o cálculo da volatilidade foram os mesmos detalhados para o cálculo do risco do projeto, conforme item 4.5.5.2. A diferença foi no estabelecimento da variável dependente de saída, o retorno do projeto, definida conforme as equações (11) e (12).

Na condução da simulação, foram produzidos dez mil cenários, resumidos no Gráfico 13 – Distribuição da probabilidade do retorno e na Tabela 12 – Estatísticas da análise do retorno do projeto.

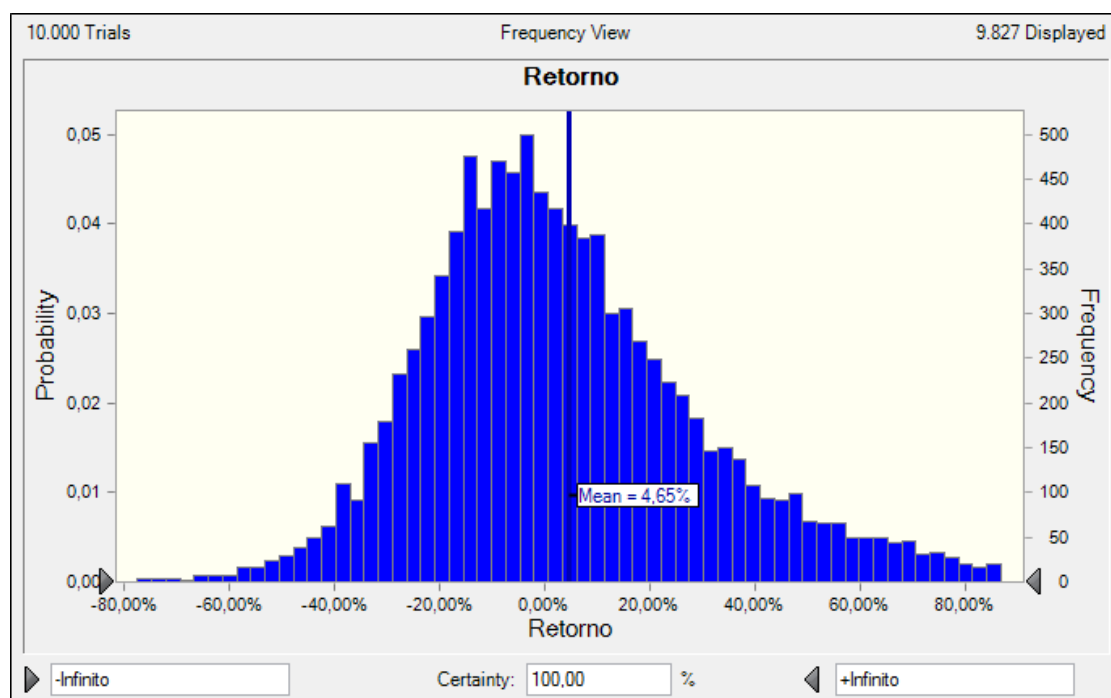


Gráfico 13 – Distribuição de probabilidade do retorno
Fonte: Autor.

Tabela 12 – Estatísticas da análise do retorno do projeto

Estatísticas	Valores projetados
Cenários	10.000
Retornos	
Média	4,6%
Mediana	0,1%
Desvio padrão	29,3%
Menor retorno	-101,7%
Maior retorno	197,4%

Fonte: Autor.

A simulação dos cenários revelou um projeto com retorno médio baixo de 4,6% a.a, enquanto que o cenário básico indicou o valor de 6,6% a.a. A volatilidade do projeto, medida pelo desvio padrão dos retornos, foi de 29,3%. Pindyck (1988) argumenta que, em mercados voláteis, o desvio padrão da variação anual do valor de um projeto pode facilmente exceder a 20% ou 30%. Penedo, Tizianni e Brandão (2008), ao avaliar a flexibilidade de escolha de insumos para produção de biodiesel, utilizaram volatilidades entre 30% e 36%. Para a avaliação de um projeto de produção de petróleo, Brandão, Dyer e Hann (2005) utilizaram uma volatilidade de 47%, enquanto que Portugal (2007) utilizou uma volatilidade de 13% para avaliar uma usina hidrelétrica.

Em estudos sobre a aplicação de opções reais em projetos de investimentos em telecomunicações, Krychowski (2007), ao avaliar uma rede de banda larga de telefonia fixa, utilizou uma volatilidade de 20%, enquanto que Harmantzis, Trigeorgis e Tanguturi (2006) utilizaram 28% de volatilidade para um projeto de rede de acesso à internet sem fio Wi-Fi. Benzoni, Gresser e Vuong (2008), ao avaliar a implantação de uma rede de banda larga no mercado francês, utilizaram uma volatilidade de 40%, enquanto que em seu estudo sobre a implantação de uma de nova geração em telefonia fixa, Gavosto, Ponte e

Scaglioni (2007) utilizaram, em seu modelo de opções reais, uma volatilidade de 45%. A média da volatilidade desses estudos é de 33%, um pouco superior à desse estudo de caso.

