

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

GUILHERME FERRACIN VITOLO

AVALIAÇÃO DE INDICADORES PARA SELEÇÃO DE PORTFOLIOS
DE PROJETOS

SÃO PAULO
2015

GUILHERME FERRACIN VITOLO

AVALIAÇÃO DE INDICADORES PARA SELEÇÃO DE PORTFOLIOS
DE PROJETOS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Elétrica

Área de concentração: Sistemas
Eletrônicos

Orientador: Prof. Dr. Flavio Almeida de
Magalhães Cipparrone

SÃO PAULO
2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador

São Paulo, 16 de Janeiro de 2015.

Assinatura do autor:

Assinatura do orientador:

Catálogo-na-publicação

Vitolo, Guilherme Ferracin
Avaliação de indicadores para seleção de portfólios de projetos / G.F. Vitolo. -- versão corr. -- São Paulo, 2015.
125 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1.Portifólios 2.Gestão de projetos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II.t.

Nome: VITOLLO, Guilherme Ferracin

Título: Avaliação de indicadores para seleção de portfólios de projetos

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Elétrica

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

A minha família, com amor, admiração e gratidão pela compreensão, em especial a meu pai, Prof. Dr. Michele Vitolo, a minha mãe Marcia Vitolo e ao meu irmão Alessandro Vitolo pelo apoio e incentivo ao longo do período de elaboração deste trabalho.

RESUMO

VITOLLO, G. F. **Avaliação de indicadores para seleção de portfólios de projetos.** 2014. 115 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

As organizações enfrentam pressão por geração de valor e, para tanto, buscam posicionar-se favoravelmente em seus setores de atuação, o que impõe a necessidade de definir uma estratégia clara e realizar investimentos alinhados a ela. Os investimentos são concretizados por meio de projetos, cuja seleção deve ser conduzida por um processo rigoroso, transparente e objetivo – o que pode ser obtido com a definição de critérios de seleção baseados em indicadores quantitativos financeiros.

Apesar da existência de muitos trabalhos com foco no alinhamento da carteira de projetos à estratégia do negócio, as discussões são conduzidas de modo qualitativo ou baseadas em exemplos específicos e aplicação de poucos critérios. O presente trabalho avalia, por meio de simulações, as implicações estratégicas dos diferentes tipos de critérios de seleção, incluindo visão de risco e retorno.

Em resumo, o critério de maximizar o Valor Presente Líquido seleciona projetos de mais longa duração e fluxos de caixas positivos no longo prazo, o que favorece o crescimento da organização. Uma carteira desta natureza pode adequar-se a empresas que competem em indústrias em ritmo acelerado de crescimento. Os critérios, baseados na Taxa Interna de Retorno e no Índice de Lucratividade, selecionam projetos de elevado retorno sobre o capital investido, o que tende a privilegiar rentabilidade em vez de crescimento. Carteiras com estas características podem favorecer a atuação em indústrias de expressivo volume de mercado, porém baixas taxas de crescimento. Em contrapartida, os critérios baseados no Período de Retorno selecionam projetos de menor duração, cujos retornos ocorrem no curto prazo, característica que pode ser desejada quando a organização atua em uma indústria em declínio ou em linhas de negócio em que pretende desinvestir.

Palavras chave: Orçamento corporativo; Gestão do Portfólio de Projetos; Critérios de Seleção de Projetos.

ABSTRACT

VITOLLO, G. F. **Assessment of KPI's for Project Portfolio Selection**. 2014. 115 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Organizations face pressure for value creation and seek a favorable position in their industry segments, what demands a clear strategy and investments aligned to it. Such investments are implemented through projects, which should be selected by a rigorous, transparent and objective process – what can be achieved using quantitative financial criteria for project selection.

Although there are several studies focused on the alignment of Project Portfolio to Corporate Strategy, discussions are qualitative in most cases or they are based on few specific selection criteria. In order to present a broader study on the field, this work simulates the strategic implication of different selection criteria, using a risk-reward framework.

Major conclusion could be achieved on that way. For example, maximizing the Net Present Value selects long lasting projects with strong cash flow generation in the long term. Such portfolios have good fit for companies competing in high growth industries. Selection criteria based on the Internal Rate of Return or the Profitability Index select high return on investment projects, which drive more profitability than growth. Such portfolios are applicable for companies competing in high volume but low growth industries. On the other hand, criteria based on the Payback Period select short term return projects, which are applicable for companies competing in shrinking industries or in divesting business lines.

Key words: Capital Budget; Project Portfolio Management; Project Portfolio Strategy; Project Selection; Monte Carlo Simulation; Investment Decision Criteria.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA | 18 |
| 1.3 ESTRUTURA DO TEXTO | 20 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 2.1 MODELOS QUE SUPTAM A SELEÇÃO DE PROJETOS PARA UMA CARTEIRA | 22 |
| 2.2 MEDIÇÃO DO RETORNO DE PORTIFÓLIOS DE PROJETOS | 31 |
| 2.2.1 Período de retorno ajustado (APBK)..... | 31 |
| 2.2.2 Valor Presente Líquido (VPL)..... | 33 |
| 2.2.3 Avaliação de opções reais | 37 |
| 2.2.3.1 Modelos analíticos para modelagem em tempo contínuo | 40 |
| 2.2.3.2 Modelos de árvore para modelagem em tempo discreto | 44 |
| 2.2.3.3 Modelos baseados em Simulação de Monte Carlo..... | 46 |
| 2.2.4 Taxa Interna de Desconto (TIR) | 48 |
| 2.2.5 Índice de Lucratividade (IL) | 51 |
| 2.2.6 Valor de Mercado Adicionado (VMA) e Valor Econômico Adicionado (EVA)..... | 52 |
| 2.3 MEDIÇÃO DO RISCO DE PORTIFÓLIOS DE PROJETOS | 55 |
| 2.3.1. Modelagem para quantificação dos riscos..... | 57 |
| 2.3.2. Mensuração do risco..... | 62 |
| 2.3.2.1 Medidas estatísticas tradicionais..... | 62 |
| 2.3.2.2 Value at Risk e extensões | 64 |
| 2.4 CRITÉRIOS QUE MESCLAM RISCO E RETORNO..... | 69 |
| 3 METODOLOGIA E MODELO DE SIMULAÇÃO..... | 73 |
| 3.1 OBJETIVO DA SIMULAÇÃO | 73 |
| 3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO | 74 |
| 3.3 SIMULAÇÕES ADICIONAIS | 82 |
| 3.4 METODOLOGIA DE ORDENAMENTO E COMPARAÇÃO..... | 84 |
| 3.5 FERRAMENTA DE MODELAGEM..... | 86 |
| 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS..... | 87 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.1 | RESULTADO DA SIMULAÇÃO PADRÃO..... | 87 |
| 4.2 | RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES ADICIONAIS..... | 91 |
| 4.3 | RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES..... | 97 |
| 5 | CONCLUSÕES | 106 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 111 |
| | GLOSSÁRIO | 117 |
| | ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DAS SIMULAÇÕES ADICIONAIS | 119 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Distribuição assimétrica genérica que apresenta a visualização gráfica das duas principais estatísticas de risco discutidas: o Desvio Padrão e o Cash Flow at Risk (uma extensão do Value at Risk). Legenda: μ = Média; σ = Desvio Padrão; 5º p = Quinto percentil; STD = Desvio Padrão; CFaR = Cash Flow at Risk..... | 68 |
| Figura 2: Visualização de uma distribuição genérica de carteiras de acordo com as variáveis de retorno (Média do Índice de Lucratividade) e risco (Cash Flow at Risk do Índice de Lucratividade). A figura ilustra a visualização de uma fronteira definida pelas carteiras de maior retorno para cada ocorrência de risco. A seleção de uma carteira em um contexto como este implica definir o nível de risco aceitável pela organização. | 71 |
| Figura 3: Visão das etapas de cada projeto, com destaque para as duas fases de investimento e a fase operacional. As opções reais de abandono poderão ser exercidas ao final de cada período de investimento, conforme ilustração. | 81 |
| Figura 4: Composição das 1023 carteiras de projeto, geradas a partir da combinação dos 10 projetos selecionados. | 85 |
| Figura 5: Metodologia de ordenamento das carteiras e lista longa de indicadores de retorno e de risco-retorno utilizados para comparação dos critérios de seleção de projetos. | 86 |
| Figura 6: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido com opções reais (VPL_RO) e Valor Presente Líquido sem a introdução de opções reais (VPL). | 98 |
| Figura 7: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Taxa Interna Retorno (TIR) e Índice de Lucratividade (IL)..... | 99 |
| Figura 8: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Índice de Lucratividade (IL)..... | 99 |
| Figura 9: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). | 100 |
| Figura 10: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Período de retorno ajustado (APBK). | 101 |
| Figura 11: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de retorno ajustado (APBK). | 101 |
| Figura 12: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Índice de Lucratividade (IL) e Período de retorno ajustado (APBK)..... | 102 |
| Figura 13: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor de Mercado Adicionado (VMA) e Período de retorno ajustado (APBK)..... | 102 |
| Figura 14: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA) | 103 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos..... | 76 |
| Tabela 2: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos..... | 78 |
| Tabela 3: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4). O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau de incerteza. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e acabam por atuar como ponderadores para a aleatoriedade de cada componente do fluxo de caixa..... | 79 |
| Tabela 4: Características dos projetos utilizados nas diferentes simulações de acordo com as variáveis de tamanho (duração e investimento), nível de incerteza e viabilidade econômica. | 83 |
| Tabela 5: Critérios de seleção das carteiras de projetos utilizados nas simulações. | 84 |
| Tabela 6: Hipóteses definidas para avaliação com base nos resultados das simulações. | 87 |
| Tabela 7: Média aritmética simples do Valor Presente Líquido (\$ milhões) das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). | 88 |
| Tabela 8: Média aritmética simples do quociente de Valor Presente Líquido pelo Cash Flow at Risk das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). | 88 |
| Tabela 9: Média aritmética simples da Taxa Interna de Retorno das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). | 90 |
| Tabela 10: Média aritmética simples do Índice de Lucratividade das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). | 90 |
| Tabela 11: Média aritmética simples do Período de Retorno das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). | 90 |
| Tabela 12: Média aritmética simples do Valor de Mercado Adicionado das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). | 91 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 13: Apresentação das hipóteses (nas linhas) que foram verificadas válidas ou inválidas em cada uma das simulações (nas colunas)..... | 97 |
| Tabela 14: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Valor Presente Líquido (VPL)..... | 104 |
| Tabela 15: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Valor Presente Líquido (VPL_RO)..... | 104 |
| Tabela 16: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para a Taxa Interna de Retorno (TIR)..... | 104 |
| Tabela 17: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Índice de Lucratividade (IL). | 104 |
| Tabela 18: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Período de Retorno ajustado (APBK)..... | 105 |
| Tabela 19: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Valor de Mercado Adicionado (VMA)..... | 105 |
| Tabela 20: Correlação entre os indicadores de risco (Desvio Padrão vs. Cash Flow at Risk) para cada métrica. | 105 |
| Tabela 21: Sumário dos critérios de seleção mais indicados para cada estratégia e cenário competitivo das organizações..... | 108 |
| Tabela 22: Montantes de investimento e número de meses das fases de cada projeto da primeira simulação adicional..... | 119 |
| Tabela 23: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da primeira simulação adicional..... | 119 |
| Tabela 24: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da primeira simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa..... | 120 |
| Tabela 25: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da segunda simulação adicional..... | 120 |
| Tabela 26: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da segunda simulação adicional..... | 120 |
| Tabela 27: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da segunda simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa..... | 121 |
| Tabela 28: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da terceira simulação adicional..... | 121 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 29: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da terceira simulação adicional..... | 121 |
| Tabela 30: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da terceira simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa..... | 122 |
| Tabela 31: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da quarta simulação adicional..... | 122 |
| Tabela 32: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da quarta simulação adicional..... | 123 |
| Tabela 33: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da quarta simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa..... | 123 |
| Tabela 34: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da quinta simulação adicional..... | 124 |
| Tabela 35: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da quinta simulação adicional..... | 124 |
| Tabela 36: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da quinta simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa..... | 125 |

1 INTRODUÇÃO

A economia atualmente globalizada impõe os desafios de crescente competição entre as empresas e de mobilidade de investidores e profissionais (BÖTZEL; SCHWILLING, 2000). Para enfrentar tais desafios, as organizações buscam gerar valor de forma consistente no tempo. Segundo Jensen (2001), a maximização do valor da organização no longo-prazo é o critério que melhor equilibra o *trade off* entre os requisitos, muitas vezes conflitantes entre si, das diversas partes interessadas. No caso de empresas, por exemplo, a métrica que exprime valor de forma mais abrangente é o valor de mercado da companhia, que resulta da expectativa de geração de fluxos de caixa no curto, médio e longo-prazo (HAWAWINI; VIALLET, 2001, p. 613).

Uma pesquisa conduzida nos Estados Unidos por Fortune.com com mais de 10 mil executivos mostrou que as companhias melhor classificadas em termos de qualidade de gestão, qualidade de produtos e serviços, gestão de pessoas, uso de ativos, capacidade de inovação e responsabilidade social, de acordo com critérios qualitativos definidos pela pesquisa, apresentaram retorno de 26,9% nas ações no período de 1993 e 2004, enquanto o índice de mercado S&P500 cresceu apenas 8,6% no mesmo período. Já as companhias pior qualificadas nos mesmos critérios, tiveram retorno negativo de -1,9% nas ações no mesmo período (HAWAWINI; VIALLET, 2001). Os autores comentam, entretanto, que satisfazer os clientes, estabelecer relações duradouras com fornecedores e motivar os empregados não configura uma receita de sucesso garantida. As companhias devem definir e implementar estratégias específicas para o ambiente competitivo e o contexto da indústria em que se encontram.

De acordo com Porter (1980), companhias que competem em indústrias de grande crescimento podem posicionar-se e aumentar o valor de mercado através de desenvolvimento de produtos, ações de marketing, inovação, aquisição de novos clientes, etc. Estas companhias estão focadas em crescimento, portanto a criação de valor está relacionada à geração de fluxos de caixa no longo-prazo (BÖTZEL;

SCHWILLING, 2000). Em adição ao crescimento, caso a indústria seja emergente, ou seja, tenha surgido recentemente devido a uma inovação tecnológica ou criação de demanda que não existia anteriormente, a tomada de risco é encorajada devido às grandes incertezas com relação ao futuro.

Quando competindo em indústrias maduras, cujas receitas são expressivas, mas o crescimento é moderado, as empresas buscam economias de escala, eficiência em custos, melhoria seletiva de produtos, retenção e aquisição de clientes rentáveis, etc. (PORTER, 1980). Criação de valor neste contexto está mais relacionada à eficiência na alocação de capital, o que significa maior seletividade nos investimentos, preocupação com a tomada de risco e foco em rentabilidade em vez de crescimento de receitas.

Em contrapartida, caso a indústria esteja em declínio, ou seja, com queda de receita, acirramento da competição e destruição de rentabilidade, as empresas dão maior foco à manutenção de valor ou mitigação da destruição deste: podem abandonar ou mudar a linha do negócio, o segmento-alvo de clientes, etc. (PORTER, 1980). Nestas situações, as empresas quando investem, buscam fazê-lo com foco no curto prazo, portanto, preocupações com prazo de retorno de investimento e opções de abandono tornam-se prementes.

As companhias realizam os investimentos por meio de projetos, cuja gestão deve considerar o conjunto dos projetos da organização e não apenas focar em cada projeto individualmente. Uma visão de carteira é mandatória (HAWAWINI; VIALLET, 2001). Apenas os investimentos mais favoráveis ao contexto da indústria e alinhados à estratégia do negócio devem compor a carteira, dado que as empresas possuem recursos limitados e não podem investir em todos os projetos que apresentem viabilidade. O investimento em um projeto muitas vezes pode implicar o não investimento em outros.

Archer e Ghasemzadeh (1999) e Dye and Pennypacker (2002) avaliaram que os principais problemas na gestão da carteira de projetos são o desalinhamento à estratégia do negócio, os resultados inferiores ao previsto e a inconsistência da

carteira em termos de risco, montante de investimento e prazo de conclusão dos projetos. O primeiro passo para resolver estes desafios consiste na adequação da metodologia de seleção dos projetos (AMARAL; ARAÚJO, 2009). Esta visão é reforçada por Byrd e Drake (2006), que comentam que a saúde de uma carteira de projetos é definida pela capacidade dela em atender às necessidades do negócio e uma carteira para ter sucesso deve ser composta necessariamente por projetos criteriosamente selecionados.

Os critérios de seleção de projetos podem ser classificados em duas categorias: qualitativos e quantitativos. Enquanto estes estão ligados a métricas objetivas, como por exemplo, valores financeiros ou dados operacionais, aqueles são subjetivos e muitas vezes avaliados de acordo com o julgamento dos gestores (BYRD; DRAKE, 2006). Dado que existe pressão cada vez maior por resultados tangíveis, mensuráveis e comparáveis, os critérios de natureza financeira e quantitativa vem ganhando mais espaço apesar da maior complexidade de aplicação.

Muitos autores investigaram a aplicação deste tipo de critério para compor carteiras de projetos. Por exemplo, Better e Glove (2006) compararam as carteiras selecionadas por três diferentes critérios utilizando simulação de Monte Carlo: maximização da média do Valor Presente Líquido da carteira (não sujeita a restrições de risco), maximização da média subtraída pelo desvio padrão do Valor Presente Líquido da carteira e maximização da probabilidade de a média do Valor Presente Líquido da carteira estar acima de um determinado valor. A partir da avaliação da distribuição dos resultados das três carteiras ótimas, verificaram que o último critério selecionou os projetos que, em conjunto, apresentaram maior média do Valor Presente Líquido. A simulação de Monte Carlo foi escolhida devido à flexibilidade de modelagem.

Graves e Ringuest (2005) propuseram uma abordagem baseada em risco e retorno para selecionar projetos, combinando o Valor Presente Líquido como métrica de retorno e o Coeficiente de Gini como estatística de risco. O modelo proposto tinha como entrada apenas os valores máximo e mínimo de Valor Presente Líquido de cada projeto. O coeficiente de Gini, que consiste em uma medida de desigualdade

em determinado grupo de amostras, foi calculado como a semi-diferença entre o maior e o menor valor de retorno esperado, em montantes absolutos. Os autores argumentam, com base nas simulações realizadas, que o modelo proposto é simples e apresenta boa adequação para seleção de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.

Gustaffson e Salo (2005) implementaram outro modelo baseado em risco-retorno, em estrutura de Árvore de Decisão. O modelo proposto buscou maximizar a diferença entre o Valor Esperado da métrica de retorno (montante financeiro multiplicado pela probabilidade de cada ramo da árvore) e a Semi-variância negativa da métrica de retorno (soma dos produtos da probabilidade de cada ramo pela diferença entre o valor do ramo pelo valor esperado da árvore). Eles discutem os benefícios da abordagem proposta, por exemplo, a flexibilidade do modelo e a consideração de fluxos de caixa alternativos.

Apesar da existência de vários trabalhos que aplicam critérios quantitativos financeiros para composição de carteiras de projeto, como por exemplo, aqueles anteriormente mencionados, eles não discutem a relação dos critérios com a estratégia da empresa. Conforme verificado, a depender do contexto da indústria e da estratégia do negócio, um conjunto diferente de investimentos deve ser realizado de modo que a empresa gere valor. Portanto, é mandatório que tal relação seja investigada em profundidade.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho consiste na avaliação empírica dos benefícios e das implicações estratégicas da aplicação de critérios quantitativos financeiros na seleção de projetos para compor carteiras. Para tanto, é simulada a seleção de carteiras por meio de um modelo de simulação de Monte Carlo. Os projetos considerados para compor as carteiras foram motivados nos projetos em avaliação

por uma empresa brasileira de grande porte, sendo que as simulações realizadas apresentam aplicação para quaisquer tipos de projetos.