Outro parâmetro de comparação que pode ser utilizado, apesar de possuir um perfil de risco diferente ao do projeto de investimento, é utilizar a volatilidade das ações que compõem o índice de telecomunicações – ITEL, da Bolsa de Valores de São Paulo. Para o período compreendido entre janeiro de 2002 e dezembro de 2009, a volatilidade anualizada do ITEL foi de 24%, inferior à do estudo de caso.

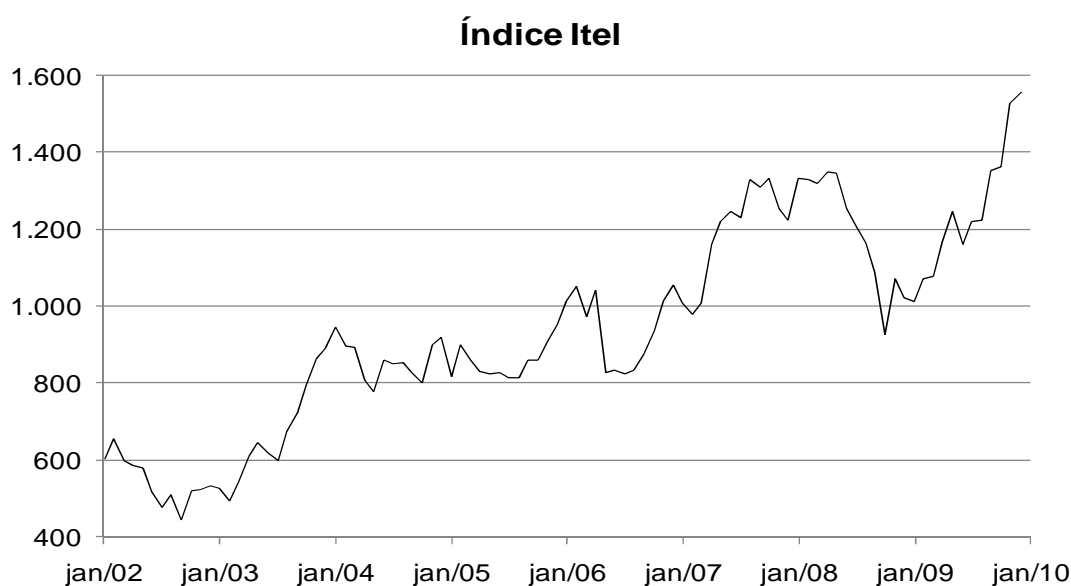


Gráfico 14 – Evolução mensal do Índice ITEL
Fonte: Bovespa (2010)

Desta forma, o passo 3, estimar a volatilidade do projeto, necessário para o cálculo da opção real, foi completado, e todos os parâmetros essenciais para a determinação do valor da opção foram definidos.

O passo seguinte consistiu na construção do modelo binomial para cálculo da opção real. Para tal, primeiro foi estimada a evolução do ativo subjacente (S)

ao longo do tempo de duração da opção. O ponto de partida é o valor presente do projeto, antes de se deduzirem os investimentos iniciais e a licença, em dezembro de 2007, $t=0$, calculado em R\$ 367,0 milhões. O modelo foi construído com 30 passos. “Na prática, $N = 30$ é suficiente para produzir resultados satisfatórios” (Hull, 2005, p. 449). Nesta citação, N corresponde ao número de passos a serem estabelecidos no modelo binomial.

Para o instante seguinte, ou primeiro passo, correspondente ao número 1, o valor de S poderá aumentar e ser multiplicado por um fator u de crescimento, que possui uma probabilidade p de ocorrer, ou diminuir, e ser multiplicado por um fator d de redução, que possui uma probabilidade de $1-p$ de ocorrer.

Os parâmetros u , d e p utilizados foram os definidos nas equações (25), (26) e (27). Assim, os parâmetros utilizados no modelo binomial foram:

$$dt = 1 \div 30 = 0,0333$$

$$r = 2,171828^{0,0333 \times 0,2934} = 1,00376$$

$$u = 2,171828^{0,2934 \sqrt{0,0333}} = 1,0550$$

$$d = 2,171828^{-0,2934 \sqrt{0,0333}} = 0,9478$$

$$p = \frac{2,171828^{(1,0038 \times 0,0333)} - 0,9478}{1,0550 - 0,9478} = 0,5178$$

Para cada passo do modelo binomial, foi repetido o processo multiplicativo pelos fatores u e d , conforme suas respectivas probabilidades. Assim, foi calculado um intervalo de possíveis valores para o ativo subjacente ao final do vencimento da opção, com 30 passos intermediários.

Resumidamente, os parâmetros utilizados para o cálculo do ativo subjacente ao final do ano de 2008 são os constantes na Tabela 13 – Parâmetros do modelo binomial.

Tabela 13 – Parâmetros do modelo binomial

Parâmetros	
Valor Presente do Ativo – VP_0 (S)	R\$ 367,0 milhões
Equipamentos rede e licença (X)	R\$ 322,6 milhões
Vencimento em anos (t)	1
Taxa livre de risco ao ano (r)	11,25%
Volatilidade (σ)	29,3%
Número de passos	30
Tipo de opção	Americana
Cálculos intermediários	
Tempo de cada passo (dt)	0,0333
Multiplicador na alta (u)	1,0550
Multiplicador na baixa (d)	0,9478
Probabilidade de alta (p)	0,5217

Fonte: Autor.