Para atingir o objetivo geral, propõe-se um conjunto de objetivos específicos:

- Comparar as carteiras resultantes da seleção de projetos por critérios compostos pelas seguintes métricas: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Índice de Lucratividade, Período de Retorno e Valor de Mercado Adicionado;
- Comparar as carteiras resultantes da seleção por critérios que consideram apenas a visão de retorno (ex. maximizar a média do Valor Presente Líquido) versus critérios que consideram risco e retorno (ex. Maximizar o quociente da média pelo desvio padrão do Valor Presente Líquido);
- Comparar as carteiras resultantes da seleção utilizando-se diferentes estatísticas de risco (Desvio Padrão e Value at Risk) combinadas às métricas de retorno;
- Avaliar o resultado da introdução de Opções Reais no cálculo do Valor Presente Líquido e as conseqüentes implicações nos critérios de seleção de projetos;
- Avaliar os benefícios de cada critério de seleção e a similaridade entre as carteiras resultantes;
- Avaliar a generalidade das conclusões obtidas, realizando simulações com diferentes conjuntos de projetos hipotéticos, cujos fluxos de caixa possuem diferentes características em termos de risco, montante de investimento e prazo de conclusão. As simulações visaram também avaliar a sensibilidade das principais variáveis utilizadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os temas relacionados à gestão da criação de valor nas organizações vêm sendo explicitamente tratados em publicações desde 1964, com a obra "*Managing for*

results" de Peter Drucker apud Bötzel e Schwilling (2000). Desde então, o tema apresentou crescente ritmo de publicações e os conceitos de gestão orientada a valor passaram a ser incorporadas pelas organizações. Em 1999, tais práticas já eram adotadas por diversas empresas na Europa, como por exemplo, Bayer, DaimlerChrysler, General Electric, SAP, entre outras (BÖTZEL; SCHWILLING, 2000). No Brasil, empresas do setor elétrico e concessionárias de serviços de infraestrutura vêm adotando crescentemente tais práticas.

A teoria de Gestão de Portfólios de Projetos vem também ganhando espaço tanto no meio acadêmico como empresarial. Uma das primeiras publicações sobre o tema ocorreu em 1982 por Kutulus e Davis, com foco no problema da alocação de recursos no contexto de múltiplos projetos com diferentes datas de início e períodos de duração (COHEN; GOLANY; SHTUB, 2007). Abordagens quantitativas baseadas em teorias de gestão de portfólios de ativos financeiros passaram a ser publicadas a partir dos anos 90, mas foram nos últimos 10 anos que o tema efetivamente floresceu. Como marco das publicações de Gestão de Portfólios de Projetos, destaca-se o padrão publicado pelo *Project Management Institute* em 2006 – *The Standard for Portfolio Management*. A adoção de tais práticas pelas empresas vem sendo gradual, mas a aplicação prática de métodos quantitativos ainda é pouco expressiva.

Apesar do avanço em ambos os temas, a relação entre eles sempre foi tratada de forma qualitativa – publicações sobre portfólios de projetos mencionam a finalidade de criação de valor (BETTER, GLOVE, 2006; COHEN, ESCHENBACH, 2006; GUSTAFSSON, SALO, 2005; GRAVES, RINGUEST, 2005; ARCHER, GHASEMZADEH, 2000) e publicações sobre geração de valor mencionam a execução de projetos como forma de tornar a criação de valor sustentável nas organizações (HITT, HOSKISSON, IRELAND, 2008; HAWAWINI, VIALLET, 2007; BÖTZEL, SCHWILLING, 2000).

A partir do estudo bibliográfico realizado, foi possível verificar que existe uma lacuna de publicações que abordem de forma estruturada e quantitativa a relação entre estratégia corporativa com foco em criação de valor e critérios de seleção para

compor carteiras de projetos. O presente trabalho, portanto, visa endereçar tal lacuna.

1.3 ESTRUTURA DO TEXTO

Após a introdução do tema, que procurou contextualizar o problema, definir os objetivos do presente trabalho e justificá-los, apresenta-se no Capítulo 2 uma extensa revisão bibliográfica que suportará o desenvolvimento dos modelos e a realização das análises propostas. A revisão bibliográfica detalha o estado da arte em mensuração de retorno e risco em portfólios de projetos e criação de valor nas organizações

O Capítulo 3 descreve a metodologia e os modelos de avaliação dos critérios de seleção de projetos. Apresenta também as características dos projetos simulados, e os detalhes de modelagem que permitam a reprodução das simulações realizadas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com as simulações e as discussões de comparação entre os critérios. São apresentadas e comparadas as carteiras resultantes, as métricas de risco e retorno associadas a cada uma e as implicações de cada carteira para a estratégia do negócio.

As conclusões preliminares discutem, de modo mais abrangente, os resultados obtidos até o momento e explicitam as principais mensagens decorrentes dos resultados analisados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo apresenta o arcabouço teórico do modelo que suportará as análises das implicações dos critérios de seleção de projetos para a estratégia corporativa. A revisão bibliográfica descreve inicialmente os principais modelos para avaliação e seleção de carteiras de projeto. Na sequência, são apresentadas as métricas mais difundidas para mensuração de retorno e risco de projetos.

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma das métricas mais comumente utilizadas para seleção de investimentos e consiste na soma do fluxo de caixa descontado do projeto. Esta métrica pode incluir o valor das oportunidades de tomada de decisão que surgem no decorrer da execução do projeto, denominadas Opções Reais (HAWAWINI; VIALLET, 2007; TRIGEORGIS, 1996; MOORE, 2000). O VPL é considerado a métrica mais alinhada à geração de valor no longo prazo, dado que mensura o valor de fluxos de caixa de curto, médio e longo-prazo e considera o valor do dinheiro no tempo. Outra métrica intrinsecamente ligada à criação de valor, utilizada frequentemente para mensuração do resultado financeiro de empresas é o Valor de Mercado Adicionado (VMA), que consiste na diferença entre o valor de mercado das ações ordinárias e o valor do patrimônio líquido da empresa (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006). De acordo com Hawawini e Viallet (2007), outro modo de calcular o VMA consiste em tomar o valor presente dos fluxos de Valor Econômico Adicionado (EVA) da empresa ou de um investimento. Esta segunda forma de calcular o VMA permite que a métrica seja utilizada como critério para seleção de projetos. Os mesmos autores demonstram empiricamente, através de exemplos, que ambas as métricas (VPL e VMA) são consistentes entre si, ou seja, resultam em carteiras de projeto semelhantes. Outras duas importantes métricas comumente utilizadas são a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Índice de Lucratividade (IL). Ambas medem o retorno do capital investido, ou seja, buscam medir a eficiência da alocação de capital. Outra métrica é o Período de Retorno do Investimento (APBK), que consiste no intervalo mínimo de tempo necessário para que o fluxo de caixa do projeto atinja valor nulo (*breakeven*), ou seja, quando as somatórias do montante investido e faturado se igualam. É o momento em que o

projeto “se paga”. Esta medida oferece uma visão temporal do retorno do capital, podendo ou não considerar o valor do dinheiro no tempo. Quando o considera, denomina-se Período de Retorno do Investimento Ajustado (APBK). Hawawini e Viallet (2007) discutem o fato de que cada métrica oferece uma visão diferente do fluxo de caixa do projeto, e quando utilizadas para selecionar carteiras de projetos, acabam gerando diferentes resultados.

As métricas mencionadas podem ser utilizadas diretamente como critério de seleção – ex. Maximizar o Valor Presente Líquido da carteira de projetos – ou podem ser combinadas com estatísticas de risco em visão de risco-retorno – ex. Maximizar o quociente da média pelo desvio padrão do Valor Presente Líquido da carteira de projetos. As principais estatísticas de risco avaliadas são o Desvio Padrão e o Valor em Risco (*Value at Risk*).

2.1 MODELOS QUE SUPORTAM A SELEÇÃO DE PROJETOS PARA UMA CARTEIRA

A mensuração de retorno de portfólios de projetos está contida no escopo do processo de orçamento de capital, que conforme Brigham e Ehrhardt (2006, p.500) definem, consiste no "processo completo de análise de projetos e de decisão de quais projetos incluir no orçamento de capital".

Vários fatores se combinam para tornar o processo de orçamento de capital talvez a tarefa mais importante a ser realizada pelos administradores e por sua equipe. Primeiro, porque uma vez que os resultados das decisões de orçamento de capital continuam por muitos anos, a empresa perde um pouco de sua flexibilidade. [...] As decisões de orçamento de capital de uma empresa definem sua direção estratégica, pois mudanças para novos produtos, serviços ou mercados devem ser precedidas por dispêndio de capital. [...] Antes que uma empresa possa gastar grande quantia de dinheiro, ela deve ter fundos alinhados – [...] tem de planejar seu financiamento com antecipação suficiente para assegurar-se de que os fundos estejam disponíveis. (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006, p.500)

Existem diversas semelhanças entre o orçamento de capital e a avaliação de valores mobiliários. "Uma vez que um projeto potencial de orçamento de capital tenha sido identificado, sua avaliação envolve os mesmos passos que são utilizados na análise de valores mobiliários" (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006, p.500). Deve-se determinar o montante de investimento necessário, estimar os fluxos de caixa esperados e analisar respectivos riscos, ponderar as incertezas das estimativas e decidir o fator de desconto dos fluxos de caixa esperados.

Diversos métodos são utilizados para classificar projetos e decidir sobre a inclusão deles ou não no orçamento de capital. A maior parte das técnicas foi concebida para analisar projetos individualmente, porém a visão holística do orçamento de capital deve considerar uma visão de portfólio, ou seja, do conjunto global de projetos.

A utilização de modelos robustos de seleção de projetos é essencial para garantir a gestão de um portfólio que relacione adequadamente risco e retorno e que gere valor para a organização. Uma pesquisa desenvolvida por Olson e Rosacker (2008) no âmbito de projetos de tecnologia ilustra este fato. Os autores investigaram os tipos de metodologia adotados por órgãos do setor público dos Estados Unidos – que em conjunto consolidam um dos maiores compradores de projetos de tecnologia do mundo. Os autores apontaram que, em termos de resultado, apenas 20% dos projetos desenvolvidos foram considerados "de sucesso" e destacam que estes foram selecionados predominantemente por modelos quantitativos. As metodologias mais utilizadas, que acabam selecionando projetos de "baixo nível de sucesso", estão baseadas em critérios qualitativos, como exigência legal e apoio da alta gestão. A análise de custo-benefício, avaliada quantitativamente, despontou em terceiro lugar. Métodos quantitativos mais analíticos, como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Período de Retorno são pouco utilizados.

A pesquisa revela que existe espaço para utilização de metodologias mais robustas de seleção de projetos, com foco em elevar a taxa de sucesso de projetos de um portfólio. Apesar disso, o trabalho deixa clara a necessidade de utilização de metodologias que sejam compreensíveis pelos gestores das organizações, ou seja, existe preferência por modelos simples àqueles de maior complexidade.

No Brasil, a situação é ainda mais crítica, pois as empresas de pequeno, médio e até grande porte, em geral, não possuem sequer processos formais de seleção de projetos. A utilização de técnicas de seleção fica restrita basicamente a grandes corporações, em geral multinacionais ou companhias de capital aberto, que devem justificar os investimentos para a matriz ou para os acionistas, respectivamente.

Apesar da baixa adoção, a aplicação de modelos mais robustos de gestão do portfólio para o conjunto de projetos de uma organização vem ganhando espaço tanto no ambiente acadêmico como corporativo, principalmente no cenário externo – Estados Unidos, Europa e China.

A base para o desenvolvimento de tais modelos é a similaridade entre portfólios de projetos e de ativos financeiros. De acordo com Byrd e Drake (2006), diversos pesquisadores (...) notaram que projetos são investimentos que as companhias fazem para obter retornos futuros, do mesmo modo que ações são investimentos que apresentam perspectiva de retorno no médio e longo prazo.

Existem diversas semelhanças entre portfólios de ativos financeiros e de projetos, conforme apresentado pelos autores supracitados:

- São investimentos que proporcionam fluxos de caixa futuros esperados;
- Seguem a lógica da relação risco vs. retorno, ou seja, para um dado nível de risco, existe um portfólio que maximiza o retorno;
- Apresentam dependência entre si, principalmente no que tange correlação entre riscos;
- Apresentam riscos intrínsecos (específicos, não sistemáticos) que podem ser diversificados através de estratégias de composição de portfólios, mas possuem componentes ligadas a mercado e fatores externos que não são diversificáveis;

O conceito financeiro de Portfólio deriva da Teoria do Portfólio Moderno, proposta inicialmente por Markowitz, cujos principais princípios são a existência de um

portfolio que maximiza o retorno dado determinado nível de risco e a segregação do risco em sistemático (decorrente do mercado) e não sistemático (componente intrínseca do ativo). (BYRD; DRAKE, 2006).

Better e Glover (2006) comentam que o modelo de média-variância proposto pela Teoria do Portfolio Moderno de Markowitz considera que a distribuição do retorno é normal. McVean (2000) apud Better e Glover (2006) complementa que "existe cada vez mais evidência de que a distribuição de retornos de portfolios não é normalmente distribuída". E que isto é especialmente válido para os portfolios de projetos, que envolvem ativos não financeiros. Em busca de critérios alternativos que permitam exprimir de forma mais abrangente a natureza específica de um portfolio de projetos, foram investigados métodos alternativos para seleção de projetos.

Gustafsson e Salo (2005) comentam a existência de três principais tipos de métodos de seleção de projetos para um portfolio: modelos de *scoring*, modelos de otimização e modelos de programação dinâmica. Os autores mostram através de aplicação prática que é possível utilizar diferentes tipos combinados, como por exemplo, árvore de decisão baseada em programação dinâmica e otimização.

Os modelos de *scoring* estão baseados na avaliação da média ponderada de um conjunto de critérios que são avaliados pelos tomadores de decisão da empresa. Os projetos são ordenados a partir das notas atribuídas para cada projeto nos diversos quesitos. Um exemplo deste modelo foi desenvolvido por Daniels e Noordhuis (2005), cujo trabalho consistiu na definição de critérios de seleção de projetos baseados na avaliação do capital intelectual da empresa (EDVINSSON, MALONE, 1997 apud DANIELS, NOORDHUIS, 2005) e organizados em uma estrutura de *Balanced Scorecard* (KAPLAN, NORTON, 1996 apud DANIELS, NOORDHUIS, 2005).

Cáñez e Garfias (2006) avaliaram o modelo de seleção de projetos baseado em metodologia de *scoring* implementado por uma empresa do setor petrolífero mexicano. A empresa, em adição ao modelo de seleção em si, adotou um processo completo de definição, avaliação e seleção de projetos, com foco em estruturar um

portfolio com risco mais adequado ao perfil de retorno. Os critérios utilizados no modelo de *scoring* foram: alinhamento com a estratégia de tecnologia [qualitativo], impacto potencial nos resultados do negócio [qualitativo], tempo de implementação do projeto [quantitativo], contribuição do projeto para o Lucro Líquido e Valor Presente Líquido ajustado ao risco (ou seja, multiplicado pela probabilidade de sucesso do projeto) [quantitativo]. As autoras comentam que a utilização destes últimos é relevante para avaliar pontos difíceis de mensurar, como por exemplo, o alinhamento com a estratégia de tecnologia. Entretanto, reforçam a mensagem de que critérios quantitativos são essenciais para encetar maior rigor analítico ao processo. Os projetos foram ordenados de acordo com uma média ponderada da avaliação dos critérios e a seleção levou em consideração o orçamento destinado a cada tipo de projeto, o que foi definido a priori pela alta gestão.

Modelos que implementam médias ponderadas de conjuntos de critérios apresentam o benefício de serem mais facilmente compreendidos pelos gestores das empresas e em geral não apresentam complexidades matemáticas. Entretanto, muitos modelos desenvolvidos apresentam a desvantagem de basear resultados em avaliações qualitativas dos critérios de seleção. Daniels e Noordhuis (2005) enfatizam a necessidade de utilização de critérios mensuráveis quantitativamente, como por exemplo, métricas de disponibilidade de recursos para realização dos projetos. No trabalho, após a definição do modelo, utilizam um mecanismo de simulação e otimização para selecionar um conjunto de projetos que maximize o resultado de acordo com a ponderação definida.

Arches e Ghasemzadeh (2000) desenvolveram um modelo híbrido no qual definem uma função objetivo para simulação baseada em uma média ponderada de um conjunto de critérios, como por exemplo, alinhamento com a estratégia do negócio. Aplica-se, então, um processo de otimização sobre a função objetivo com um conjunto de condições restritivas (limite de orçamento total, disponibilidade de recursos, finalização dos projetos durante o horizonte de análise, etc.). Os autores propõem que o resultado do processo de otimização seja utilizado em fóruns de tomada de decisão, nos quais os gestores avaliam, criticam e refinam os resultados por meio do conhecimento do negócio.

A utilização de modelos de otimização com funções-objetivo que não representam médias ponderadas é ainda mais comumente encontrada em publicações. Por exemplo, a utilização do Valor Presente Líquido do portfolio como função-objetivo da otimização pode ser encontrada em uma série de trabalhos.

Better e Glover (2006) comparam o resultado de portfolios selecionados por diferentes critérios: maximização do Valor Presente Líquido, da diferença entre retorno e risco do portfolio e maximização da probabilidade do Valor Presente Líquido superior a determinado valor. Dentre as condições de restrição, foram definidos limites para o risco, o orçamento e a disponibilidade de profissionais. A métrica de retorno utilizada foi o Valor Presente Líquido das carteiras, enquanto as estatísticas de risco foram o desvio padrão e a probabilidade do Valor Presente Líquido não inferior a um determinado valor. Os autores recomendam a utilização conjunta de modelos de simulação e otimização, o que apresentou bons resultados em termos de velocidade de processamento e flexibilidade de modelagem das condições de restrição. Os portfolios que apresentaram melhor resultado foram aqueles em que foi maximizada a probabilidade do Valor Presente Líquido superior a determinado valor e não inferior a outro valor.

Gustafsson e Salo (2005) implementaram um método que utiliza árvore de decisão para modelar os pontos de tomada de decisão no projeto, dado a existência de incertezas com relação a cenários futuros e inter-relação entre os fatores de risco de diferentes projetos. Definiram uma função objetivo para otimizar a diferença entre retorno e risco. Retorno foi mensurado através da média dos resultados dos pontos terminais das árvores de decisão ponderados pela probabilidade de ocorrência de cada resultado. Foram utilizadas duas métricas de risco, ambas baseadas em modelo de semi-variância. O modelo apresentou bons resultados, dado que foi definido de forma a representar uma função utilidade.

Carlsson et al. (2007) desenvolveu um modelo que seleciona a entrada de projetos para um portfolio a partir da comparação entre o valor do projeto na data de avaliação e o valor considerando-se a opção de postergar o investimento. Para tratar

as incertezas, utilizaram números *fuzzy* para cálculo do retorno esperado e do desvio padrão de cada projeto. Para realizar a otimização, definiram uma função objetivo que maximiza uma função "possibilística" de adiamento dos projetos, ou seja, uma função que avalia o produto do valor do portfolio de projetos pelo desvio padrão do retorno no horizonte de tempo definido. O modelo seleciona a combinação ótima de projetos para entrar para o portfolio no momento da avaliação, e classifica projetos que possam vir a ser interessantes no futuro.

Hwang e Wang (2007) aplicaram lógica fuzzy e teoria de opções reais para modelar um mecanismo de seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento. Baseando-se no modelo de Black-Scholes para avaliação de opções reais, aplicaram conjuntos *fuzzy* e implementaram um mecanismo de otimização para identificar o portfolio que maximiza a diferença em valor presente líquido (benefício) e investimentos (custos).

Kolisch, Meyer e Mohr (2005) estruturaram um modelo que seleciona projetos para o portfolio baseado em três variáveis: o valor do projeto (mensurado pelo Valor Presente Líquido e estruturado em árvore de decisão), o tempo de duração do projeto (em semanas) e a intensidade média necessária de recursos (número de profissionais por tipo de recurso). Os autores aplicam um modelo de otimização linear que determina a intensidade de recursos por tipo e por projetos, de modo a maximizar o valor do portfolio em um determinado horizonte de tempo, apontando quais projetos devem ser selecionados e com qual intensidade. O modelo é simples e útil, porém apresenta simplificações que podem inviabilizar uma ampla aplicação prática, dado que o risco é considerado apenas na taxa de desconto do cálculo do valor presente líquido e as variáveis trabalham com valores médios, como a intensidade média de recursos e o valor médio do projeto por tempo de duração.

Um modelo que utiliza programação dinâmica de forma simples e eficiente foi apresentado por Graves e Ringuest (2005), que propuseram um método de seleção de projetos baseado em quatro variáveis: retorno máximo e mínimo esperado de cada projeto e as respectivas probabilidades de se obter cada retorno. Com esses dados, os autores calculam por média ponderada o valor de retorno do projeto e avaliam o risco utilizando o Coeficiente de Gini. O processo de identificação de um

portfolio não-dominado, composto pelos projetos a selecionar, é realizado através de um método de árvore, que realiza programação dinâmica comparando os resultados de retorno menos risco dos vários portfolios e excluindo da análise os dominados. A simplicidade do modelo traz a vantagem de fácil implementação, mas impõe uma série de limitações, como a falta de visão de temporal e a avaliação determinística do risco.

Os mecanismos de otimização em geral são desenvolvidos para maximizar ou minimizar uma única função objetivo. Pode-se utilizar o recurso de compor as diversas componentes desejadas em uma única função objetivo. Entretanto, existem alternativas. Ghorbani e Rabbani (2009) propuseram um algoritmo para otimização de múltiplas funções-objetivo, dado um conjunto de condições restritivas lineares. Os autores definiram um modelo que otimiza simultaneamente o valor do portfolio e a alocação de recursos, com o objetivo de definir se o projeto deve entrar para o portfolio e, caso sim, quando é o momento ideal de ser iniciado. Naturalmente, o momento ideal é calculado dentro de um conjunto discreto de possibilidades. O conjunto de recursos definido considera pessoas e ferramentas.

Ao utilizar um modelo de otimização, existe a possibilidade de se adotar critérios baseados exclusivamente nas métricas de retorno ou critérios que também consideram o risco. Estes tendem a ser mais abrangentes, por combinarem a visão de risco e retorno. A seção 2.4 apresenta os principais indicadores compostos de risco-retorno que podem ser aplicados como critérios de seleção de carteiras de projeto.

Independente do modelo e do tipo de critério adotado, eles devem atender os diversos tipos de projeto de uma organização. De acordo com Artto e Elonen (2003), os projetos podem ser divididos em internos e externos. Os projetos internos são aqueles que a organização realiza para desenvolvimento de novos produtos, melhorias internas, etc. Os externos são projetos comerciais realizados para clientes, como por exemplo, projetos de engenharia, consultoria, etc.

A principal diferença entre projetos internos e externos, do ponto de vista de gestão de portfólio, é a métrica de avaliação de resultados. Enquanto um projeto externo está diretamente relacionado a receita, lucro e geração de caixa (dado que o projeto é remunerado por um cliente), o projeto interno caracteriza-se por ser um investimento da empresa, cujo retorno esperado baseia-se em estimativas de fluxo de caixa futuro. A natureza do risco também difere entre ambos os tipos de projeto: em projetos desenvolvidos para clientes externos, via de regra a receita, os custos e o resultado são conhecidos a priori – o risco, portanto, reside em problemas de execução. Já os projetos internos, estão sujeitos a maiores incertezas, dado que dependem em geral de fluxos de caixa futuros esperados relacionados a fatores de mercado.

O presente trabalho tem foco em projetos internos. Entretanto as técnicas avaliadas podem ser aplicadas a projetos externos sem grandes mudanças. Para projetos externos, entretanto, a noção de investimento deve ser entendida sob uma ótica comercial: uma redução no preço do projeto para determinado cliente em geral está associada a uma expectativa de geração de negócios futuros com aquele cliente e aprofundamento do relacionamento cliente-fornecedor.

A utilização de metodologias mais robustas de seleção de projetos apresenta uma série de benefícios, conforme apresentam Artto e Elonen (2003):

- Maior alinhamento do portfólio de projetos à estratégia da empresa, ou seja, projetos selecionados que implementam os planos de ação e contribuem para o alcance de metas;
- Redução do número de projetos em execução, possibilitando que a organização dê maior foco para o desenvolvimento de produtos ou implementação de melhorias com maior potencial de geração de valor;
- Embasamento para a eliminação de projetos que consomem recursos e não são aderentes aos objetivos da empresa;
- Redução da tendência de seleção de projetos com base em poder, dado que os projetos devem apresentar comprovada expectativa de resultados.

2.2 MEDIÇÃO DO RETORNO DE PORTIFÓLIOS DE PROJETOS

Nesta seção, são apresentados os métodos relacionados a retorno de projetos individuais e considerações sobre sua adequação à visão de portfólios de projetos. São apresentadas vantagens e limitações de cada um. São eles:

- Período de retorno
- Valor Presente Líquido (VPL)
- Avaliação de Opções Reais
- Taxa Interna de Retorno (TIR)
- Índice de Lucratividade (IL)
- Valor Econômico Adicionado (EVA) e Valor de Mercado Adicionado (VMA)

2.2.1 Período de retorno ajustado (APBK)

O período de retorno ajustado (*Adjusted Payback Period*) consiste no "número esperado de anos [ou meses] requeridos para recuperar o investimento original e foi o primeiro método formal para avaliar projetos de orçamento de capital" (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006, p.504).

A partir do fluxo de caixa esperado do projeto, soma-se a diferença entre entradas e saídas de caixa a cada período, de forma acumulada do momento inicial para o futuro. O período de retorno consiste no momento em que o valor acumulado do fluxo de caixa descontado dos sucessivos períodos passa de negativo para positivo, ou seja, o momento a partir do qual o fluxo de caixa do projeto passa a ser positivo. A expressão 2.1 sumaria a condição que deve ser satisfeita:

$$\sum_{t=0}^{PBK-1} \frac{FC_t}{(1+k)^t} = 0 \quad (2.1)$$

Em que:

APBK: Período de Retorno Ajustado (número de unidades de tempo até que o fluxo de caixa atinja o primeiro valor nulo);

FC_t: Fluxo de Caixa no instante *t*;

k: Taxa de desconto dos fluxos de caixa a valor presente;

t: Tempo.

Conforme Hawawini e Viallet (2007, p. 244), a métrica define um critério para seleção de projetos. Um projeto deve ser aceito quando o período de retorno for inferior a um período estipulado pela organização. Se houver projetos mutuamente exclusivos, o projeto de menor período deve ser selecionado, desde que considerada a aplicação dos recursos resultantes do projeto de menor prazo pela diferença entre o projeto de maior e menor prazo. Para o caso de carteiras de projetos, deve-se escolher aquela que possuir menor período de retorno do conjunto de projetos.

Os autores complementam que o Período de Retorno é uma métrica ainda muito utilizada nas empresas. Três principais fatores favorecem seu uso:

- Simplicidade de cálculo e entendimento por parte dos gestores;
- Tendência à seleção de projetos com menor período de retorno do capital investido, o que pode ser útil caso a empresa tenha este quesito como estratégia de investimento ou em caso de dificuldade de quantificação dos fluxos de caixa futuros;
- Pode ser utilizado em conjunto com outras métricas, servindo como critério de desempate. Por exemplo, pode ser utilizado em conjunto com o critério do Valor Presente Líquido (VPL): a escolha entre dois projetos mutuamente exclusivos com mesmo VPL pode tender a favor do projeto com menor período de retorno.

Apesar de amplamente utilizado, este critério de seleção apresenta severas limitações:

- Não é considerada a magnitude do investimento e do retorno, o critério considera apenas o tempo em que 'o projeto se paga';
- A escolha do período máximo de retorno dos projetos de uma organização é realizada geralmente de modo arbitrário – não foi ainda identificada relação entre o período de retorno e a maximização do valor da empresa;
- Fluxos de caixa que ocorrem em períodos posteriores ao período de retorno são ignorados, ou seja, o critério desfavorece projetos de longo-prazo atuando a favor de estratégias de curto-prazo.

2.2.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido foi concebido com um critério que procura considerar a magnitude do investimento e do retorno e os fluxos de caixa em períodos maiores de tempo.

Uma proposta de negócios, como por exemplo, um novo investimento, a aquisição de uma empresa ou um plano de reestruturação, criará valor somente se o valor presente esperado das quantias financeiras geradas pela proposta exceder o montante inicial requerido para desenvolver a proposta (HAWAWINI; VIALLET, 2007, p. 202, tradução nossa).

O valor presente das quantias financeiras a serem geradas "é a quantia em dinheiro que torna indiferente se o dinheiro for recebido hoje ou na época em que for efetivamente gerado". (HAWAWINI; VIALLET, 2007, p. 202).

De modo a capturar essa visão temporal da natureza dos investimentos, na qual projetos demandam aporte e geram montantes financeiros em diversos momentos do tempo, Hawawini e Viallet (2007, p. 203) definem o conceito de Valor Presente Líquido (VPL), que consiste na diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa descontados ao custo de capital e o montante financeiro despendido no investimento

inicial. A expressão 2.2 apresenta a fórmula que define o Valor Presente Líquido (VPL), uma das métricas mais amplamente utilizadas para avaliação do retorno de oportunidades de investimento.

$$VPL = \sum_{t=0}^N \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (2.2)$$

Em que:

VPL: Valor Presente Líquido;

FC_t: Fluxo de Caixa no instante *t*;

N: Número de unidades de tempo (ex. Meses) de duração do projeto;

k: Taxa de desconto dos fluxos de caixa a valor presente;

t: Tempo.

O VPL é uma métrica que permite avaliar a viabilidade econômica e também ordenar projetos. Um projeto que tenha VPL positivo indica que o retorno esperado do projeto é superior ao investimento realizado e remunera o capital investido. Quando dois projetos mutuamente exclusivos são comparados, o projeto com maior VPL em geral é aquele que deverá gerar maior valor para a empresa, considerando-se que o VPL calculado inclui o resultado dos investimentos realizados com os recursos excedentes do projeto de menor prazo. Para o caso de carteiras de projeto, deseja-se tipicamente maximizar o Valor Presente Líquido da carteira dado eventuais condições de contorno (ex. limitação de orçamento, consideração de projetos pré-aprovados).

Conforme Hawawini e Viallet (2007, p.214), o VPL é uma métrica satisfatória para avaliação de investimentos, pois oferece uma mensuração do valor gerado pelo projeto para a organização. Pode-se considerar, grosso modo, que os valores presentes líquidos dos projetos são adicionados ao valor do patrimônio líquido da companhia. E que o VPL de diversos projetos independentes pode ser somado, oferecendo uma visão de retorno do portfólio de projetos.

Além disso, a métrica considera um horizonte de tempo específico e considera o valor do dinheiro no tempo. "Uma boa decisão de investimento deve considerar o fator temporal do fluxo de caixa esperado" (HAWAWINI; VIALLET, 2007, p. 214).

Os autores complementam que o VPL pode considerar também o risco associado à realização dos fluxos de caixa do projeto através de um ajuste que pode ser realizado na taxa de desconto do capital investido. "À medida que o risco do fluxo de caixa do projeto aumenta, a taxa de desconto (custo de oportunidade do capital) utilizada para cálculo do VPL deve também aumentar" (HAWAWINI; VIALLET, 2007, p. 216). A discussão da taxa de retorno a utilizar nas avaliações é de extrema relevância para o cálculo do Valor Presente Líquido, dado que este é significativamente influenciado pela referida taxa.

Na prática, entretanto, as organizações em geral utilizam uma taxa de desconto única para todos os projetos (pelo menos dentro de uma mesma unidade de negócios). Isso se deve à dificuldade de incorporar uma visão holística do risco do projeto no custo do capital investido. Uma discussão mais ampla sobre risco será realizada na seção 2.2.

O método de VPL é também amplamente utilizado nas organizações atuais e apresenta diversas vantagens em relação a outros modelos de avaliação econômica de projetos. As principais vantagens atribuídas ao VPL são:

- Simplicidade de cálculo e entendimento por parte dos gestores;
- É uma métrica de geração de valor para a organização. Conforme Brigham e Ehrhardt (2006, p.510), "o VPL é igual ao valor presente dos Valores Econômicos Adicionados (EVAs) futuros do projeto; portanto, aceitar projetos com VPL positivo deve resultar em EVA positivo para a empresa e VMA positivo", ou seja, projetos com VPL positivo incrementam o EVA da empresa;
- Considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, o modelo utiliza técnica de fluxo de caixa descontado ao custo do capital investido;
- Considera o tempo de retorno dos fluxos de caixa;

- Considera, grosso modo, o risco associado ao retorno do capital investido através de um ajuste na taxa interna de retorno;

O VPL apresenta também algumas limitações, conforme Hawawini e Viallet (2007, p.228) apresentam:

- Não considera a diferença do montante de investimento entre diferentes projetos, ou seja, não considera a relação entre o valor a gerar esperado (benefício) e o investimento inicial (custo);
- Não são consideradas limitações de capital no horizonte dos projetos analisados, ou seja, a seleção de projetos puramente pelo critério do VPL pode gerar portfólios sub-ótimos ou que excedem o orçamento da empresa;
- Necessidade de ajustes para projetos com tempo de realização desiguais. Uma abordagem frequentemente utilizada na indústria consiste em limitar o horizonte de tempo da análise, por exemplo, em 3, 5 ou 10 anos a depender do tipo de projeto, e truncar o fluxo de caixa no final do horizonte. Neste caso, o valor residual do projeto deve ser implicitamente considerado. Outra solução é a transformação dos fluxos de caixa de cada projeto em anuidades, truncando-as em determinado momento do tempo – os projetos com maiores anuidades devem ser selecionados. As expressões 2.3 e 2.4 apresentam a fórmula para cálculo do fluxo de caixa anual equivalente:

$$FCAE = \frac{VP}{ADF} \quad (2.3)$$

$$ADF = \frac{1 - \frac{1}{(1+k)^N}}{k} \quad (2.4)$$

Em que:

FCAE: Fluxo de Caixa Anual Equivalente;

VP: Valor Presente do fluxo de caixa original;

ADF: Fator de Desconto da Anuidade;

k: taxa de desconto utilizada para cálculo do VP;

N: número de períodos da anuidade.

- Não são consideradas oportunidades de tomadas de decisão que maximizem o valor do projeto no futuro, ou seja, o VPL não mensura oportunidades de flexibilidade gerencial associadas ao processo;
- A qualidade da métrica depende da qualidade das projeções de fluxo de caixa. Projeções otimistas ou pessimistas podem impactar a comparabilidade entre projetos;
- Influência significativa do custo do capital investido sobre o VPL. Esta taxa de desconto pode ser calculada por diferentes metodologias, incluindo ou não diferentes componentes de risco e incerteza;

Por fim, é importante considerar que em caso de avaliação de projetos mutuamente excludentes, os autores supracitados recomendam que a avaliação deva considerar a aplicação de recursos financeiros não utilizados à taxa livre de risco, pelo período de vigência do projeto de maior prazo. Por exemplo, em caso de avaliação de dois projetos, um que exige \$100 e outro \$60 de investimento, com prazos de 30 meses e 20 meses respectivamente. A avaliação do projeto de menor investimento deve considerar, em conjunto com os fluxos de caixa do projeto em si, o resultado do Projeto Incremental, ou seja, aquele decorrente da aplicação da diferença de investimento entre os projetos (no caso, \$40) em um investimento que tenha perfil de risco comparável. Além disso, os recursos resultantes do projeto de menor prazo (no caso, o projeto de 20 meses) deverão ser aplicados por 10 meses também em investimento que tenha perfil de risco comparável.

2.2.3 Avaliação de opções reais

Outra alternativa de valoração da flexibilidade gerencial em um projeto ainda mais robusta é o método de Avaliação de opções reais. Consiste em adaptações dos métodos de avaliação de ativos financeiros, como derivativos e opções. Sabe-se que as Opções Reais são diferentes das opções financeiras porque envolvem ativos reais em lugar de ativos financeiros (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006, p.590).

Opções reais são direitos de compra ou venda de ativos reais, não financeiros, que possuem um preço de exercício, uma incerteza sobre fluxos de caixa ou valores de retorno futuros e um tempo de maturação. No contexto de projetos, conforme apresentado por Qiu e Yeo (2003), opções reais podem ser definidas simplesmente como oportunidades de resposta dos administradores a variações no ambiente do projeto, ou seja, as opções reais procuram valorar o direito, mas não a obrigação, de tomada de decisões e mudanças no curso das ações futuras. Em outras palavras, as opções reais procuram avaliar o valor de possibilidades de tomada de decisão e reavaliações futuras no projeto.

Existem diversos tipos de opções reais. O direito de postergar um investimento, de forma a aguardar melhor definição de cenário de mercado futuro, o direito de expandir uma linha de produção, caso haja demanda maior do que a prevista, o direito de executar ou não executar um projeto após longa avaliação de viabilidade econômica são exemplos de opções reais (TRIGEORGIS, 1996, p. 69).

Para precificá-las, existem três principais métodos, dois baseados em cenário de risco-neutro (Black-Scholes e Árvores Binomiais) e um terceiro utilizando-se Simulações de Monte Carlo.

Os dois primeiros modelos seguem os mesmos princípios da avaliação de opções financeiras, ou seja, consideram preços atuais e futuros de um “ativo referência”¹, volatilidade de preços, tempo de expiração da opção e taxa de retorno livre de risco. Existe uma analogia simples entre opções reais e opções financeiras, conforme apresentado por Trigeorgis (1996, p. 74):

- Preço atual (S) → Valor presente líquido de fluxos de caixa futuros de um projeto ou do valor dos ativos reais, descontados a uma taxa de retorno que represente, de alguma forma, os riscos associados a tais fluxos de caixa;
- Preço de exercício (E) → Valor do investimento futuro necessário para aquisição dos fluxos de caixa futuros ou ativos reais;

¹ “Ativo de referência” é denominado *underlying asset* nas bibliografias de referência.

- Volatilidade (σ) → Desvio padrão do valor dos fluxos de caixa futuros ou do valor do ativo real;
- Tempo de Expiração (t) → Prazo de validade da opção real, ou seja, diferença de tempo entre o presente e o momento em que a opção poderá ser exercida, momento no qual se poderá empenhar o valor definido pelo preço de exercício para adquirir os fluxos de caixa futuros ou ativos reais;
- Taxa livre de risco (r) → Taxa de desconto utilizada nos modelos de precificação, que considera ambiente de risco neutro, seguindo premissas de não arbitragem no mercado.