A Figura 12 – Intervalo de valores do ativo no vencimento da opção – mostra uma variação do valor entre R\$ 74 milhões e R\$ 1.831 milhões ao final da árvore. Como o número de passos definidos até o vencimento da opção foi de 30, são considerados 31 valores finais para o ativo e 2^{30} , cerca de 1,07 bilhões, de possíveis caminhos para os valores do ativo.

em R\$ milhões

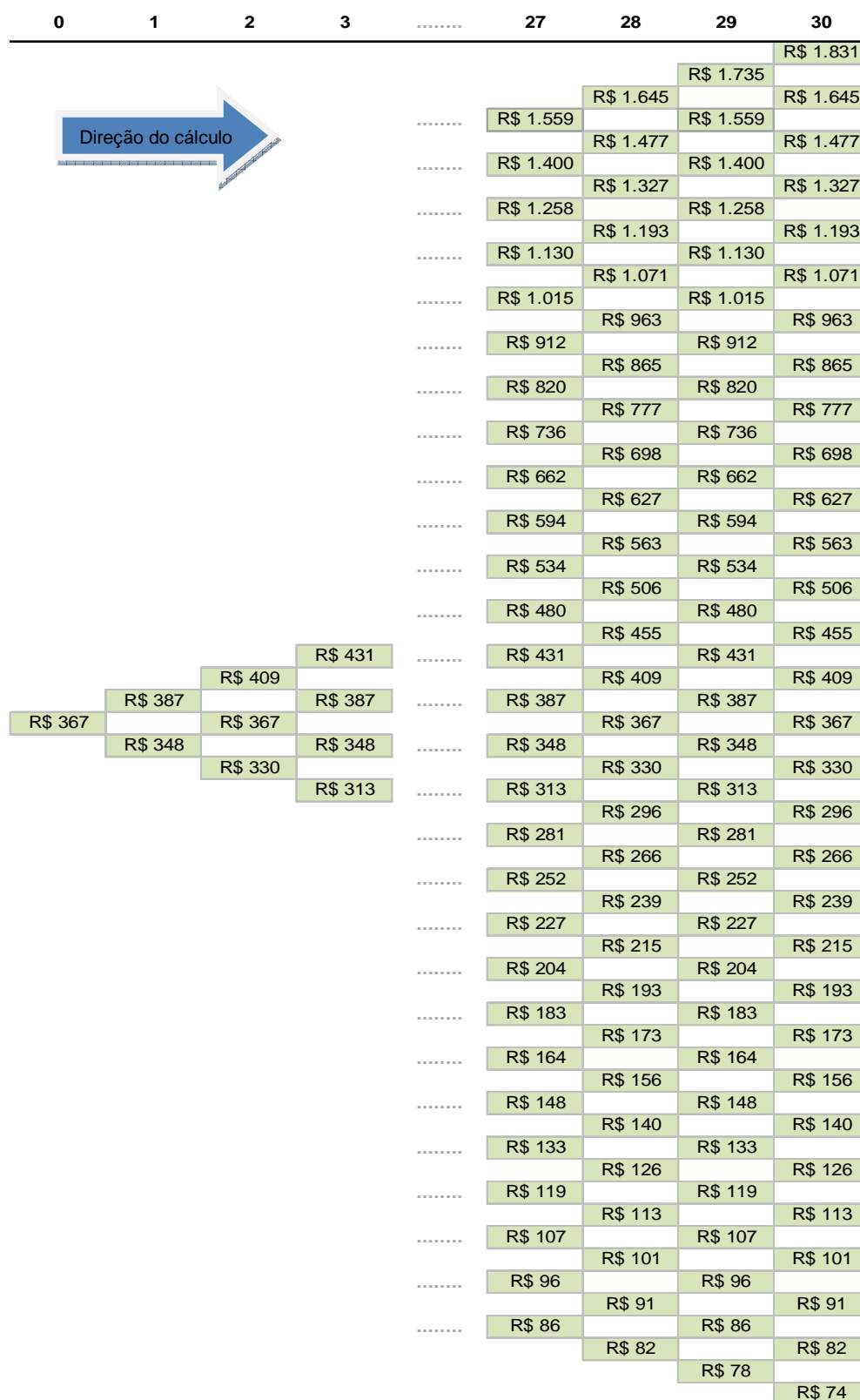


Figura 12 – Intervalo de valores do ativo no vencimento da opção
 Fonte: Autor.

A segunda etapa do modelo binomial foi o cálculo do valor da opção nos vários nós da árvore. O cálculo, feito de modo recursivo, de trás para frente, iniciou-se na data de vencimento da opção, dezembro de 2008.

Neste passo, de número 30, pode-se observar qual possível valor do ativo seria vantajoso para a operadora exercer a opção, ou seja, investir na nova tecnologia e pagar a licença. Investir na nova tecnologia seria vantajoso, somente se o valor do ativo fosse maior do que o valor de exercício. Por exemplo, o valor do ativo, quando todos os movimentos fossem de alta (u), crescendo a cada passo em 1,0550, seria, ao final da árvore, de: R\$ 367 milhões $\times u^{30} = \text{R\$ } 1.831$ milhões. Como o valor de exercício (X) é de R\$ 323 milhões, o valor da opção vale neste nó R\$ 1.508 milhões = R\$ 1.831 milhões - R\$ 323 milhões.