A ideia geral que permite valorar o preço de opções financeiras, *Call Options* (C) e *Put Options* (P), é que se pode construir um portfólio que gere o mesmo retorno futuro da opção de forma a não haver arbitragem através da aquisição (ou venda) de (N) ações do ativo de referência (S) e tomada (ou lançamento) de empréstimo de um montante (B) à taxa livre de risco. Este portfólio consiste efetivamente em uma posição alavancada sobre o ativo de referência. Ou seja, dado que a opção e o portfólio devam promover retornos futuros semelhantes para não haver possibilidade de arbitragem no presente, ambos devem ter o mesmo valor, conforme Trigeorgis (1996, p. 79). Esta relação pode ser definida nas expressões 2.5 e 2.6.

$$C = N.S - B \quad (\text{Call Option}) \quad (2.5)$$

$$P = -N.S + B \quad (\text{Put Option}) \quad (2.6)$$

Em que:

C: valor da opção *Call Option*;

P: valor da opção *Put Option*;

N: número de unidades do ativo de referência;

S: valor presente ou preço atual do ativo de referência;

B: montante de empréstimo tomado, no caso *Call Option*, ou concedido, no caso *Put Option*, para tornar verdadeiras as expressões 2.5 e 2.6.

Para o caso de opções reais, valem as mesmas relações. Porém, como geralmente não há frações de ativos reais ou de fluxos de caixa futuros, como ocorre para as ações financeiras, o valor de uma opção real pode ser entendido através de um portfólio constituído pela aquisição (ou venda) do valor presente dos fluxos de caixa futuros ou ativos reais (S) e tomada (ou lançamento) de empréstimo de um montante (B) à taxa de retorno livre de risco. No caso, os valores de S e B são dados e calcula-se os valores de C e P.

O uso de opções reais para avaliação de projetos vem ganhando espaço nas empresas. Conforme estudo desenvolvido por Graham e Harvey (2002) apud Brigham e Ehrhardt (2006, p.603): "responsáveis pelo setor financeiro em mais de 26% das empresas usam as técnicas de opções reais na avaliação de projetos [nos Estados Unidos]".

Dentre as vantagens do uso de opções reais, destaca-se, em adição àquelas apresentadas para o método do VPL, a flexibilidade gerencial considerada pelo método, o que permite incluir a valoração das oportunidades decorrentes de um projeto, como por exemplo, a realização de outros projetos, desenvolvimento de capacidade adicional, cancelamento do projeto em caso de condições externas desfavoráveis, entre outras. Em relação ao modelo de árvores de decisão, as opções reais solucionam o problema da taxa de desconto, uma vez que a avaliação financeira é realizada em cenário neutro ao risco.

2.2.3.1 Modelos analíticos para modelagem em tempo contínuo

Os modelos originalmente definidos para quantificação do valor de opções baseiam-se na resolução de Equações Diferenciais Parciais definidas a partir da consideração de que a variabilidade dos preços do ativo de referência pode ser modelada através de um Processo de Movimento Browniano Geométrico.

Uma definição rigorosa do modelo e detalhamento matemático pode ser encontrada em Trigeorgis (1996, p. 87-106) ou Moore (2001, p. 53-60). O modelo de

precificação de Black-Scholes, por exemplo, apresentou soluções fechadas para as equações diferenciais parciais para o caso de opções simples de compra e de venda. O modelo apresentado pode ser aplicado ao universo das opções reais sem alterações, conforme apresentado nas Expressões 2.7 e 2.8.

$$C(S, E, t) = S \cdot N(d_1) - E \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(d_2) \quad (2.7)$$

$$P(S, E, t) = -S \cdot N(-d_1) + E \cdot e^{-r \cdot t} \cdot N(-d_2) \quad (2.8)$$

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

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t}$$

Em que:

$C(S, E, t)$: valor de Call Option [valor calculado];

$P(S, E, t)$: valor de Put Option [valor calculado];

$N(\cdot)$: Distribuição Normal Acumulada;

S : valor presente líquido (ou preço atual) do ativo de referência [valor dado];

E : preço de exercício da opção [valor dado];

σ : desvio padrão da variabilidade do preço do ativo de referência [valor dado];

t : tempo de expiração [valor dado];

r : taxa de retorno livre de risco [valor dado].

Para casos mais complexos, como três ou mais opções reais, a solução destas equações não é trivial e apresenta elevada complexidade matemática, exigindo muitas vezes a utilização de métodos de integração numérica. De acordo com Moore (2001, p. 58), deve-se definir também um conjunto de condições restritivas para se atingir uma solução numérica nestes casos.

Para duas opções compostas, por exemplo, uma opção de compra de uma opção de compra, Moore (2001, p. 56) apresenta uma solução fechada baseada no Modelo de Black-Sholes. O modelo pode ser aplicado para opções reais e apresenta duas

etapas. A primeira delas consiste em identificar o valor crítico V^* que torna o valor da segunda opção, ou seja, aquela que depende da ocorrência da primeira para existir, igual ao preço de exercício da primeira opção. Esta etapa está definida na eq.(2.2.6.1e), e o valor V^* pode ser obtido por meio de métodos numéricos.

$$E_1 = V \cdot N(d_1) - E_2 \cdot N(d_2) \quad (2.9)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{V^*}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t^*}{\sigma \cdot \sqrt{t^*}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t^*}$$

Em que:

E_1 : preço de execução da opção C1;

E_2 : preço de execução da opção C2;

V : VPL dos fluxos de caixa do projeto, descontados à taxa de desconto da Tabela 4;

V^* : valor crítico que torna o valor da segunda opção igual ao preço de exercício da primeira opção;

$N(\cdot)$: Distribuição Normal Acumulada;

σ : desvio padrão da variabilidade do preço do ativo de referência;

t^* : diferença de tempo de expiração da opção de maior prazo pela opção de menor prazo;

Obtido o valor V^* , resolve-se a equação 2.10, apresentada por Geske apud Moore (2001, p. 225), que resulta no valor da opção composta pelas duas opções supracitadas.

$$C_1(C_2(V; E_2; t^*); E_1; t_1) = V \cdot M(a_1, b_1, \sqrt{t_1/t_2}) - E_2 \cdot M(a_2, b_1, \sqrt{t_1/t_2}) - E_1 \cdot e^{-rt_1} \cdot N(a_2) \quad (2.10)$$

$$a_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{E_1}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t_2}{\sigma \cdot \sqrt{t_2}}$$

$$a_2 = a_1 - \sigma \cdot \sqrt{t_2}$$

$$b_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{V^*}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t_1}{\sigma \cdot \sqrt{t_1}}$$

$$b_2 = b_1 - \sigma \cdot \sqrt{t_1}$$

Em que:

$C_1(S, E1, t_1)$: valor da primeira Call Option;

$C_2(V, E2, t^*)$: valor da segunda Call Option;

$S = C_2(V, E2, t^*)$: valor da segunda opção;

$E1$: preço de execução da opção C1;

$E2$: preço de execução da opção C2;

V : VPL dos fluxos de caixa do projeto, descontados à taxa de desconto da Tabela 4;

V^* : valor crítico que torna o valor da segunda opção igual ao preço de exercício da primeira opção;

$M(\cdot)$: Distribuição Normal Bivariada Acumulada;

σ : desvio padrão da variabilidade do preço do ativo de referência;

t^* : diferença de tempo de expiração da opção de maior prazo (t_2) pela opção de menor prazo (t_1);

t_1 : prazo de expiração da primeira opção;

t_2 : prazo de expiração da segunda opção;

r : taxa de retorno livre de risco.

Além da evidente complexidade matemática do método acima, é notável que ele se aplique apenas para duas opções reais do tipo "compra". A introdução de outras

opções geraria equações ainda mais complexas e a necessidade de avaliação numérica de distribuição normal multivariada. Outra limitação reside no fato de que o método não se aplica à avaliação de opções do tipo americanas, cujo exercício pode ser realizado antes do prazo de expiração. Muitos investimentos seguem esta regra (Gamba, 2003), como por exemplo, a opção de iniciar determinado projeto dentro de um prazo de dois anos quando uma série de condições for atingida.

Uma premissa que simplifica esses modelos é o uso de taxas livre de risco e volatilidades do ativo de referência constantes no tempo, o que inviabiliza a aplicação em casos específicos de investimento quando é necessário considerar variação dessas taxas no tempo.

Dentre as principais limitações do modelo apresentado, podem ser citadas:

- O Modelo de Black-Scholes possui a premissa implícita de que existe um ativo financeiro de natureza semelhante ao projeto avaliado no mercado de capitais, o que é uma consideração puramente teórica;
- O modelo considera que o retorno do ativo de referência evolui conforme distribuição normal, o que de acordo com McVean (2000) apud Better e Glover (2006) é uma premissa questionável: "existe cada vez mais evidência de que a distribuição de retornos de portfólios não é normalmente distribuída". E que isto é especialmente válido para os portfólios de projetos, que envolvem ativos não financeiros;
- Elevada complexidade matemática para o caso de múltiplas opções reais em um mesmo projeto, pois há necessidade de dedução analítica de soluções fechadas combinada com a necessidade de utilização de distribuições normais multidimensionais.

2.2.3.2 Modelos de árvore para modelagem em tempo discreto

A aplicação de árvores para quantificação do valor de opções reais teve início com o trabalho de avaliação risco-neutra de Cox, Ross e Rubinstein (1979), que avalia a

movimentação do retorno do ativo como um processo multiplicativo. A cada passo da árvore, o valor em t é multiplicado por um fator de elevação ($u = e^{\sigma \cdot \sqrt{\Delta t}}$) e por um fator de redução ($d = e^{-\sigma \cdot \sqrt{\Delta t}}$), que geram dois valores em $t+1$. Estes fatores de multiplicação definem também a probabilidade neutra ao risco de aumento ou diminuição do valor do ativo ($p = (e^{r \cdot \Delta t} - d)/(u - d)$), em que r é a taxa livre de risco anual composta continuamente (ARNOLD; CRACK, 2004).

A partir desta metodologia, Kulatilaka e Trigeorgis apud Trigeorgis (1996, p. 185) propuseram uma metodologia de avaliação de casos complexos de múltiplas opções reais baseada na ideia geral de troca entre diferentes modelos operacionais (Gamba, 2003). A cada momento em que uma decisão pode ser tomada (opção real), o modelo avalia a viabilidade de mudança de um modo operacional A para outro modo B. Ou seja, o modelo compara os fluxos de caixas associados a cada modo operacional e toma o maior valor. Nesta comparação, é considerado o custo de mudança que consiste no preço de exercício da opção.

No caso de árvores binomiais, este modelo pode ser representado através das expressões 2.11 e 2.12, apresentadas por Trigeorgis (1996, p. 185).

$$E_{t-1}^s(m) = \max_i \left(c_{t-1}^s(i) + \frac{p \cdot E_t^{s+1}(i) + (1-p) \cdot E_t^{s-1}(i)}{1+r} - I(m \rightarrow i) \right) \quad (2.11)$$

$$c_t^s(i) = \max_i (O_t^s(i) - \min_j (I_t^s(j) + C(j \rightarrow i)), 0) \quad (2.12)$$

Em que:

$E_t^s(m)$: valor do projeto no tempo t , em dado estado s operando no modo m ;

$c_t^s(i)$: valor do fluxo de caixa no tempo t , em dado estado s operando no modo m ;

p : probabilidade de elevação do valor do fluxo de caixa do tempo t para $t+1$;

$I(m \rightarrow i)$: custo de mudança do modo operacional m para modo i ;

$O_t^s(i)$: valor do fluxo de caixa resultante do modo operacional i e estado s no tempo t ;

$I_t^s(j)$: preço (custo operacional) da entrada j ;

$C(j \rightarrow i)$: custo de conversão da entrada j no produto do modo operacional i ;

De acordo com Gamba (2003), este modelo apresenta menor complexidade em comparação àquele apresentado para o caso de variáveis contínuas e se aplica para muitos casos práticos.

Entretanto, o modelo de árvores apresenta um conjunto de limitações, apresentadas por Gamba (2003) e Hawawini e Viallet (2007):

- A rigidez do processo multiplicativo de evolução do preço do ativo dificulta a modelagem de outros casos, como por exemplo, processo estocástico com reversão à média, muito comum para modelagem de evolução de preços de commodities (SCHWARTZ apud MOEL; TUFANO, 2000);
- Elevada capacidade computacional necessária quando se trabalha com maior número de opções reais, ou seja, maior número de estados e modos operacionais (relação polinomial entre o número de opções e o tempo de processamento);

2.2.3.3 Modelos baseados em Simulação de Monte Carlo

Em uma análise de simulação, o computador escolhe um valor randômico para cada variável – vendas em unidades, preço de venda, custo variável por unidade, custo fixo, e assim por diante. Então, esses valores são combinados e o Valor Presente Líquido dos fluxos de caixa associados é calculado e armazenado no computador. A seguir, um segundo conjunto de valores de entrada é selecionado de forma randômica e um segundo valor presente líquido é calculado. Esse processo é repetido muitas vezes. (...) A média e o desvio padrão da distribuição de valores presentes líquidos são determinados. A média é usada como uma medida de valor esperado, e o desvio padrão (...) como uma medida de risco. (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 564).

Os autores exemplificam o resultado da análise tomando-se os valores médios e desvios padrões, entretanto, podem ser tomadas outras estatísticas da distribuição de saída, que em muitos casos oferecem visões mais significativas de risco do projeto (Holton, 2003, p. 20).

A aplicação de Simulação de Monte Carlo para precificação de opções foi apresentada por Boyle (1977) como uma alternativa ao método de resolução de equações diferenciais parciais. Diversos autores como Gamba (2003), Mun (2006), Davis, Laughton e Samis (2007), Collan, Fullér e Mezei (2008), Lazo et al. (2007) e Moel e Trufano (2000) desenvolveram trabalhos posteriores de avaliação de opções reais utilizando-se simulações de Monte Carlo.

O modelo pode ser implementado em software comum de planilha eletrônica com recurso de Simulação de Monte Carlo. A introdução das opções é feita através de comparações entre fluxos de caixa. A comparação entre os fluxos de caixa que implementa está representada na expressão 2.13, que compara o fluxo de caixa considerando-se o exercício da opção com o não exercício dela.

$$VPL_R = \text{maximum} (VPL_O, I) \quad (2.13)$$

Em que:

VPL_R : Valor Presente Líquido dos fluxos de caixa considerando a Opção Real;
 VPL_O : Valor Presente Líquido do fluxo de caixa original (sem considerar a Opção Real);
 I : Valor investido até o momento de expiração da opção.

Moel e Trufano (2000) comentam que além de este modelo adequar-se sem complexidades matemáticas ao cálculo de opções do tipo europeias, o método apresenta elevada transparência e fácil entendimento. Em adição, o modelo mostra-se flexível o suficiente para simular diferentes horizontes de investimento.

Para o caso de opções reais compostas, pode-se utilizar a mesma lógica de comparação, tomando-se os devidos cuidados com o significado de cada opção do ponto de vista de fluxo de caixa. Em última instância, um modelo como este apresenta similaridade lógica com aquele apresentado por Trigeorgis (1996) e representado nas expressões 2.11 e 2.12, no qual as opções são entendidas como oportunidades de mudança de modos de operação. Cada modo possui um fluxo de

caixa associado, e o modelo seleciona a cada momento de decisão o fluxo de caixa que gera maior valor para o investidor.

A utilização de Simulação de Monte Carlo apresenta duas grandes vantagens: simplicidade de modelagem e relação linear de consumo de recursos computacionais com o aumento do número de opções. Entretanto, apresenta uma desvantagem para o caso de avaliação de opções que podem ser exercidas antes do prazo de expiração, conforme apresentado no próximo parágrafo.

Caso a análise de investimento exija a avaliação do momento ótimo de realização de um investimento, o modelo proposto é flexível o suficiente para adequar-se. Este caso apresentaria semelhança com aquele estudado por Gamba (2003), em que as opções são do tipo americanas. Nestes casos, deve-se realizar a simulação repetidas vezes para avaliar as alternativas de realização da opção. Aquela que apresentar maior valor médio indica o momento ideal de realizar o investimento. Esta lógica apresenta uma limitação referente ao consumo de recursos computacionais com o aumento do número de períodos em que a opção pode ser exercida. Apesar de esta relação ser linear, o tempo de processamento pode inviabilizar o método.

2.2.4 Taxa Interna de Desconto (TIR)

A Taxa Interna de Desconto (TIR) consiste na "taxa de desconto que torna o fluxo de caixa estimado do projeto (VPL) igual a zero" (HAWAWINI; VIALLET, 2007, p. 250). A fórmula utilizada para cálculo da TIR é semelhante àquela utilizada para cálculo do VPL, e apresenta-se na expressão 2.14.

$$\sum_{t=0}^N \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (2.14)$$

Em que:

FC_t : Fluxo de caixa no instante de tempo t ;

N : número de períodos em que há geração de caixa;

TIR : Taxa Interna de Retorno;

Como se pode verificar, o cálculo da TIR não é trivial e apresenta complexidade analítica. Entretanto, é possível calculá-la através dos recursos computacionais atualmente disponíveis. "Felizmente, qualquer calculadora financeira ou aplicativo de planilha eletrônica possui uma função para cálculo da TIR" através de métodos heurísticos, meta-heurísticos ou de tentativa e erro (HAWAWINI; VIALLET, 2007, p. 251).

Como regra para seleção de projetos para investimento, a TIR deve ser comparada ao custo de capital requerido pela organização. Os projetos são economicamente viáveis quando TIR apresenta valor superior ao custo do capital requerido. Caso contrário, o projeto tende a não adicionar valor à organização. Quando utilizada para comparação entre projetos, deve-se optar pelos projetos que apresentam maiores valores de TIR.

Como vantagens do método da TIR, Hawawini e Viallet (2007, p.252) e Brigham e Ehrhardt (2006, p.511) destacam:

- Simplicidade de cálculo e entendimento por parte dos gestores. É uma métrica que permite ordenar projetos de acordo com uma métrica de retorno sobre capital investido;
- É uma métrica de geração de valor para a organização. Existe relação entre os métodos do VPL e da TIR, dada a definição da TIR e semelhança na metodologia de cálculo. Projetos de TIR superior ao custo do capital investido oferecem oportunidade de remuneração do capital superior ao mínimo esperado pela organização, o que conforme apresentado anteriormente, cria valor para a organização;

- Considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, o modelo utiliza técnica de fluxo de caixa descontado;
- Considera o tempo de retorno dos fluxos de caixa;
- Considera, grosso modo, o risco associado ao retorno do capital investido através da comparação da TIR com o custo do capital investido, que possui uma componente de risco implícita.

Entretanto, existe um conjunto de desvantagens do modelo da TIR, conforme apresentado pelos mesmos autores. Em adição às desvantagens apresentadas pelo método do VPL, destacam-se:

- Inviabilidade de cálculo da TIR em caso de projetos com alternância de fluxos de caixa esperados negativos e positivos, pois a equação 2.14 pode apresentar múltiplas soluções, ou nenhuma solução. Nestes casos, é fortemente recomendável a utilização de outros critérios de avaliação econômica de projetos;
- Inadequação do critério da TIR para seleção de projetos mutuamente excludentes quando os fluxos de caixa apresentarem padrões de entradas e saídas expressivamente dissonantes ou diferente número de períodos. Hawawini e Viallet (2007, p.254-256) descrevem o fenômeno que, dependendo do valor do custo de capital utilizado para comparação com a TIR, o modelo da TIR apresenta resultado diferente daquele apresentado pelo modelo do VPL. Conforme sugestão dos autores e prática da indústria, sempre que for usado o modelo da TIR é aconselhável avaliar os projetos também pelo método do VPL. Caso haja contradição entre os resultados, recomenda-se utilizar o resultado indicado pelo método do VPL, pois este utiliza o custo de capital como componente do cálculo, enquanto o modelo da TIR utiliza-o apenas como critério de comparação;

Barney e Danielson (2004) avaliaram a relação entre VPL e TIR em busca de solucionar o problema de não convergência de ambos os critérios em casos de projetos mutuamente excludentes. Para tal, definiram uma métrica que relaciona ambas as medidas denominadas *Return duration*, que se assemelha ao conceito de

Duration de Macaulay, apresentada por Macaulay (1938) apud Barney e Danielson (2004). Os autores defendem que quando projetos são mutuamente excludentes e os critérios do VPL e TIR não geram o mesmo resultado, a empresa está na verdade diante de dois benefícios econômicos diferentes, que podem ser mais bem entendidos pelo *Return duration*. O projeto de maior VPL oferece maior valor econômico para a empresa, enquanto aquele de maior TIR oferece geração mais rápida de caixa.

2.2.5 Índice de Lucratividade (IL)

O IL é uma métrica mostra "a lucratividade relativa de qualquer projeto, ou o valor presente de cada dólar de custo inicial" (BRIGHAM; EHRHARDT, 2006, p.519). Consiste no quociente da somatória dos fluxos de caixa esperados pelo investimento inicial, conforme a expressão 2.15.

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1+k)^t}}{\sum_{q=1}^I \frac{FC_q}{(1+k)^q}} \quad (2.15)$$

Em que:

IL: Índice de Lucratividade;

FC_t: fluxo de caixa no período *t*;

FC_q: fluxo de caixa no período *q*;

k: Taxa de desconto dos fluxos de caixa a valor presente;

t, q: Tempo

I: Número de unidades de tempo do período de investimentos;

N: Número de unidades de tempo de duração do projeto, após período de investimentos;

Hawawini e Viallet (2007, p.258) comentam que o IL pode ser considerado uma métrica que avalia o custo-benefício do projeto, pois relaciona o retorno esperado ao investimento inicial. O critério de seleção de projetos baseado no IL determina aceitação de projetos com IL superior a 1 e rejeição nos casos contrários. Em caso de projetos mutuamente excludentes, o projeto de maior IL deve ser escolhido.

Os autores comentam que o IL compartilha as mesmas vantagens do método do VPL quando utilizado para escolha de projetos com investimento inicial de montante semelhante. É mais facilmente comunicável, pois consiste em uma métrica relativa que oferece uma visão de benefício e custo.

Entretanto, os autores também apontam uma limitação do modelo. Quando utilizado para avaliar projetos mutuamente excludentes com investimentos iniciais significativamente diferentes, os métodos do VPL e IL podem apresentar inconsistência. Do mesmo modo que em outros casos de inconsistência entre o com o VPL, a escolha deve pautar-se pelo critério do VPL, pois este oferece uma medida mais diretamente relacionada ao valor criado pelo projeto.

2.2.6 Valor de Mercado Adicionado (VMA) e Valor Econômico Adicionado (EVA)

O EVA e o VMA são medidas de desempenho financeiro que visam avaliar o valor gerado pela empresa para os acionistas. De acordo com Brigham e Ehrhardt (2006, p. 49): o principal objetivo da maioria das empresas é maximizar a riqueza dos acionistas, o que não apenas os beneficia como também favorece a alocação parcimoniosa de recursos escassos. "A riqueza do acionista é maximizada pela diferença entre o valor de mercado da ação da empresa e a quantia de capital próprio fornecida pelos acionistas. Essa diferença é chamada Valor de Mercado Adicionado (VMA)". Hawawini e Viallet completam que esta medida permite avaliar o desempenho da administração da empresa.

"Enquanto o VMA mede os efeitos dos atos da administração desde o início da empresa, o EVA se focaliza na eficiência administrativa em dado ano" (Brigham e

Ehrhardt, 2006, p. 50). O EVA permite avaliar o valor adicionado à empresa a cada ano, que pode ser calculado pela expressão 2.17. De acordo com Hawawini e Viallet (2007, p. 50), a somatória do valor presente de todos os EVAs da empresa corresponde ao VMA, conforme expressão 2.16.

$$VMA = \sum_{t=0}^N \frac{EVA_t}{(1+k)^t} \quad (2.16)$$

$$EVA_t = NOPAT_t - WACC \cdot \sum_{q=0}^I CF_q \quad (2.17)$$

$$NOPAT_t = EBIT_t \cdot (1 - IR) = (RV_t - CT_t - DP_t) \cdot (1 - IR) \quad (2.18)$$

$$DP_t = \begin{cases} d \cdot [\sum_{q=0}^t CF_q - \sum_{q=0}^t DP_q], & t \leq I \\ d \cdot [\sum_{q=0}^I CF_q - \sum_{q=0}^t DP_q], & I < t \leq T \\ 0, & t \geq T \end{cases} \quad (2.19)$$

$$WACC = \omega_D \cdot (1 - IR) \cdot \frac{D}{E+D} + \omega_E \cdot \frac{E}{E+D} \quad (2.20)$$

Em que:

VMA: Valor de Mercado Adicionado;

EVA: Valor Econômico Adicionado;

NOPAT: Net Operating Profit After Tax (Lucro operacional após impostos);

EBIT: Lucro operacional antes de impostos e encargos financeiros;

WACC: Custo Médio Ponderado de Capital;

IR: Taxa de imposto sobre lucros;

CF_q: Fluxo de Caixa no instante de tempo *q*;

RV_t: Receitas no instante de tempo *t*;

CT_t: Custo Total no instante de tempo *t*;

DP_t: Depreciação e amortização dos investimentos iniciais no instante de tempo *t*;

I: Número de unidades de tempo do período de investimentos;

N: Número de unidades de tempo (ex. meses) de duração do projeto;

T: Momento do tempo em que 100% dos investimentos iniciais foram depreciados;

d: Fator de depreciação;

k: Fator de desconto dos fluxos de caixa a valor presente;

q: Tempo durante o período de investimentos;

ω_D: Custo da dívida da empresa, calculado como a média dos custos de cada dívida de longo prazo da empresa ponderada pelo montante de cada título de dívida;

ω_E : Custo do patrimônio líquido da empresa, determinado pelo Conselho de Administração da empresa ou calculado pelo modelo de Capital Asset Pricing Model CAPM (Hawawini e Viallet, 2007);

D: Montante total de dívida de longo prazo da empresa;

E: Montante total de patrimônio líquido da empresa;

t : Tempo durante o projeto.

Os mesmos autores demonstram que maximizar o VPL da organização, ou seja, a somatória do valor presente dos fluxos de caixa da empresa é o mesmo que maximizar o VMA. Tal regra é válida também para projetos de investimento, ou seja, maximizar o VPL do portfólio de projetos no longo prazo implica na maximização do VMA da empresa. Portanto, a manutenção de um portfólio saudável é uma das principais alavancas de geração de valor na organização.

A utilização de EVA e VMA como indicadores de retorno de projetos ou portfólios é pouco comum, dado que existe o critério do VPL. A introdução de árvores de decisão e opções reais para avaliação do VPL exige que as mesmas regras sejam aplicadas para cálculo do VMA e EVA, de modo a manter o equilíbrio da relação entre ambos.

2.3 MEDIÇÃO DO RISCO DE PORTIFÓLIOS DE PROJETOS

A medição de risco é um tema amplamente tratado em finanças, e ganhou importância no âmbito da gestão de projetos nos últimos anos. Brigham e Ehrhardt (2006, p.203) definem risco conforme o dicionário Webster: "um perigo, exposição à perda ou dano. Assim, risco se refere à chance de que algum evento desfavorável ocorra". Kahraman (2001) apresenta uma definição semelhante, sendo risco a "exposição a um dano, perda ou outra consequência indesejável". Barros, Costa e Travassos (2006) definem risco de maneira mais abrangente com viés para projetos: "a probabilidade de o projeto não atingir os objetivos propostos", em linha com a visão do *Project Management Institute* apresentada na sequência.

O risco do projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto, como tempo, custo, escopo ou qualidade (ou seja, em que o objetivo de tempo do projeto é a entrega de acordo com o cronograma acordado; em que o objetivo de custo do projeto é a entrega de acordo com o custo acordado, etc.). Um risco pode ter uma ou mais causas e, se ocorrer, um ou mais impactos. (...) As condições de risco podem incluir aspectos do ambiente da organização ou do projeto que podem contribuir para o risco do projeto, como prática deficiente de gerenciamento de projetos, falta de sistemas de gerenciamento integrados, vários projetos simultâneos ou dependência de participantes externos que não podem ser controlados (Project Management Institute, 2004, p. 8).

Em resumo, o risco emerge sempre quando há uma situação de exposição a alguma incerteza. Por exemplo, a incerteza relacionada ao preço de uma commodity qualquer implica risco apenas para organizações que têm projetos cujos resultados sejam influenciados pelo preço da *commodity*. Holton (2003, p. 22) comenta que esses dois fatores, exposição e incerteza, são as duas componentes que devem ser medidas para quantificar um risco. Podem ser também chamadas de impacto e probabilidade, respectivamente.

Byrd e Drake (2006) e Brigham e Ehrhardt (2006, p. 558), entre outros, definem de modo amplo que o risco esperado de um projeto é similar ao risco de ativos financeiros no sentido em que possui componentes sistemáticas e não sistemáticas.

O risco não-sistemático é aquele específico do projeto, denominado risco isolado por Brigham e Ehrhardt (2006, p. 559). Caracteriza-se por ser um risco intrínseco ao projeto, como por exemplo, estar exposto a uma perda financeira caso atrase a chegada de determinado equipamento necessário para o andamento do projeto. Se existe incerteza com relação à entrega prevista e esta apresenta impacto financeiro potencial, há risco. E este é específico do projeto. Segundo teorias econômicas aplicadas a ativos financeiros (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 559), tais riscos podem ser minimizados através de diversificação. No caso de um conjunto de projetos, é provável que não seja possível atingir um nível de diversificação elevado o suficiente para minimizar por completo o impacto dos riscos isolados. Diferentemente de ativos financeiros em que os investidores em geral não possuem poder para influenciar o preço de um ativo específico, no caso de projetos o risco não sistemático pode ser reduzido através de ações gerenciais. Por exemplo, um planejamento abrangente e profundo, associado a uma gestão efetiva da execução, podem reduzir a componente de incerteza de um risco isolado.

O outro tipo de risco, sistemático, é aquele que em geral não pode ser minimizado por diversificação e, dificilmente, por tomada de ações gerenciais, pois transcende a esfera de controle do projeto específico e, muitas vezes, da própria organização. São riscos originados por fatores em geral externos sobre os quais a gestão é limitada, como por exemplo, a variação do preço de um insumo crítico para o projeto devido a mudanças nas condições de mercado. Em fase de planejamento, riscos desta natureza podem ser previstos e tratados caso ocorram por meio de ações pré-definidas, como planos de contingência e estratégias de *hedging*. No escopo dos riscos sistemáticos estão inclusos também os denominados riscos da empresa (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 559), que são aqueles impostos pela empresa sobre os projetos. É o caso, por exemplo, da influência de fatores organizacionais e culturais.

Em adição à visão de fatores que geram risco aos projetos, Brigham e Ehrhardt (2006, p. 559) comentam que os projetos, por sua vez, influenciam o risco de outros projetos, da empresa e até mesmo da indústria em que a organização atua, em

casos de ações de grande impacto setorial. "O risco do projeto para a organização, considerando o fato de que o projeto é apenas um ativo dentro da carteira de ativos da empresa, (...) é medido pelo impacto do projeto sobre a incerteza acerca dos rendimentos futuros da empresa" (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 559).

Hawawini e Viallet (2007, p. 538) enfatizam que, sob a premissa de que as organizações têm interesse por gerar valor, é de extrema importância avaliar de forma objetiva, analítica e quantitativa os riscos dos projetos, do portfólio, suas causas e implicações para a organização. A partir disso, é possível estabelecer mecanismos e ações gerenciais mais efetivas e eficazes de modo a maximizar o retorno dado um determinado nível de risco ou minimizar o risco para um dado retorno esperado.

Segundo Holton (2003, p. 22), a análise de risco deve ter significado para a organização, ou seja, não basta apenas mensurar o risco, mas é necessário interpretá-lo confrontando-o com os objetivos da organização. No processo de estruturação da plataforma de gestão de riscos do portfólio de projetos, é necessário definir um modelo que relacione as componentes de risco e retorno a indicadores da empresa que façam sentido para os gestores.

De acordo com Luenberger (1998, p. 169), o risco de um portfólio é decorrente do risco dos ativos que o compõe, o que é válido para as diversas alternativas de investimento, seja ativos financeiros ou projetos. Portanto, devem-se tratar inicialmente as técnicas de modelagem de avaliação de riscos em projetos para, na sequência, estruturar o modelo de mensuração do risco do portfólio.

2.3.1. Modelagem para quantificação dos riscos

Nas análises de viabilidade de investimentos apresentadas pelos diversos autores, como por exemplo, Brigham e Ehrhardt (2006, p. 559) e Hawawini e Viallet (2007, p. 218), o risco é considerado, via de regra, por meio de duas principais componentes

da análise: as estimativas de fluxo de caixa e a taxa de desconto que traz os valores de fluxo de caixa ao valor presente.

Trigeorgis (1996) avalia que a natureza dinâmica dos mercados gera incertezas com relação a resultados futuros e estas se materializam nas estimativas de fluxo de caixa dos projetos. As incertezas podem ser representadas através de processos estocásticos ou de conjuntos Fuzzy. Enquanto a primeira metodologia se refere à probabilidade de ocorrência de eventos, a segunda trata de grau de pertinência em relação do um conjunto referência. A maior parte dos autores modela incertezas de fluxo de caixa como processos estocásticos, dado que está mais relacionada à probabilidade de ocorrência de eventos futuros do que incertezas de classificação ou grau de pertinência. Além disso, a gama de ferramentas desenvolvidas para lidar com processos estocásticos é muito mais ampla do que com conjunto fuzzy. No início do capítulo de referências bibliográficas, encontram-se descritos os trabalhos de Carlsson et al. (2007) e Hwang e Wang (2005), que utilizam lógica fuzzy para modelar incertezas na avaliação de projetos.

Para a avaliação do risco, ou seja, como as incertezas e a exposição se combinam para afetar os resultados esperados do projeto, as técnicas mais utilizadas para análise de risco em tais situações são Análise de Sensibilidade, Análise de Cenários e Simulação de Monte Carlo (Brigham e Ehrhardt, 2006).

Brigham e Ehrhardt (2006) conceituam a análise de sensibilidade como "uma técnica que indica quanto o VPL mudará em resposta a uma dada mudança em uma variável de entrada, enquanto outros fatores permanecem constantes". A partir dos valores esperados das variáveis de entrada, ou seja, dos fluxos de caixa, da taxa de desconto, etc., é definido um caso-base. Então, "cada variável é mudada em vários pontos percentuais acima e abaixo do valor esperado, mantendo-se todas as outras constantes". O efeito de cada variável sobre o VPL é analisado e, a partir disso, o analista identifica os principais pontos de atenção ou elementos que exigem detalhamento em determinada análise de viabilidade.

Como técnica para comparação do nível de risco de diferentes projetos, deve-se avaliar a variação do VPL de cada projeto em função das mudanças das variáveis. Aqueles que apresentarem maior variação são considerados mais arriscados (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 560). Tal abordagem tem a vantagem de ser de fácil entendimento e "seja provavelmente a técnica mais amplamente usada para análise de risco", mas é extremamente simplista e apresenta severas limitações:

- A avaliação da influência no VPL deve ser realizada para cada variável, uma a uma, ou seja, não são avaliados efeitos de mudanças conjuntas entre as variáveis;
- Dificuldade de definição de um critério único de comparação, dado que cada projeto é influenciado por mais de uma variável de entrada e diferentes projetos, por diferentes variáveis;
- A variação imposta às variáveis para avaliação dos efeitos no VPL pode até ter embasamento em outros projetos ou em informações de mercado, mas sempre estarão sujeitas a considerações subjetivas.

Uma alternativa à análise de sensibilidade, que também é amplamente adotada, é a análise de cenários, que "incorpora probabilidades de mudança nas principais variáveis e permite mudar mais de uma variável ao mesmo tempo" (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 560). A partir de um caso-base, os cenários são definidos a partir da mudança de um conjunto de variáveis de entrada, simultaneamente. É muito corriqueiro serem estabelecidos dois cenários alternativos em relação ao caso-base, um otimista e um pessimista. Pode-se atribuir probabilidades a cada cenário e calcular um VPL consolidado pela média ponderada de cada resultado vezes a respectiva probabilidade.

Apesar de oferecer maior flexibilidade para o analista, a análise de cenários é limitada, pois considera um pequeno número de cenários de resultados (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 563), dado que o estabelecimento de múltiplos cenários pode ser uma atividade extenuante com resultados pouco práticos. Além disso, o estabelecimento dos cenários pode envolver muitos critérios subjetivos, que quando compostos podem representar distorções consideráveis ao resultado.

A Simulação de Monte Carlo, apresentada em 2.2.6.3, como método alternativo para valoração de opções reais, permite variar valores nas diferentes variáveis de entrada e capturar o respectivo conjunto de resultados da saída. A distribuição de probabilidade da saída, então, pode ser utilizada para avaliar o valor esperado de retorno do projeto ou do portfólio e uma medida de dispersão dos resultados da saída pode oferecer uma medida de risco (Brigham e Ehrhardt, 2006, p. 564).

A outra componente que possibilita avaliação do risco de determinado projeto é a taxa de desconto. De acordo com Cohen e Eschenbach (2006), que desenvolveram um amplo estudo sobre as diferentes formas de definir a taxa de desconto para avaliação de projetos, "uma parte essencial do problema de alocação de capital é a definição da taxa de desconto a utilizar". Os autores comentam que "usualmente, a taxa de desconto está baseada do custo médio ponderado do capital da organização". Consolidando as observações dos mencionados autores com aquelas feitas por Myers (1976) apud Trigeorgis (1996), é possível identificar as seguintes alternativas de definição da taxa de desconto, cada qual com respectivas limitações:

- Custo de Capital Médio Ponderado (WACC): média ponderada entre o custo do capital próprio e custo da dívida, definido pelo valor médio ponderado dos custos das dívidas da empresa considerando-se os benefícios tributários e custo do capital calculado através do CAPM - Capital Asset Pricing Model, APT - Arbitrage Pricing Theory ou simplesmente definido pelo Conselho de Acionistas da empresa. A utilização do WACC é muito comum, mas questionada por pesquisadores devido à utilização de dados contábeis ajustados ou não conciliados, critérios subjetivos de definição do custo do capital próprio pelo Conselho de Acionistas, utilização de dados históricos para avaliar tendências futuras, dificuldade de identificação de dados de mercado suficientemente completos para avaliação de correlações, etc. (Cohen e Eschenbach, 2006).
- Custo de Capital Médio Ponderado ajustado pelo risco do projeto (WACC-R): metodologia semelhante à anterior, mas o cálculo do custo do capital próprio considera a correlação entre o projeto e um ativo do mercado, de modo a se

considerar o risco específico do projeto. De acordo com Brigham e Ehrhardt (2006, p. 578), identificar um ativo semelhante no mercado e avaliar a correlação é de elevada complexidade. Myers (1976) apud Trigeorgis (1996) complementa que, caso seja considerado risco na projeção dos fluxos de caixa, seja através de árvores de decisão ou outros métodos de ajuste, a taxa de desconto não deve incorporar o risco, de modo a não haver dupla contagem do risco.