Para se calcular o valor da opção no passo anterior, o de número 29, utilizaram-se os valores do passo 30, aplicando-se as probabilidades, p e 1-p. A média encontrada foi, então, trazida a valor presente, ao se multiplicar pelo fator de atualização e^{-r} . O cálculo do valor da opção nos dois primeiros nós do passo 29, R\$ 1.414 milhões e R\$ 1.237 milhões, está demonstrado na Figura 13 – Cálculo recursivo do valor da opção.

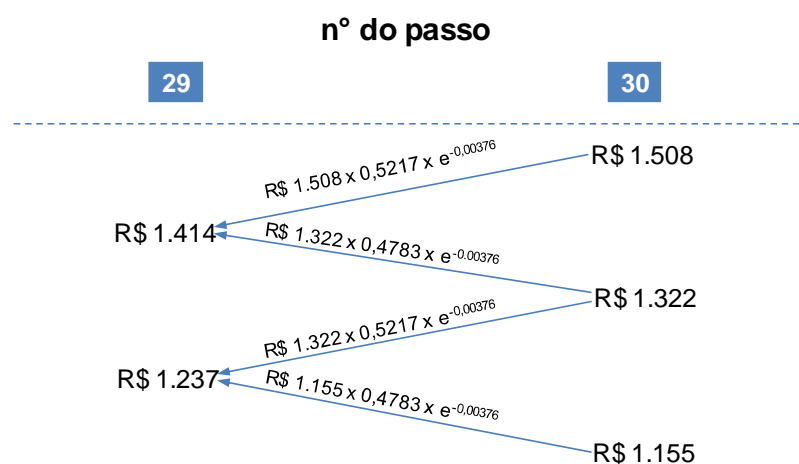


Figura 13 – Cálculo recursivo do valor da opção (em R\$ milhões)
Fonte: Autor.

A qualidade dos números calculados pelo modelo binomial com 30 passos pode ser testada, ao se calcular o valor da opção por outros métodos e efetuar uma comparação entre os resultados obtidos, conforme demonstrado na Tabela 14 – Resumo dos resultados do valor da opção por outros métodos. A comparação é entre o método de Black e Scholes (1973), com o parâmetro de volatilidade de 29,3% e a simulação de Monte Carlo, com 30 passos e 10.000 interações.

Tabela 14 – Resumo dos resultados do valor da opção por outros métodos

	valor da opção (em milhões)	variação em relação ao modelo binomial
Modelo binomial (volatilidade = 29,3%)	R\$ 89,7	
Black & Scholes (volatilidade = 29,3%)	R\$ 89,7	-0,01%
Simulação de Monte Carlo	R\$ 89,8	0,15%

Fonte: Autor.

O resultado do método Black e Scholes (1973) foi calculado aplicando as equações (4) e (5). Pela simulação de Monte Carlo, são construídos caminhos aleatórios no modelo binomial estabelecido. Ao invés de se trabalhar para trás no modelo, faz-se o caminho inverso. O procedimento básico consiste em escolher no primeiro nó, um número entre 0 e 1, e, se este ficar entre 0 e p, toma-se o ramo superior; caso contrário, toma-se o ramo inferior. Esse procedimento é repetido no nó alcançado até o fim da árvore, quando o resultado entre o valor do ativo e o de seu exercício, ou *payoff*, é calculado, finalizando-se a primeira tentativa. Esse procedimento é repetido diversas vezes, e o valor da opção será a

média dos *payoffs* de todas as tentativas realizadas, descontados à taxa de juro livre de risco (HULL, 2005).

Os resultados mostram variações pequenas entre os métodos, quando utilizados para a avaliação de uma opção do tipo americana, confirmando a teoria das opções, que diz que, no limite, quando há um número grande de passos em uma árvore binomial, o resultado se aproxima da fórmula de Black e Scholes (1973).

5.4.5 Análise dos resultados

A primeira análise que se pode fazer é com relação à relevância do parâmetro volatilidade (σ) no cálculo do valor da opção. A Tabela 15 – Simulação do valor da opção com diferentes volatilidades – resume a importância de uma correta estimação do parâmetro.

Tabela 15 – Simulação do valor da opção com diferentes volatilidades

Parâmetros	em milhões				
Valor Presente do Ativo – VP_0 (S)	R\$ 367,0	R\$ 367,0	R\$ 367,0	R\$ 367,0	R\$ 367,0
Preço de Exercício (X)	R\$ 322,6	R\$ 322,6	R\$ 322,6	R\$ 322,6	R\$ 322,6
Taxa livre de risco ao ano (r)	11,25%	11,25%	11,25%	11,25%	11,25%
Vencimento em anos (t)	1	1	1	1	1
Número de passos	30	30	30	30	30
Volatilidade (σ)	20,00%	25,00%	29,34%	35,00%	40,00%
Valor da Opção	R\$ 82,4	R\$ 86,1	R\$ 89,7	R\$ 94,8	R\$ 100,2
Varição em relação ao valor base	-8,2%	-4,1%		5,7%	11,7%

Fonte: Autor.