- Taxa de retorno de atratividade mínima: a partir do ordenamento dos projetos da maior TIR para a menor, define-se uma linha de corte devido à limitação de orçamento; toma-se a taxa de retorno do último projeto que seria aprovado, dado a limitação do orçamento, e a considera a taxa de desconto a ser aplicada para o conjunto de projetos analisados. Cohen e Eschenbach (2006) comentam que esta técnica é questionável por não definir um critério absoluto no tempo, pois diferentes conjuntos de projetos gerariam diferentes taxas.
- Taxa livre de risco: a utilização desta taxa para desconto de fluxos de caixa apresenta o inconveniente de gerar resultados incoerentes para avaliação de geração de valor pelo acionista. Conforme Myers (1976) apud Trigeorgis (1996) apresenta, a taxa livre de risco não reflete o valor que os donos da empresa têm interesse de retorno do investimento, ou seja, o Valor Presente Líquido calculado de tal forma não apresenta significado claro. O acionista tem uma demanda de retorno, que se não for adequadamente considerada pelos administradores no processo de avaliação de investimentos, pode comprometer a rentabilidade do negócio no longo prazo.

Dadas as alternativas apresentadas e respectivas limitações, fica evidente que não existe um consenso sobre qual taxa de desconto seria mais adequada para avaliação de investimentos em projetos. Dado que na indústria em geral o Conselho de Acionistas abrange os principais interessados na rentabilidade do negócio, é natural que possua a prerrogativa de definir uma componente significativa do custo de capital da organização. Portanto, entende-se que a taxa mais adequada para desconto de fluxos de caixa é aquela mais comumente utilizada na indústria, ou

seja, o custo médio ponderado do capital após os impostos com o custo do capital próprio definido pelo Conselho de Acionistas.

2.3.2. Mensuração do risco

2.3.2.1 Medidas estatísticas tradicionais

Holton (2004, p. 23) diferencia os conceitos de medida e métrica de risco: medida é o processo e a operação matemática que atribui um valor e métrica consiste na interpretação do valor medido. O autor defende que as métricas podem ser de três tipos: aquelas que quantificam exposição, as que quantificam incerteza e aquelas que quantificam ambos de maneira combinada. As métricas de incerteza são definidas predominantemente através de estatísticas sobre distribuições de probabilidade.

"O método tradicional de medição de risco consiste em avaliar a flutuação do retorno de um investimento em relação ao valor esperado. Em outras palavras, (...) a variância e o desvio padrão (...) são medidas de risco" (LI; LI, WAN, 2003). O modelo de Markowitz, por exemplo, baseia-se no conceito de portfólios otimizados através de métricas de retorno e variância. De acordo com Holton (2004), variância é um parâmetro que avalia a dispersão de uma distribuição de probabilidade. Denotada por σ^2 ou $var(X)$, sendo X uma variável ou vetor aleatório, $E(X)$ denota o valor esperado da variável aleatória, $\mu(X)$ a média e N o número de elementos da amostra, a variância é definida conforme a expressão 2.21.

$$var(X) = E[(X - \mu)^2] = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2 \quad (2.21)$$

O desvio padrão, σ ou $std(X)$, que representa uma medida de dispersão na mesma unidade do valor esperado, é definido conforme a expressão 2.22.

$$std(X) = \sqrt{var(X)} \quad (2.22)$$

Li, Li e Wan (2003) comentam que a utilização de variância ou desvio padrão como medidas de risco apresentam três limitações:

- Consideração de que existe um valor-alvo para o retorno do investimento, no caso, o valor esperado, o que de certa forma é contra intuitivo em relação à visão de que o risco implica possível não alcance do valor esperado;
- Utilização de flutuação como uma medida de risco, ou seja, tanto variações positivas, que são do interesse do investidor, como variações negativas, aquelas que o investidor de fato não tem interesse, são quantificadas e consideradas no modelo;
- Investimentos em geral são feitos em visão de múltiplos períodos; as medidas de flutuação consideram implicitamente que o risco cresce com o passar do tempo, o que não necessariamente é verdade dado que não há motivo para um investimento se tornar mais arriscado meramente devido à evolução dos períodos.

O próprio Markowitz considerou que a utilização da variância como medida de risco apresentava limitações e sugeriu que uma medida de semi-variância seria mais adequada. Na época, entretanto, limitações computacionais inviabilizavam a utilização da semi-variância como medida de risco e o modelo da Teoria Moderna do Portfolio continuou a considerar a variância como medida de risco (LI, LI, WAN, 2003; GUSTAFSSON, SALO, 2005). A expressão 2.23 apresenta a fórmula para cálculo da semi-variância. Apesar de eliminar a segunda limitação apresentada para o caso da variância, a semi-variância não elimina as demais.

$$SemiVar = E\{[\min(R_i - B, 0)]^2\} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N [\min(R_i - B, 0)]^2 \quad (2.23)$$

Nessa expressão, R é um vetor de resultados, B é um valor de referência em relação ao qual se deseja avaliar os resultados negativos e N o número total de amostras. Quando $B=\mu$, temos a expressão da semi-variância comum que avalia a distribuição de resultados abaixo da média μ .

Com base no conceito da semi-variância e na proposta de médias parciais apresentado por Buck e Asking (1986), Li, Li e Wan (2003) definiram uma medida de risco que consiste no quociente da semi-variância de todos os elementos da amostra pela semi-variância dos elementos até um determinado nível de confiança. Tal medida elimina as três limitações da variância, mas apresenta elevada complexidade matemática para utilização com diferentes tipos de distribuição de probabilidade, principalmente quando se tratando de variáveis aleatórias em tempo contínuo. Gustafsson e Salo (2005) também utilizaram a semi-variância como medida de risco para otimização em um modelo que visava maximizar a diferença entre retorno e risco.

2.3.2.2 Value at Risk e extensões

Como alternativa às estatísticas de dispersão, profissionais do mercado financeiro encontraram uma forma de avaliar o potencial de perda em portfólios. A medida de risco utilizada para tal foi denominada Value at Risk (VaR) (LINSMEIER; PEARSON, 1996). A medida do VaR permite responder, por exemplo, a seguinte questão: "Qual o montante financeiro que posso perder em um horizonte de tempo com meu atual portfólio, dado um determinado intervalo de confiança"?

Holton (2004) define que VaR é uma categoria de medidas de risco de mercado, ou seja, visa avaliar a exposição a incertezas de mercado. Para se especificar uma medida de VaR, devem-se definir quatro elementos:

- o horizonte de tempo para o qual se deseja avaliar o potencial de perdas (por exemplo, um dia, uma semana, um mês);
- uma função ou distribuição que permita definir o valor atual do portfólio;
- um intervalo de confiança para o resultado a obter;
- a moeda em que o valor do portfólio é quantificado.

Uma métrica de risco associada ao Value at Risk que tem sido cada vez mais utilizada é o Value at Risk Condicional, denominado *Conditional Value at Risk (CVaR)*. Esta métrica busca avaliar a média do valor que se espera perder em determinado horizonte de tempo e pode ser calculada como a média entre o valor do Value at Risk e o valor extremo negativo da distribuição de probabilidades.

Existem três principais metodologias para cálculo do Value at Risk: simulação histórica, variância-covariância e simulação de Monte Carlo.

De acordo com Linsmeier e Pearson (1996), o método da simulação histórica é simples e não necessita de informações sobre a distribuição de probabilidade do ativo de referência. Em essência, consiste em tomar dados históricos de retorno para construir uma estimativa de distribuição do retorno futuro e considerar que o Value at Risk corresponde ao valor de perda excedido em apenas 5% das ocorrências. Na prática, tal método pode ser aplicado em cinco passos:

- Identificar os fatores de mercado que causam modificação do valor do portfólio e definir a relação (em geral matemática) entre o valor do portfólio e os fatores de mercado;
- Obter dados históricos dos fatores de mercado identificados, em periodicidade idêntica àquela que se deseja calcular o VaR por um horizonte de tempo representativo (por exemplo, mínimo de 100 amostras);
- Avaliar a mudança no valor do portfólio de acordo com os dados históricos obtidos, ou seja, para cada amostra de dados históricos, estimar o montante financeiro que seria adicionado ou reduzido do portfólio caso tais variações ocorram;
- Ordenar as variações de montante financeiro do portfólio, da mais positiva para a mais negativa;
- Tomar o valor correspondente ao percentual de perda que não se deseja exceder; no caso de 100 amostras e avaliação de perda excedida em apenas 5% das ocorrências, tomar-se-ia o quinto maior valor de ganho ou perda para representar o Value at Risk;

O método apresenta a vantagem de ser flexível e não depender de distribuições de probabilidade definidas a priori, entretanto sua implementação exige que exista no mercado dados históricos da variação dos fatores que induzem as mudanças no valor do portfólio.

O segundo método, denominado Variância / Covariância, baseia-se na premissa de que os fatores de mercado seguem distribuição normal. Uma vez identificada a distribuição das variações de cada fator de mercado, é estabelecida a relação deles com o valor do portfólio. Utilizam-se, então, propriedades da distribuição normal para avaliar o Value at Risk. A expressão 2.24 representa a fórmula para cálculo do valor em risco considerando-se nula a média da distribuição, sendo 1,65 o coeficiente extraído da distribuição normal que toma o valor de perdas relativo a 95% das ocorrências e σ o desvio padrão.

$$\text{Value at Risk} = 1,65 \cdot \sigma \quad (2.24)$$

O coeficiente de 1,65 pode ser alterado de acordo com o percentual de perdas que se deseja avaliar. Este número é válido, especificamente, quando se deseja avaliar o potencial de perdas do portfólio considerando-se 95% de probabilidade de ocorrência. Caso haja interesse em avaliar utilizando-se 99%, deve-se tomar outro coeficiente, no caso, 2,33.

O método da Variância / Covariância é útil apenas para os casos em que a distribuição de retornos apresenta tendência de normalidade. É um método simples que permite calcular o Value at Risk rapidamente.

O método de Simulação de Monte Carlo para cálculo do Value at Risk é semelhante àquele da simulação histórica, uma vez que consiste em identificar os fatores de mercado que influenciam o valor do portfólio, definir as relações matemáticas para simulação do valor do portfólio, aplicação de uma técnica e simulação e avaliação do resultado. A diferença reside no fato de que a simulação histórica utiliza dados históricos dos fatores de mercado para simulação, enquanto no presente método são utilizadas amostras aleatórias nas variáveis de entrada e é armazenado o

resultado da saída. Com um número grande de simulações é viável avaliar a distribuição da saída e identificar o Value at Risk.

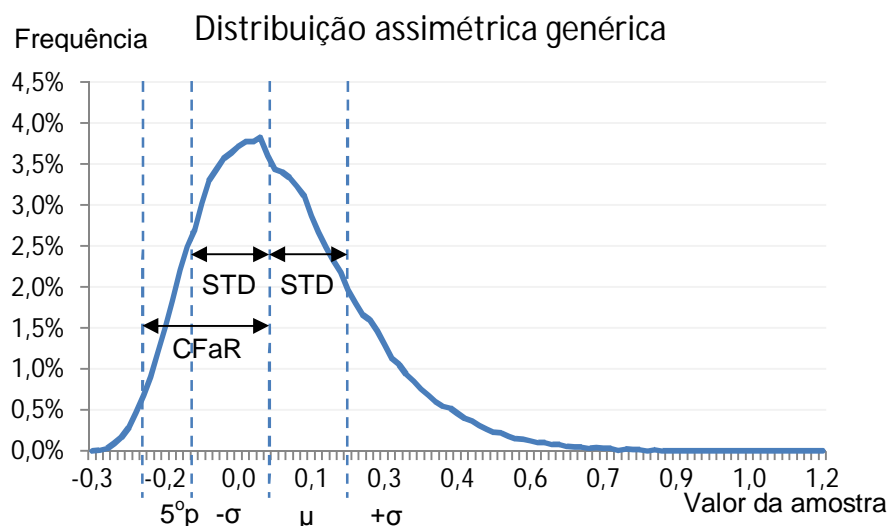
Tal método de simulação apresenta vantagens em relação aos dois anteriores, pois permite a utilização de diferentes distribuições de probabilidade nas variáveis de entrada e oferece uma gama de resultados mais ampla, em vez de apenas basear-se em um número pequeno e finito de amostras históricas. Para o caso de avaliação de projetos, Simulação de Monte Carlo é o método mais adequado para avaliação de Value at Risk (LINSMEIER; PEARSON, 1996).

Além da medição do valor em risco, existe muitas vezes o interesse em se avaliar os resultados do portfólio em condições extremas de mercado. Linsmeier e Pearson (1996) apresentam duas metodologias para identificação de tais valores: teste de estresse, que consiste em definir cenários de mercado muito adversos e avaliar o resultado do portfólio nessas condições, e análise de sensibilidade, para avaliar o impacto no portfólio de mudanças específicas em fatores do mercado.

As metodologias apresentadas, principalmente as duas primeiras, não se aplicam para avaliação de projetos, pois é muito raro haver dados históricos de projetos semelhantes para avaliar o risco de um projeto e as distribuições de probabilidade não tendem a seguir condições de normalidade. Mesmo a utilização da Simulação de Monte Carlo exige algumas customizações. Linsmeier e Pearson (1996) apresentam o conceito de Cash Flow at Risk (CFaR), uma extensão do VaR para abranger fatores que influenciam o fluxo de caixa do investimento e não necessariamente estão ligados a mercado, como por exemplo incertezas relacionadas à capacidade de produção. O CFaR consiste no desvio em relação ao valor esperado da distribuição, ou seja, consiste na diferença da média pelo i -ésimo percentil da distribuição. O CFaR pode ser considerado uma estatística de dispersão da distribuição, sendo, portanto de aplicação geral, independente da distribuição de probabilidade utilizada. Para o cálculo do CFaR, é necessário que haja uma distribuição pré-definida, mesmo que seja um conjunto de valores em função da variação de um parâmetro. Por exemplo, a Figura 1 apresenta o CFaR de uma distribuição genérica, calculado como a diferença do valor da média pelo 5º percentil

da distribuição (dado que o intervalo de confiança foi definido em 95%). Caso o intervalo de confiança fosse 99%, dever-se-ia tomar o valor do 1º percentil da distribuição. Esta metodologia se aplica melhor ao contexto de projetos, pois estes em geral são influenciados por fatores internos da empresa, disponibilidade de tecnologia, entre outros.

Figura 1: Distribuição assimétrica genérica que apresenta a visualização gráfica das duas principais estatísticas de risco discutidas: o Desvio Padrão e o Cash Flow at Risk (uma extensão do Value at Risk). Legenda: μ = Média; σ = Desvio Padrão; 5º p = Quinto percentil; STD = Desvio Padrão; CFaR = Cash Flow at Risk.



A principal diferença entre VaR e CFaR é que este é uma medida relacionada ao valor presente de fluxos de caixa esperados e refere-se a todo o horizonte do investimento, enquanto o primeiro é uma medida de risco sobre valores marcados a mercado e o horizonte de tempo é pequeno, tipicamente mensal ou diário. Dado que projetos em geral não têm seus valores marcados a mercado, pela dificuldade de se identificar um ativo comparável no mercado, são avaliados através de fluxo de caixa descontado, a aplicação do CFaR é mais adequada.

Outras variações do VaR são apresentadas por Yoshifuji (1997), Kozlowski, Piesiewicz e Weron (2004) e Dorris e Dunn (1999). Os autores introduzem variações de VaR relacionadas a outras métricas financeiras das empresas, como por exemplo, Lucro bruto at Risk e Lucro líquido at Risk. Essa prática pode ser estendida

para outras medidas, como Lucro antes dos impostos, encargos financeiros, depreciação e amortização (EBITDA at risk) ou Valor econômico adicionado (EVA at risk). A regra de apuração dessas medidas é a mesma do CFaR, o que varia é a métrica financeira em questão.

Better e Glover (2006) aplicam o conceito de Cash Flow at Risk em um conjunto de modelos para avaliar o resultado da otimização dado diferentes condições. Além de avaliar o resultado de um portfólio de projetos conforme o modelo de Markowitz, ou seja, maximizar o valor esperado do portfólio limitando a variância a um determinado patamar, foram avaliados os casos alternativos de estabelecer limite inferior para o VPL (dado um determinado nível de confiança, como 95% por exemplo) e também maximizar a probabilidade de ocorrência de VPL acima de um determinado patamar. A visão de CFaR também foi explorada em um caso adicional em que se buscou maximizar o VPL, condicionado à probabilidade de $VPL < 0$ inferior a 1%. Conforme apresentado, estes critérios alternativos de otimização apresentam resultados superiores àqueles apresentados por Markowitz.

2.4 CRITÉRIOS QUE MESCLAM RISCO E RETORNO

Apesar de as métricas de retorno poderem ser utilizadas independentemente como critérios para composição de carteiras, elas podem ser combinadas com estatísticas de risco. Esta abordagem pode ser implementada de três principais formas:

- Utilizar a métrica de retorno na função objetivo do modelo de otimização e a estatística de risco como condição restritiva. Better e Glover (2006) aplicaram esta abordagem, buscando maximizar a média do Valor Presente Líquido da carteira dada a condição de que o Desvio Padrão do VPL deveria ser inferior a um valor pré-definido;
- Considerar a estatística de risco como uma variável de análise independente da métrica de risco, gerando, por exemplo, uma visão de fronteira, conforme Figura 2. A carteira a ser escolhida pertence à curva da fronteira, e sua

escolha está sujeita à predefinição do nível máximo de risco a ser aceita pela organização, que pode ser definida por uma função utilidade que represente o apetite a risco da organização. O modelo proposto por Markowitz utiliza esta abordagem.

- Utilizar um indicador que concilia a métrica de retorno e a estatística de risco. Better e Glover (2006) implementaram esta abordagem quando maximizaram a diferença entre a Média e o Desvio Padrão da Distribuição de Probabilidade. Outro indicador pode ser definido pelo quociente da métrica de retorno pela estatística de risco, como por exemplo, a divisão da Média pelo Desvio Padrão da Distribuição. Os indicadores do tipo quociente apresentam a vantagem de não considerar o montante financeiro de retorno e risco, o que traz maior comparabilidade entre as carteiras. Por exemplo, o risco de uma carteira com Média \$ 100 e Desvio Padrão \$50 é proporcionalmente maior do que o risco de uma carteira com Média \$ 1.000 e Desvio Padrão \$ 100. Neste exemplo, o indicador que considera a diferença selecionaria a primeira carteira, dado que a diferença de \$ 50 é inferior à diferença de \$ 900 da segunda carteira. O indicador que considera o quociente selecionaria adequadamente a segunda carteira, dado que tem potencial de gerar valor muito superior à primeira.

As duas primeiras abordagens impõem o desafio de definir o limite de risco tolerável pela organização. O processo de decisão envolve responder questões do estilo “Qual o apetite de risco da organização?” ou “Qual o maior nível de risco que devemos assumir para atingir nossos objetivos estratégicos?”. A terceira abordagem trata esta questão implicitamente, pois na prática, ela seleciona a carteira que tenha maior retorno por unidade de risco.