As variações do valor da opção em relação ao cenário básico demonstram sua importância como parâmetro de estimação desse valor, pois variações de 5%

pontos percentuais na volatilidade alteram o valor da opção entre 4% e 5% aproximadamente, e, no caso estudado, poderia implicar em estratégias diferentes no leilão das frequências, significando a vitória ou não no leilão.

O comparativo feito entre os valores de volatilidade empregados em diversos estudos sobre opções reais em projetos de investimento em telecomunicações, bem como a volatilidade do índice ITEL, sugerem uma possibilidade de, ao invés de se trabalhar com um só valor de volatilidade, talvez pudesse ser estabelecido um intervalo desse parâmetro e, assim, ser obtido também um intervalo do valor da opção do projeto.

No estágio inicial da decisão de investimento por parte da operadora celular, o modelo preparado para avaliação subavaliou o VPL, ao não levar em consideração a flexibilidade que a operadora possuía de esperar um período de um ano para tomar a decisão de investimento, e não computou o valor dessa flexibilidade gerencial ao VPL do projeto. Houve, também, uma dificuldade de se demonstrar o risco de se investir em uma nova tecnologia em um ambiente concorrencial. Ao se avaliar o projeto sob a ótica da teoria das opções reais, houve um melhor entendimento das possibilidades existentes para a operadora. A situação não seria mais uma decisão de se investir no início do ano de 2008 ou nunca mais investir, como foi tratada no modelo inicial da operadora. A decisão de investimento poderia ser tomada ao longo de um ano, à medida que novas informações pudessem ser obtidas, ao se diminuírem as incertezas sobre o projeto. Os riscos do projeto também foram dimensionados, possibilitando uma ação mais efetiva por parte dos gestores, a fim de mitigá-los.

Se no momento da avaliação do projeto, em dezembro de 2007, fosse também conduzida uma análise pela teoria das opções, de modo a complementar

a avaliação inicial obtida com a técnica do VPL, a operadora poderia tomar decisões diferentes, tanto na execução do projeto, quanto em relação a sua participação no leilão concorrencial, pois seria vantajoso para a empresa adiar o início dos investimentos, e essa espera tinha um valor substancial de R\$ 89,7 milhões, devido em grande parte às incertezas e riscos do projeto. Além disso, tão importante quanto o adiamento dos investimentos, é o fato de que, pela análise inicial do VPL, o valor máximo de ágio a ser pago, de forma a manter o retorno mínimo desejado pelos acionistas, seria de 77,2%. Na Tabela 16 – Ágios no leilão das frequências do 3G, observa-se o ágio por lotes, sendo que a média foi de 87%. O valor máximo de ágio estabelecido pela operadora não seria competitivo o suficiente para concorrer em diversos lotes do leilão.

Tabela 16 – Ágios no leilão das frequências do 3G

Lote	Ágio	Lote	Ágio	Lote	Ágio	Lote	Ágio
26	20%	21	37%	11	59%	2	91%
30	20%	6	42%	15	60%	19	101%
34	21%	35	44%	7	62%	27	101%
10	34%	31	45%	12	68%	24	103%
14	35%	28	47%	16	68%	20	118%
17	36%	9	51%	8	68%	5	132%
29	37%	13	52%	18	71%	3	223%
33	37%	36	52%	22	89%	4	274%
25	37%	32	53%	1	90%	23	370%

Fonte: Teleco (2009).

Ao se complementar a análise inicial com a aplicação das opções reais, a decisão sobre o ágio a ser praticado no leilão poderia ser diferente. Como pela opção real, o valor da flexibilidade da espera era estimado em R\$ 89,7 milhões, esse valor deveria ser incorporado ao VPL sem flexibilidade, calculado inicialmente:

VPL tradicional	R\$ 44,4
+ Opção de espera	R\$ 89,7
= VPL expandido	R\$ 134,1

Quadro 8 – VPL expandido (em R\$ milhões)

Fonte: Autor.

Esse acréscimo no cálculo do VPL leva a uma interpretação diferente do ágio que poderia ser praticado. O lance máximo definido foi de R\$ 203,2 (77% de ágio). Ao se incorporar a variável estratégica e valorizar a opção de espera, o lance máximo a ser ofertado pela operadora no leilão poderia ser de R\$ 292,9, ágio de 155%, o que representaria um substancial aumento da competitividade da operadora no leilão dos lotes, sendo que o custo dessa opção, 10% sobre o lance ofertado, equivaleria a um valor máximo de R\$ 29,3 milhões, sendo significativamente menor do que o valor da opção, R\$ 89,7 milhões, representando uma oportunidade para a operadora.