Seguem, nas expressões 2.25 e 2.26, dois indicadores que são comumente aplicados para implementar a terceira abordagem. O RAROC (Retorno do Capital Ajustado ao Risco), em especial, foi utilizado por Prokopczuk, Rachev e Träuck (2004) para compor carteiras.

$$STD = \frac{\mu(X)}{\sigma(X)} \quad (2.25)$$

$$RAROC = \frac{\mu(X)}{CFaR(X)} = \frac{\mu(X)}{\mu(X) - ithP(X)} \quad (2.26)$$

Em que:

STD: Índice de Desvio Padrão;

RAROC: Retorno do Capital Ajustado ao Risco;

$\mu(X)$: Valor esperado da distribuição de probabilidade da variável aleatória X ;

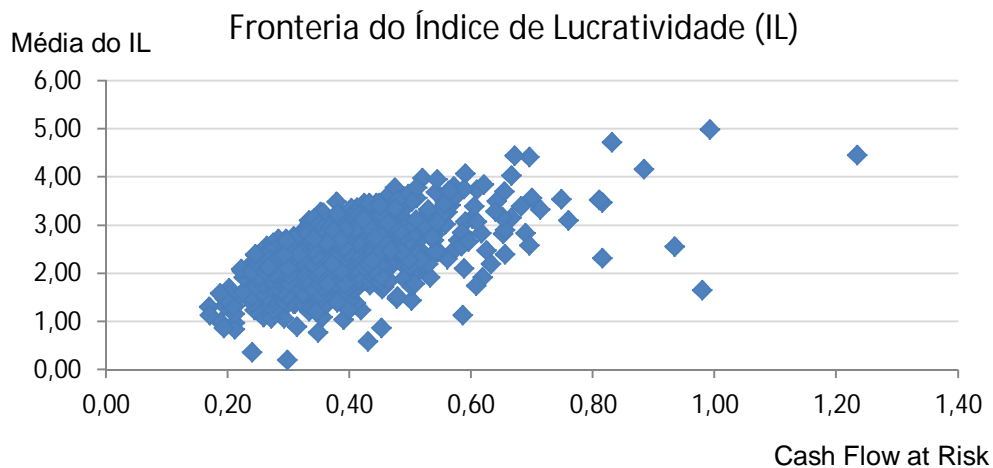
$\sigma(X)$: Desvio Padrão da distribuição de probabilidade da variável aleatória X ;

CFaR(X): Cash-flow at Risk da distribuição de probabilidade da variável aleatória X ;

ithP(X): i -ésimo percentil da distribuição de probabilidade da variável aleatória X (ex. 5º percentil para intervalo de confiança de 95%, ou 1º percentil para intervalo de confiança de 99%);

X : Qualquer métrica de retorno, como por exemplo, VPL, TIR, IL, Período de Retorno ou VMA.

Figura 2: Visualização de uma distribuição genérica de carteiras de acordo com as variáveis de retorno (Média do Índice de Lucratividade) e risco (Cash Flow at Risk do Índice de Lucratividade). A figura ilustra a visualização de uma fronteira definida pelas carteiras de maior retorno para cada ocorrência de risco. A seleção de uma carteira em um contexto como este implica definir o nível de risco aceitável pela organização.



Na Figura 2, encontra-se ilustrado um exemplo de fronteira de risco-retorno. Enquanto o portfólio encontra-se fora da fronteira eficiente, é possível obter maiores retornos mantendo-se o mesmo risco. Portanto, em toda análise de investimento de risco-retorno, é necessário avaliar a fronteira eficiente e buscar portfólios que nela estejam contidos.

A utilização de critérios que combinam risco e retorno é importante para evitar a priorização de carteiras compostas majoritariamente por projetos de elevado risco. Um modelo que tem sido utilizado pelas empresas consiste em definir uma função convexa, que combine risco e retorno, com perfil definido pela curva de utilidade, ou seja, colocando-se como restrição o máximo risco tolerável pelos acionistas ou outra restrição que exprima as preferências dos líderes da empresa.

3 METODOLOGIA E MODELO DE SIMULAÇÃO

O capítulo apresenta em detalhes o modelo desenvolvido e as características e premissas dos projetos utilizados para análise das carteiras resultantes de cada critério de seleção.

3.1 OBJETIVO DA SIMULAÇÃO

A simulação tem por objetivo comparar as características das carteiras selecionadas pelos diferentes critérios de seleção, que são baseados em métricas de retorno e de risco. As métricas de retorno escolhidas foram aquelas apresentadas na revisão bibliográfica: Valor Presente Líquido (VPL) sem Opções Reais, Valor Presente Líquido (VPL) com Opções Reais, Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Lucratividade (IL), Período de Retorno Ajustado (APBK) e Valor de Mercado Adicionado (VMA). As métricas de risco selecionadas foram Desvio Padrão (STD) e Cash Flow at Risk (CFaR).

O método de simulação escolhido foi o de Monte Carlo, pelas características e vantagens apresentadas no Capítulo 2, predominantemente por oferecer maior flexibilidade para modelagem e avaliação de projetos com diferentes naturezas de fluxo de caixa. A simulação foi realizada sobre um conjunto de variáveis aleatórias que representam as incertezas dos fluxos de caixa dos projetos.

De modo a avaliar as implicações estratégicas de cada critério de seleção de projetos, foi definido um conjunto de dez projetos, que quando combinados formam carteiras. Apesar de as grandes empresas possuírem dezenas de projetos de investimento em avaliação e em desenvolvimento, no presente trabalho optou-se por limitar o número de projetos a dez, para avaliar exaustivamente todas as combinações possíveis e para focar o trabalho nos critérios de seleção de projetos. O modelo implementado simulou as métricas de retorno e de risco para os

1023 portfolios compostos pela combinação dos dez projetos. Para maiores números de projetos, recomendar-se-ia adicionar técnicas de otimização em conjunto com a simulação, e modo a reduzir o tempo de processamento (Kitanidis e Philbrick, 1999).

Após avaliar as carteiras formadas por todas as combinações possíveis de projetos, ou seja, 1023 possibilidades, foram realizadas avaliações sobre cinco conjuntos distintos de projetos, com o objetivo das testar a generalidade das conclusões obtidas com a simulação inicial. A diferenciação dos projetos foi realizada variando-se parâmetros de montante de investimento e incertezas sobre receitas e custos.

3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo simulou cada uma das 1023 carteiras de projetos possíveis de serem compostas pelos 10 projetos em avaliação, considerando-se todas as combinações possíveis. Para cada carteira, foi gerada uma distribuição de probabilidade com 500 amostras de cada métrica de retorno. O número de 500 amostras foi definido a partir da avaliação do número mínimo de amostras necessário para gerar diferenças na média inferiores a 1% entre uma simulação e outra - critério considerado adequado por Better e Glover, 2006. A partir das distribuições de cada métrica, foram obtidos os valores de Média, Desvio Padrão e 5º Percentil, este último utilizado para o cálculo do Cash Flow at Risk. O modelo foi implementado de acordo com as etapas descritas a seguir e pode ser aplicado para quaisquer conjuntos de projetos, independente de setor, prazo ou tamanho.

O fluxo de caixa de cada projeto foi calculado em base mensal, por um período de 10 anos, de acordo com a expressão 3.1. Utilizando-se o fluxo de caixa, foram calculadas as métricas de retorno, exceto o VMA, cujo cálculo utiliza EVA em vez de fluxo de caixa. A fórmula de EVA utilizada nas simulações apresenta-se descrita na expressão 3.2.

$$FC_{t,i} = RC_{t,i} - CT_{t,i} - IV_{t,i} \quad (3.1)$$

Em que:

FC_t : Fluxo de caixa do projeto no mês t ;
 RC_t : Receita do projeto no mês t ;
 CT_t : Custo Total do projeto no mês t ;
 IV_t : Investimentos do projeto no mês t ;
 t : Instante de tempo, medido em meses.
 i : Índice do projeto;

Para implementar o fluxo de caixa da expressão 3.1, é necessário considerar a estrutura dos projetos simulados. Cada projeto foi modelado de modo a possuir 4 fases, duas de investimentos iniciais, uma operacional (em que se realizam receitas, custos e investimentos recorrentes) e uma final (tipicamente, o último mês do projeto, quando são auferidas despesas extraordinárias para finalização do projeto e receitas decorrentes de venda de ativos não depreciados). A definição de duas fases iniciais de investimento decorre do fato de que em projetos grandes nos setores de infraestrutura e mineração, por exemplo, a fase de investimento na estrutura produtiva tipicamente é precedida por um longo estudo de viabilidade (MOEL; TUFANO, 2000). Este estudo por si só pode ser considerado uma fase de investimento, antes da fase de investimentos relevantes para construir a estrutura produtiva.

Nas primeiras duas fases do projeto, os investimentos apresentados na Tabela 1 são realizados durante o número de meses de cada fase. Ambos os períodos de investimento foram considerados necessariamente contíguos. Por exemplo, a primeira fase do Projeto 2 teve 4 meses de duração, durante os quais foram investidos \$ 40,1 milhões (aproximadamente \$ 10 milhões por mês). O mesmo projeto apresentou uma segunda fase de investimento, que teve 5 meses de duração e na qual foram investidos \$ 14,1 milhões adicionais.

Tabela 1: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Duração do projeto (N) ¹⁾ | 16 | 24 | 16 | 13 | 14 | 16 | 16 | 9 | 22 | 26 |
| Fase 1 – duração (N ₁) ²⁾ | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 |
| Fase 2 – duração (N ₂) | 1 | 5 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Fase 1 – investimento (I ₁) ³⁾ | 36,1 | 40,1 | 17,4 | 35,1 | 7,9 | 8,7 | 23,5 | 20,1 | 15,1 | 14,1 |
| Fase 2 – investimento (I ₂) | 15,0 | 14,1 | 55,4 | 12,7 | 44,8 | 24,0 | 28,5 | 22,5 | 22,1 | 49,3 |

¹⁾ Duração total do projeto, em meses (ex. Projeto 1 tem duração de 16 meses);

²⁾ Duração da fase 1 de investimentos do projeto, em meses (ex. Fase 1 do Projeto 1 tem duração de 3 meses);

³⁾ Montante de investimento a ser dispendido na fase 1 do projeto, em \$ milhões (ex. montante total de investimento durante a Fase 1 do Projeto 1 é de \$ 36,1 milhões).

Durante as fases de investimento, os fluxos de caixa do projeto são compostos apenas por desembolsos de caixa para realização de investimentos, sem haver receitas ou custos. A expressão 3.2 define o cálculo realizado para estas duas primeiras fases de projeto.

$$IV_{t,i} = \begin{cases} I_{1,i} / N_{1,i}, & t \leq N_{1,i} \\ I_{2,i} / N_{2,i}, & N_{1,i} < t \leq N_{2,i} \\ RI_i, & t > N_{2,i} \end{cases} \quad (3.2)$$

Em que:

N1: Número de meses da primeira fase de investimento do projeto;

N2: Número de meses da segunda fase de investimento do projeto;

I1: Montante financeiro total investido na primeira fase de investimento do projeto;

I2: Montante financeiro total investido na segunda fase de investimento do projeto;

RI: Investimentos recorrentes (durante a fase operacional do projeto);

t: Tempo, em meses;

i: Índice do projeto;

Após as duas fases de investimento, o projeto inicia a fase operacional, em que passa a realizar receitas, gerar custos e demandar investimentos recorrentes (em montantes tipicamente inferiores aos investimentos iniciais, por serem investimentos incrementais em manutenção ou pequenas expansões). As receitas e os custos são calculados de acordo com as expressões 3.3 e 3.4, respectivamente. Os investimentos recorrentes correspondem aos montantes expostos na Tabela 2.

$$RC_{t,i} = R_i \cdot (1 + \alpha_{v,i} \cdot u_{v,i}) \cdot (1 + \alpha_{p,i} \cdot u_{p,i}) \cdot \frac{1}{N_{3i}}, \quad t \leq N_{3,i} \quad (3.3)$$

$$CT_{t,i} = C_i \cdot [\varphi_i \cdot (1 + \alpha_{v,i} \cdot u_{v,i}) + (1 - \varphi_i) \cdot (1 + \alpha_{c,i} \cdot u_{c,i})] \cdot \frac{1}{N_{3i}}, \quad t \leq N_{3,i} \quad (3.4)$$

Em que:

RC_t : Receita do projeto no mês t ;

CT_t : Custo total do projeto no mês t ;

R : Receita total do projeto (premissa exposta na Tabela 2);

C : Custo total do projeto (premissa exposta na Tabela 2);

α_v : Intensidade da incerteza no volume de vendas (premissa exposta na Tabela 3);

α_p : Intensidade da incerteza no preço de vendas (premissa exposta na Tabela 3);

α_c : Intensidade da incerteza nos custos fixos (premissa exposta na Tabela 3);

u_v : Amostragem da variável aleatória para cálculo da incerteza no volume de vendas;

u_p : Amostragem da variável aleatória para cálculo da incerteza no preço de vendas;

u_c : Amostragem da variável aleatória para cálculo da incerteza nos custos fixos;

φ : Percentual do custo variável em relação ao custo total;

N_3 : Número de meses da fase operacional do projeto (duração total do projeto subtraída da duração das duas fases de investimento);

t : Tempo, em meses;

i : Índice do projeto;

As variáveis aleatórias u seguem uma distribuição lognormal arbitrada, porém as simulações poderiam ser realizadas com qualquer distribuição. A escolha de distribuição lognormal foi inspirada nos modelos discutidos no capítulo de bibliografia, que argumentam que as chances de resultados positivos em projetos são tipicamente superiores às chances de resultados negativos (Davis, Laughton e Samis, 2007).

O modelo considerou incertezas nas componentes de receita e custo (HAWAWINI; VIALLET, 2007), conforme apresentado nas expressões 3.3 e 3.4. As receitas apresentam duas fontes de incerteza, uma no volume e outra no preço (considerando-se receita como o produto do volume pelo preço). Os custos tiveram uma componente de incerteza específica nos custos fixos. Os custos variáveis estão sujeitos à mesma incerteza de volume de vendas, dado que é proporcional a esta grandeza. As incertezas foram modeladas por meio de 2 fatores: intensidade (nível de risco de determinada componente do projeto) e aleatoriedade (fator caracterizado

por uma amostragem de uma variável aleatória). Ambos os fatores estão apresentados nas expressões 3.3 e 3.4, que apresentam o cálculo da receita e do custo. Os fatores u constituem a aleatoriedade, que foi definida considerando-se uma variável aleatória Lognormal arbitrada (com Localização=-0,5054, Média=0,0703 e Desvio Padrão=0,172). Esta distribuição específica foi escolhida por apresentar cauda alongada para a direita, porém poder-se-ia utilizar qualquer distribuição sem prejuízo de generalidade. Os parâmetros de cada projeto encontram-se na Tabela 2. Não foram consideradas incertezas sobre os valores de investimento.

Tabela 2: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Receita total (R) ¹⁾ | 271,8 | 178,2 | 245,5 | 79,3 | 140,8 | 136,1 | 228,5 | 123,2 | 120,5 | 80,6 |
| Custo total (C) ²⁾ | 30,7 | 56,3 | 81,6 | 45,9 | 65,9 | 26,1 | 43,1 | 42,2 | 30,5 | 53,9 |
| Investimentos recorrentes (R_I) ³⁾ | 5,1 | 4,3 | 3,6 | 5,7 | 3,7 | 2,6 | 0,5 | 3,0 | 2,2 | 7,6 |
| % Custos variáveis / Custo Total (φ) ⁴⁾ | 60% | 60% | 60% | 70% | 70% | 40% | 50% | 50% | 60% | 70% |
| % Depreciação (d) ⁵⁾ | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 3% | 2% | 2% | 3% |
| Capital de giro (CG) ⁶⁾ | 46,2 | 32,1 | 22,1 | 6,3 | 11,3 | 28,6 | 52,6 | 8,6 | 20,5 | 7,3 |
| Investimentos finais como percentual dos investimentos iniciais ⁷⁾ | 6% | 8% | 6% | 7% | 6% | 7% | 6% | 7% | 3% | 10% |
| Receita final como percentual da receita total ⁸⁾ | 9% | 17% | 10% | 10% | 10% | 17% | 12% | 24% | 11% | 14% |
| Percentual do investimento a ser recuperado com o exercício da Opção Real ⁹⁾ | 35% | 26% | 36% | 39% | 40% | 35% | 26% | 43% | 22% | 39% |

¹⁾ Receita total do projeto, em \$ milhões;

²⁾ Custo total do projeto, em \$ milhões – não inclui os investimentos recorrentes;

³⁾ Montante de investimento mensal a ser realizado durante a fase operacional, em \$ milhões;

⁴⁾ Relação percentual entre os custos variáveis e o custo total;

⁵⁾ Taxa de depreciação mensal dos investimentos iniciais;

⁶⁾ Capital de Giro necessário para rodar as operações, em \$ milhões;

⁷⁾ Investimentos finais para concluir o projeto;

⁸⁾ Receita do último mês do projeto com venda de equipamentos, dispositivos e outros ativos;

⁹⁾ Percentual do investimento inicial a recuperar com o exercício da Opção Real;

No fluxo de caixa dos projetos, os fatores α constituem um fator de intensidade de cada componente de incerteza, sendo multiplicados pelas respectivas variáveis aleatórias u . Os valores de cada α , que são específicos para cada projeto, encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4). O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau de incerteza. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e acabam por atuar como ponderadores para a aleatoriedade de cada componente do fluxo de caixa.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Ponderador da incerteza sobre o volume de vendas | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| Ponderador da incerteza sobre o preço de vendas | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 4 |
| Ponderador da incerteza sobre os custos fixos | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |

A amostragem das variáveis aleatórias de cada uma das componentes (volume de vendas, preço de venda e custo fixo) foi simulada independentemente umas das outras. A consideração de correlações entre as variáveis elevariam a complexidade do modelo, sem adicionar vantagens para as análises de relação entre critérios de seleção de projetos e a estratégica do negócio.

No último mês do projeto, são realizados investimentos finais para fechamento do projeto (ex. recuperação ambiental, desativação de planta, etc.) e também são realizadas receitas extraordinárias decorrentes de venda de equipamentos ou outros ativos. A Tabela 2 apresenta as premissas que definem este fluxo de caixa final.

Para compor os fluxos de caixa das carteiras e simular as distribuições de probabilidade das métricas de retorno, foi realizada a soma, mês a mês, dos fluxos de caixa dos projetos da carteira. Por premissa, os projetos avaliados foram considerados independentes entre si, portanto a somatória simples dos fluxos de caixa dos diversos projetos resultam no fluxo de caixa da carteira. Esta premissa foi definida por ser bastante condizente com a realidade das empresas, em que os projetos são tipicamente independentes um do outro.

As métricas de TIR, IL e Período de Retorno são calculadas a partir da estrutura de fluxo de caixa descrita e de acordo com as expressões 2.1, 2.14 e 2.15. O VMA é calculado de acordo com a expressão 2.16, tendo por base o EVA calculado pela expressão 3.5. É importante notar que o conceito de capital investido, utilizado para cálculo desta última métrica, apresenta duas componentes quando se tratando de projetos: os investimentos iniciais (fases 1 e 2) e o capital de giro necessário para rodar a fase operacional do projeto, conforme expressão 3.5 e valores expostos na Tabela 2. A expressão 3.5 é aquela mesma apresentada em 2.17, porém com discriminação de cada componente de receita, custo, depreciação e investimento.

$$EVA_{t,i} = (RC_{t,i} - CT_{t,i} - DP_{t,i}) \cdot (1 - IR_i) - WACC \cdot [CG_i + I_{1,i} + I_{2,i}], \quad t \leq N3_i \quad (3.5)$$

Em que:

EVA_t : Valor Econômico Adicionado no mês t ;

RC_t : Receita do projeto no mês t ;

CT_t : Custo Total do projeto no mês t ;

DP_t : Depreciação e amortização dos investimentos do projeto no mês t ;

$WACC$: Custo Médio Ponderado de Capital;

IR : Imposto sobre rendimentos;

CG : Capital de Giro (premissa exposta na Tabela 2);

I_1 : Montante financeiro de investimento da fase 1 (premissa exposta na Tabela 1);

I_2 : Montante financeiro de investimento da fase 2 (premissa exposta na Tabela 1);

t : instante de tempo, medido em meses.