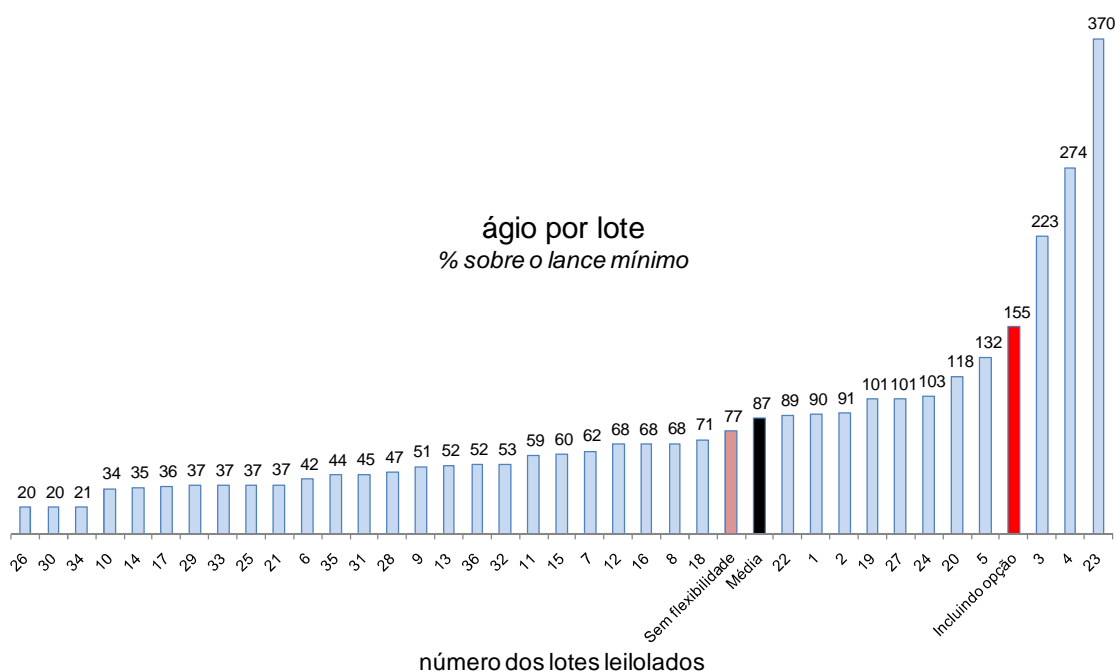


Gráfico 15 – Ágio por lote

Fonte: Autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ponto de partida do trabalho foi a constatação de que mais de 70% das empresas não utilizam a Teoria das Opções Reais para avaliação de seus projetos de investimento. Ainda que as técnicas de VPL e TIR estejam amplamente difundidas entre as empresas, podem, em alguns casos, por não considerar as variáveis estratégicas do projeto, subavaliar o valor de projetos de investimentos, ao não levar em conta as flexibilidades existentes ao longo da vida de um projeto. A teoria de opções aparece como uma alternativa para esse problema, ao prover uma metodologia capaz de valorizar essas flexibilidades incorporando esse valor ao VPL, de forma a complementar sua análise.

O objetivo central da dissertação, que norteou todo o trabalho, foi desenvolver um modelo complementar de análise ao VPL, que incorporasse variáveis estratégicas, utilizando a Teoria das Opções Reais, combinando as ferramentas do fluxo de caixa descontado, simulação de Monte Carlo e o modelo binomial, para um projeto de investimento no setor de telecomunicações.

Na primeira parte do trabalho, capítulo II, foi construído o referencial teórico, essencial para o entendimento da evolução e aplicação da teoria das opções reais a um projeto de investimento. A preferência crescente por parte das empresas, na avaliação de projetos de investimentos, pelo uso de técnicas mais tradicionais, tais como VPL e TIR, pode ser explicada muitas vezes pela falta de aplicabilidade dos modelos de opções reais nestas avaliações, e, apesar de ter ocorrido um expressivo aumento de estudos na área, observa-se que poucos se concentraram em fornecer um modelo cujo entendimento por parte das empresas seja mais fácil e intuitivo e que não seja percebido como uma técnica altamente

sofisticada. Também nesta parte, foram explicadas as técnicas de VPL, bem como a teoria das opções reais, que teve como origem os trabalhos desenvolvidos para cálculos de opções financeiras. Destaque especial foi dado a um importante parâmetro para o cálculo de qualquer tipo de opção real que a empresa possua: a volatilidade, cuja importância e estimação são fundamentais para a aplicação da teoria e que pode ser feita por meio do uso de modelos alternativos, como a simulação de Monte Carlo. A aplicação do modelo binomial para cálculo das opções reais também contribuiu fortemente no entendimento do valor das flexibilidades dos projetos de investimentos.

A segunda parte do trabalho foi dedicada ao desenvolvimento do estudo empírico sobre a avaliação de um investimento em telecomunicações, mais especificamente em uma rede celular de terceira geração, 3G, cujo processo licitatório das licenças de frequências para prestação do serviço ocorreu em dezembro de 2007. Após uma breve descrição sobre a evolução e atual situação do setor no Brasil, além de uma explicação sobre o funcionamento de uma rede celular 3G, foi analisada a avaliação financeira feita por uma operadora de telecomunicações, cujo resultado serviu de suporte para a tomada de decisão acerca de qual valor máximo deveria ser pago pela licença. A operadora estipulou 77% como ágio máximo sobre o valor mínimo da licença.

Em seguida, foi feita uma análise de sensibilidade para descobrir as principais variáveis do projeto de investimento e seus impactos no VPL, sendo que as quatro principais foram, por ordem de importância: (i) ARPU, ou receita média por cliente; (ii) número de clientes projetado; (iii) o custo de manutenção mensal por cliente; e, (iv) o investimento. A análise de sensibilidade permitiu que se fizesse, em seguida, uma avaliação do risco do projeto, sendo utilizado para tal

a simulação de Monte Carlo, que revelou um projeto arriscado, com 40% dos dez mil cenários simulados, tendo como resultado VPL negativo. Um modelo complementar para a avaliação, com base na teoria das opções reais, foi proposto e desenvolvido, pois uma variável estratégica existente no projeto não foi considerada inicialmente, e o projeto possuía claramente uma opção de espera, com período de vencimento de um ano, e que deveria ter sido avaliada, o que poderia, inclusive, influenciar a tomada de decisão. Como o ativo assume um movimento browniano geométrico, o modelo foi desenvolvido com o uso do modelo binomial, uma forma mais simples de se entender, avaliar e comunicar como surge uma opção real. Para definir o parâmetro como maior dificuldade de estimação, a volatilidade, foi utilizada a simulação de Monte Carlo e estimado o desvio padrão do retorno do próprio projeto, obtendo-se uma volatilidade de 29,3%. O modelo binomial revelou um valor considerável para a opção de espera, R\$ 89,7 milhões. Esse valor, se incluído no total do VPL do projeto, permitiria que se tomasse a decisão de aumentar o valor de ágio máximo para 155%, o que aumentaria a competitividade da operadora no leilão.

Assim, o objetivo central da dissertação foi alcançado, pois, com o modelo de avaliação relativamente simples e de fácil aplicação, sem a necessidade de entendimento profundo em matemática, foi possível incorporar a variável estratégica existente no projeto, avaliá-la por meio da Teoria das Opções Reais e complementar a análise inicial feita pela técnica do VPL, aumentando a qualidade da informação financeira, o que poderia influenciar positivamente a tomada de decisão por parte da operadora.

Não foram consideradas, no trabalho, outras opções que a operadora poderia possuir com o projeto, após o vencimento da opção de espera, tais como

opção de abandono, bem como de redução ou ampliação da escala do projeto, ocasionadas, por exemplo, por alterações regulatórias, e que deveriam ser identificadas e modeladas. Além disso, recomenda-se que, em trabalhos futuros sobre o tema de opções reais, possam ser discutidas alternativas de cálculo da volatilidade, quando o projeto apresentar retornos negativos, o que na metodologia proposta não seria possível. Outro aspecto para discussões futuras é identificar formas alternativas para o refinamento do cálculo da volatilidade, levando em consideração a ambiguidade existente, pois o valor do ativo subjacente do projeto, e não somente a volatilidade de seu retorno futuro, é também incerto no começo deste.

REFERÊNCIAS

ABRAFIX. Associação Brasileira de Concessionárias do Serviço Telefônico Fixo Comutado. <<http://www.abrafix.org.br>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

ACEL. Associação Nacional das Operadoras Celulares. Disponível em: <<http://www.acel.org.br>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

BAIN & CO. **Which management tools are most popular?** European Business Forum, 2001. Disponível em: <http://www.bain.com/management_tools/articles_overview.asp?menuinit=1&groupCogr=4&page=4>. Acesso em: 29 mar. 2009.

BENZONI, L; GRESSER, N; VUONG, C. H. **Invest today or tomorrow? a real option approach to strategic development in the French DSL Market.** Communications & Strategies, n. 70, p.89-99, 2008. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1354618>. Acesso em: 20 abr. 2009.

BLACK, F., SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-54, 1973.

BLOCK, S. Are "real options" actually used in the real world? **The Engineering Economist**, v. 52, n. 3, p. 255-267, jul. 2007.

BLOCK, S. Capital budgeting techniques used by small business firms in the 1990s. **The Engineering Economist**, jun., 1997.

BOVESPA. Mercados. Estatísticas históricas. **Itel – Pontos mensais**. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/Indices/EvolucaoMensal.aspx?Indice=Itel&idioma=pt-br>>. Acesso em: 02 fev. 2010.

BRANDÃO, L. E. T; DYER, J. S; HANN, H. J. Using binomial decision trees to solve real option valuation problems. **Decision Analysis**, v.2, n. 2, 2005. p. 69-88.

BRASIL. Lei nº 9.472, de 16 julho de 1997. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9472.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2009.

BREALEY, R.; MYERS, C.S. **Principles of corporate finance**. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. **Administração Financeira: teoria e prática**. 10. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

BROUNEN, D.; DE JONG, A.; KOEDIJK, K. **Corporate finance in Europe: Confronting Theory With Practice**, 2004. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=485222#>. Acesso em: 28 out. 2009.

BULAN, L. Real options, irreversible investment and firm uncertainty: new evidence from U.S. firms. **Review of Financial Economics**, 2005.

COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V. **Real Options: a practitioner's guide**. New York: Cengage Learning, 2003.

COPELAND, T. E.; TUFANO, P. Gestão de opções reais, no mundo real. **Harvard Business Review**, mar. p. 84-93, 2004.

COX, J. C; ROSS, S. A; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, set. 1979.

DIAS, M. A. G. **Opções reais híbridas com aplicações em petróleo**. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. The options approach to capital investment. **Harvard Business Review**, mai-jun, p.105-115,1995.

EVAN, J. R.; OLSON, D. L. **Introduction to simulation and risk analysis**. 2. ed, Prentice Hall, New Jersey, 2001.

GAVOSTO, A.; PONTE, G.; SCAGLIONI, C. **Investment in next generation networks and the role of regulation: a real option approach**, 2007. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/abstract_id=1080564>. Acesso em: 20 nov. 2009.

GRAHAM, J. R; HARVEY, C. P. The theory and practice of finance corporation: evidence from the field. **Journal of Financial Economics**, v. 60, n. 1, 2001.

GRULLON, G.; LYANDRES, E.; ZHDANOV, A. **Real options, volatility, and stock returns**, 2008. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1359931>. Acesso em: 30 out. 2009.

HARMANTZIS, F. C; TRIGEORGIS, L; TANGUTURI, V.P. Flexible Investment Decisions in the Telecommunications Industry: case applications using real options. **Net Working Paper**, n. 06-06, set. 2006. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=936483>. Acesso em: 30 jun. 2009.

HERMES, N.; SMID, P.; YAO, L. **Capital Budgeting Practices: a comparative study of the Netherlands and China**, 2006. Disponível em: <http://som.eldoc.ub.rug.nl/FILES/reports/themeE/2006/06E02/06E02_Hermes.pdf>. Acesso em: 18 maio 2009.

HULL, J. C. **Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções**. 4. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005.

KRYCHOWSKI, C. **Apport et limites des options réelles à la décision d'investissement stratégique**: une étude appliquée dans le secteur des télécommunications. Tese (Doutorado em Ciências da Gestão) – Ecole Des Hautes Etudes Commerciales, Paris, 2007.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modelling and analysis**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

LEAHY, J. V; WHITED, T. M. **The effect of uncertainty on investment**: some stylized facts. National Bureau of Economic Research, Working Paper 4986, 1995. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w4986>>. Acesso em: 02 set. 2009.

LUEHRMAN, T. A. **Capital projects as real options**: an introduction. Harvard Business School, Note 295-074, 1994.

MCDONALD, R. L.; SIEGEL; D. **The value of waiting to invest**. National Bureau of Economic Research. Working Paper, 1982. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w1019>>. Acesso em: 30 abr. 2009.

MINARDI, A. M. A. F. **Teoria de opções aplicada a projetos de investimento**. São Paulo, Atlas, 2004.

MOREIRA, A. M. **A tributação dos serviços de comunicação**. São Paulo, Dialética, 2006.

MUN, J. **Real Options Analysis**: tools and techniques for valuing strategic investment and decisions. New York: Wiley Finance, 2005.

MYERS, C. S. Determinants of corporate borrowing. **Journal of Financial Economics**, 5, p.147-175, 1977.

PAS – Pesquisa Anual de Serviços. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2002. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/comercioeservico/pas/pas2002_produtos_e_servicos/pas2002_suplemento.pdf>. Acesso em: 31 maio 2009.

PENEDO, G. M; TIZZIANI, E; BRANDÃO, L. E. T. avaliação da flexibilidade de escolha dos insumos de produção do biodiesel através da teoria das opções reais. **Revista Eletrônica da Gestão Organizacional**, v. 6, n 3, 2008. p. 300-320.

PIESSE, J.; PRÉSIAUX, C.; VAN de PUTTE, A. Economic valuation of complex projects exhibiting both technical and economic uncertainty. **The American Academy of Financial Management™ Journal**, v. 6, 2006.

PINDYCK, R. S. **Irreversible investment, capacity choice, and the value of the firm**, 1990. Disponível em:

<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=226671>. Acesso em: 30 ago. 2009.

_____. Irreversibility, uncertainty and investment. **American Economic Review**, v. 78, 1988.

PORTUGAL, A.L.S. **Aplicação da teoria das opções reais na avaliação de uma usina hidrelétrica**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2007.

RYAN, P. A.; RYAN. G. P. Capital budgeting practices of the Fortune 1000: how have things changed? **Journal of Business and Management**, out. 2002.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Captando o valor da flexibilidade gerencial através da Teoria das Opções Reais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., Salvador, 2001.

SUTHERLAND, A. G.; WILLIAMS, J. F. **Valuing Real Options: insights from competitive strategy**, 2008. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1268531>. Acesso em 04 abr. 2009.

TEACH, E. Will Real Options Take Root? **CFO Magazine**, jul. 2003.

TELEBRÁS (Ministério das Comunicações) A TELEBRÁS e a Evolução das Telecomunicações. Disponível em: <<http://www.telebras.com.br/historico.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

TELECO. O Desempenho do Setor de Telecomunicações no Brasil – Séries Temporais, preparado pelo Teleco para a Telebrasil. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/estatis.asp>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

TRIANSTIS, A.; BORISON, A. Real Options: State of the Practice. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 14, n. 2, 2001.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. Cambridge: MIT Press, 1996.

TRUONG, G.; PARTINGTON, G.; PEAT, M. Cost of Capital Estimation and Capital Budgeting Practice in Australia. **Australian Journal of Management**, v. 33, n. 1, jun. 2008.

YIN, R. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2005.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)