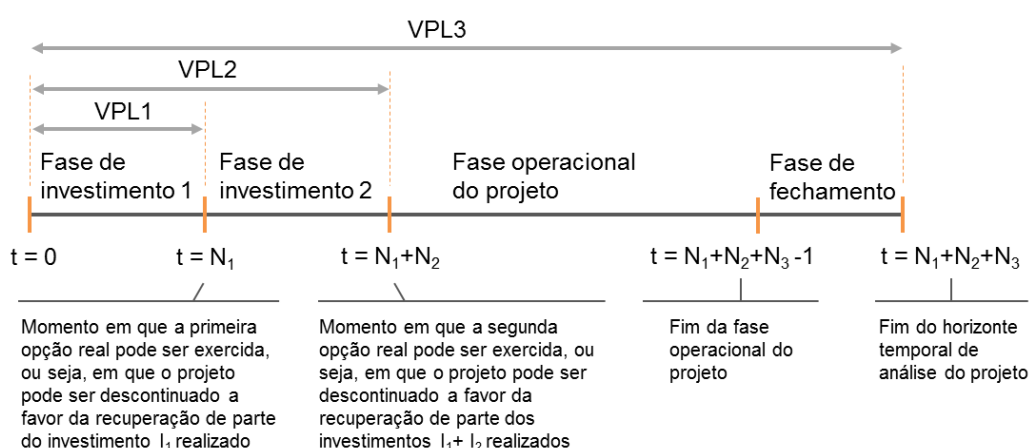
i : Índice do projeto;

Conforme explicado anteriormente, o EVA é uma métrica que procura avaliar o resultado operacional do projeto descontando-se os encargos sobre o capital investido. Portanto, a expressão 3.5 releva que o EVA em cada período corresponde à receita daquele período descontados custos, depreciação e encargos sobre capital investido.

O VPL com Opções Reais foi implementado de acordo com o modelo proposto por Moel e Tufano (2000) e exposto na expressão 2.13. O fluxo de caixa do projeto com

opção é estruturado como uma árvore de decisão. O presente trabalho considera a existência de duas opções reais em cada projeto, dado que existem duas oportunidades de tomada de decisão de continuidade do projeto, uma após cada fase de investimento. Tais opções reais são denominadas, por Trigeorgis (2006), Opção de abandono. Ou seja, quando encerra a fase 1 de investimento, existe possibilidade de o projeto ser cancelado em caso de não viabilidade econômica, ou seja, quando o VPL do fluxo de caixa considerando o abandono do projeto no momento de exercer a opção for superior ao VPL do fluxo de caixa do projeto até o final da fase operacional. A mesma lógica de tomada de decisão é válida para o término da fase 2 de investimento. Portanto, caso a opção seja exercida, o fluxo de caixa no mês seguinte ao exercício consiste na porcentagem de investimentos a recuperar multiplicado pelo montante investido (premissas apresentadas na Tabela 2). Após isto, o projeto é considerado encerrado, portanto não há novas realizações de fluxo de caixa. A Figura 3 apresenta a visão completa das etapas do projeto e os momentos que cada opção poderá ser exercida.

Figura 3: Visão das etapas de cada projeto, com destaque para as duas fases de investimento e a fase operacional. As opções reais de abandono poderão ser exercidas ao final de cada período de investimento, conforme ilustração.



Lógica de simulação para exercer a opção:

- Se $VPL1 \geq VPL3$, opta-se por encerrar o projeto após investir $I1$ durante $N1$
- Se não:
 - Se $VPL2 \geq VPL3$, opta-se por encerrar o projeto após investir $I1+I2$ durante $N1+N2$
 - Se não, ou seja, se $VPL1 < VPL3$ e $VPL2 < VPL3$, opta-se por dar continuidade ao projeto

Como as opções são exercidas na prática: opções desta natureza são avaliadas após cada fase de investimento através da reavaliação das premissas e projeções dos fluxos de caixa, à luz de novas informações que podem reduzir incertezas. Isto é, em $t = N1$, um conjunto de incertezas identificadas em $t=0$ podem ser resolvidas, de modo que exercer ou não a opção de abandonar o projeto torna-se uma decisão de negócios a ser tomada pelo gestor, que também exige simulação de viabilidade econômica.

A simulação das métricas do VPL, IL e APBK utilizaram como taxa de desconto o custo médio ponderado de capital (WACC) de 15% ao ano, por ser aquela que representa o custo do capital investido pela empresa em determinado projeto.

Por fim, a simulação da métrica do VMA utilizou a taxa de imposto de 34% no cálculo do NOPAT de todos os projetos. Esta taxa corresponde àquela paga pelas empresas no Brasil para os tributos IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) e CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido).

É relevante ter em vista que a modelagem de fluxos de caixa de projetos pode apresentar maior ou menor complexidade, a depender dos objetivos da avaliação e da necessidade de consideração de incertezas.

3.3 SIMULAÇÕES ADICIONAIS

Para avaliar a generalidade das conclusões obtidas nas simulações com o conjunto de projetos descrito no capítulo 3.2, foram realizadas 5 simulações adicionais. Em cada simulação procurou-se alterar as principais características dos projetos: tamanho (ou seja, variáveis R , C e I), nível de incerteza (variáveis u) e tendência à viabilidade econômica (variáveis R , C e I). No Anexo 1, encontram-se os parâmetros do conjunto de projetos de cada simulação adicional.

O tamanho de um projeto é tipicamente caracterizado pelo montante de investimento e pelo prazo de realização. Enquanto, por exemplo, projetos de mineração duram centenas de meses e demandam bilhões de investimento em lavra e preparação para produção, projetos de melhoria operacional em empresas de varejo podem durar poucos meses e custar centenas de milhares de reais.

O nível de incerteza reflete o risco do projeto, ou seja, o montante de desvio possível a se obter em relação aos resultados previstos. Conforme mencionado nas seções anteriores, os fluxos de caixa consideram três fontes de incerteza, duas de receita (volume e preço de venda) e uma de custo fixo.

A tendência à viabilidade econômica consiste no montante de valor presente líquido do fluxo de caixa de cada projeto. Projetos com elevada tendência à viabilidade são aqueles em que tal montante é predominantemente positivo, mesmo quando consideradas as incertezas. Os projetos com baixa tendência à viabilidade são aqueles cujos valores presentes líquidos dos fluxos de caixa são predominantemente negativos. Dado que o modelo implementado realiza simulações dos fluxos de caixa, os projetos em que mais de 99% das amostras apresenta valor presente líquido positivo são considerados com elevada tendência à viabilidade, enquanto projetos que apresentam mais de 50% amostras negativas são considerados de baixa tendência de viabilidade. A Tabela 4 apresenta as características dos projetos de cada simulação de acordo com as variáveis acima.

Tabela 4: Características dos projetos utilizados nas diferentes simulações de acordo com as variáveis de tamanho (duração e investimento), nível de incerteza e viabilidade econômica.

| Simulação | Duração | Investimento | Nível de incerteza | Viabilidade econômica |
|------------------|------------------------------------|--|----------------------------|--|
| Padrão | Poucas dezenas de meses | Muitas dezenas ou poucas centenas de milhões | Níveis alto, médio e baixo | Mescla de elevada, mediana e baixa viabilidade |
| Adicional 1 | Muitas dezenas a centenas de meses | Muitas centenas de milhões a alguns bilhões | Níveis alto e baixo | Predominantemente elevada |
| Adicional 2 | Muitas dezenas a centenas de meses | Muitas centenas de milhões a alguns bilhões | Níveis alto e baixo | Predominantemente baixa |
| Adicional 3 | Poucos meses | Dezenas de milhões | Níveis alto, médio e baixo | Predominantemente elevada |
| Adicional 4 | Poucos meses | Dezenas de milhões | Níveis alto e baixo | Predominantemente elevada |
| Adicional 5 | Poucos meses | Dezenas de milhões | Níveis alto e baixo | Predominantemente baixa |

3.4 METODOLOGIA DE ORDENAMENTO E COMPARAÇÃO

Nas simulações realizadas, foram calculados cada uma das métricas para cada uma das 1023 carteiras, formadas pela combinação de 10 projetos. A figura 4 apresenta tal lógica de encarteiramento. As carteiras foram ordenadas para cada um dos critérios de seleção apresentados na Tabela 5. O ordenamento consistiu basicamente em ordenar as 1023 carteiras do melhor resultado para o pior.

Tabela 5: Critérios de seleção das carteiras de projetos utilizados nas simulações.

| Critérios de seleção de carteiras de projetos | |
|--|---|
| Critério 1 | Maximizar a Média do VPL (sem Opções Reais) |
| Critério 2 | Maximizar a Média do VPL com Opções Reais |
| Critério 3 | Maximizar a Média da TIR |
| Critério 4 | Maximizar a Média do IL |
| Critério 5 | Minimizar a Média do Período de Retorno |
| Critério 6 | Maximizar a Média do VMA |
| Critério 7 | Maximizar o quociente da Media pelo Desvio Padrão do VPL (sem Opções Reais) |
| Critério 8 | Maximizar o quociente da Media pelo Desvio Padrão do VPL com Opções Reais |
| Critério 9 | Maximizar o quociente da Media pelo Desvio Padrão da TIR |
| Critério 10 | Maximizar o quociente da Media pelo Desvio Padrão do IL |
| Critério 11 | Minimizar o quociente do Desvio Padrão pela Média do Período de Retorno |
| Critério 12 | Maximizar o quociente da Media pelo Desvio Padrão do VMA |
| Critério 13 | Maximizar o quociente da Media pelo Cash Flow at Risk do VPL (sem Opções Reais) |
| Critério 14 | Maximizar o quociente da Media pelo Cash Flow at Risk do VPL com Opções Reais |
| Critério 15 | Maximizar o quociente da Media pelo Cash Flow at Risk da TIR |
| Critério 16 | Maximizar o quociente da Media pelo Cash Flow at Risk do IL |
| Critério 17 | Minimizar o quociente do Cash Flow at Risk pela Média do Período de Retorno |
| Critério 18 | Maximizar o quociente da Media pelo Cash Flow at Risk do VMA |

Figura 4: Composição das 1023 carteiras de projeto, geradas a partir da combinação dos 10 projetos selecionados.

Carteiras de projeto

| | C 1 | C 2 | C 3 | C 4 | C 5 | C 6 | C 7 | ... | C 1022 | C 1023 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|
| Projeto 1 | X | | X | X | X | X | X | | | |
| Projeto 2 | X | X | | X | X | X | X | | | |
| Projeto 3 | X | X | X | | X | X | X | | | |
| Projeto 4 | X | X | X | X | | X | X | | | |
| Projeto 5 | X | X | X | X | X | | X | | | |
| Projeto 6 | X | X | X | X | X | X | | | | |
| Projeto 7 | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Projeto 8 | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Projeto 9 | X | X | X | X | X | X | X | | X | |
| Projeto 10 | X | X | X | X | X | X | X | | X | X |

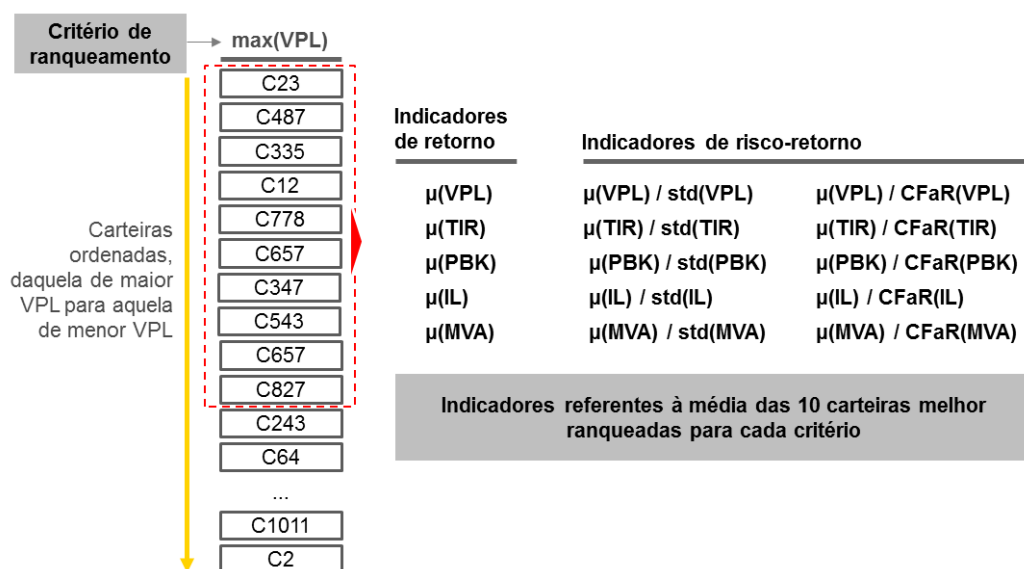
Para cada carteira, são calculados os seguintes indicadores:
VPL, VPL com Opções Reais, TIR, PBK, IL, MVA, Desvio Padrão e CFaR

Para os critérios baseados nas métricas do VPL, TIR, IL e VMA, as carteiras que apresentaram maior valor na respectiva métrica foram mais bem ordenadas – por exemplo, o ordenamento das carteiras de acordo com o Critério 1 consiste em lista as carteiras daquela que apresenta maior VPL para aquela que apresenta melhor VPL. Já pelo Critério 7, por exemplo, foram ordenadas as carteiras que apresentam maior valor de quociente da média pelo desvio padrão do VPL para aquelas que apresentam menor valor. Em contrapartida, os critérios baseados na métrica do Período de Payback determinam que a ordenação das carteiras seja feita de forma inversa. Ou seja, as carteiras com menor Período de Payback têm melhor classificação do que as carteiras com maior Período de Payback. Isso se deve à natureza do critério, dado que o objetivo no caso é minimizar o período de retorno.

Uma vez ordenadas as carteiras, foram tomadas as 10 melhores de acordo com cada critério e foi calculada a média dos resultados para cada indicador. A Figura 5 ilustra a metodologia de ordenamento. Por exemplo, para o Critério 1, foi realizado o ordenamento e foram tomadas as 10 melhores carteiras. Para elas, foi então calculada a média de cada um dos indicadores: VPL (com e sem opções reais), TIR, IL e VMA. Pelos resultados dos indicadores, é possível avaliar quais tipos de carteira

são selecionados por cada critério de otimização e, avaliando-se os projetos das carteiras selecionadas, identificam-se quais as características de projetos que cada critério de otimização seleciona.

Figura 5: Metodologia de ordenamento das carteiras e lista longa de indicadores de retorno e de risco-retorno utilizados para comparação dos critérios de seleção de projetos.



Dado que um dos objetivos do presente trabalho é servir como guia de implementação de um mecanismo de seleção de projetos e otimização de portfólios, a plataforma selecionada para modelagem dos fluxos de caixa foi o software Microsoft Excel®. É um programa comumente utilizado na maior parte das empresas e que garante flexibilidade de modelagem. Foi utilizada a versão 2007 (v. 12.0.6535.5002), entretanto o modelo foi confeccionado em compatibilidade com as versões 2003 para garantir mais ampla aplicabilidade.

A Simulação de Monte Carlo foi implementada através do software Oracle Crystall Ball®, Fusion Edition Release 11.1.1.1.00. Além da fácil integração com planilhas do Microsoft Excel®, o programa oferece uma gama ampla de recursos, como possibilidade de definição de correlação entre variáveis de entrada. O sistema também possui um mecanismo de otimização meta-heurístico integrado à simulação, que poderá ser utilizado em versões futuras da modelagem para adicionar funcionalidades de otimização.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 RESULTADO DA SIMULAÇÃO PADRÃO

Os projetos descritos no capítulo 3 e utilizados para a simulação padrão possuíam diferentes características em termos de tamanho e risco. A simulação contou com projetos viáveis economicamente (a menos de um que tinha VPL dos fluxos de caixa predominantemente negativo). Em termos de tamanho, os projetos eram de médio porte (entre 12 e 30 meses, com investimentos da ordem de dezenas de milhões) e o nível de incerteza variava de baixo a alto, com níveis intermediários.

Com base nos resultados obtidos, foi testado um conjunto de hipóteses que se apresenta listado na Tabela 6. Tais hipóteses foram levantadas a partir das referências bibliográficas citadas anteriormente e suas definições foram importantes para nortear o foco das análises.

Tabela 6: Hipóteses definidas para avaliação com base nos resultados das simulações.

| Hipóteses levantadas para análise | |
|--|--|
| Hipótese 1 | Critérios baseados na métrica do VPL geram carteiras de maior valor presente líquido dos fluxos de caixa em comparação a carteiras selecionadas por critérios baseados nas outras métricas. |
| Hipótese 2 | Critérios baseados na métrica da TIR e do IL geram carteiras de maior retorno sobre o capital investido em comparação a carteiras selecionadas por critérios baseados nas outras métricas. |
| Hipótese 3 | Critérios baseados na métrica do Período de Retorno geram carteiras de menor prazo de retorno do investimento em comparação a carteiras selecionadas por critérios baseados nas outras métricas. |
| Hipótese 4 | Critérios baseados na métrica do VMA selecionam carteiras semelhantes àquelas geradas por critérios baseados no VPL, ou seja, as duas métricas priorizam portfólios com projetos semelhantes. |
| Hipótese 5 | A aplicação de Opções Reais no cálculo do VPL seleciona carteiras de alto valor, em linha com aquelas selecionadas por critérios baseados na métrica do VPL sem as Opções Reais. |
| Hipótese 6 | Critérios que combinam estatísticas de riscos geram carteiras de menor valor em comparação aos critérios que otimizam diretamente a métrica de retorno, mas produzem carteiras de melhor retorno por unidade de risco por excluírem projetos de risco elevado. |
| Hipótese 7 | A utilização da estatística de risco do Cash Flow at Risk na composição dos critérios seleciona carteiras de melhor relação de retorno por unidade de risco do que a estatística do Desvio Padrão. |

A simulação das carteiras a partir deste conjunto de projetos foi aderente a todas as hipóteses levantadas, ou seja, todas as hipóteses se mostraram verdadeiras para o conjunto de projetos avaliados. Este resultado motiva a realização de simulações adicionais, para verificar se todas as hipóteses são sempre válidas ou foram verificadas apenas para este caso específico.

As Tabelas de 7 e 8 trazem as médias dos resultados das 10 melhores carteiras ordenadas de acordo com cada critério. Conforme mencionado anteriormente, para cada métrica foram definidos três critérios: otimização da média da distribuição de probabilidades do resultado, otimização do quociente da média pelo desvio padrão e otimização do quociente da média pelo cash flow at risk. Isto é, as Tabelas 7 e 8 refletem os resultados da otimização de cada um dos 18 critérios da Tabela 5.

Tabela 7: Média aritmética simples do Valor Presente Líquido (\$ milhões) das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Critérios de otimização | VPL | VPL R.O. | TIR | APBK | IL | VMA |
|--------------------------------|------------|-----------------|------------|-------------|-----------|------------|
| Média | 566 | 565 | 254 | 235 | 290 | 544 |
| Média / Cash Flow at Risk | 462 | 453 | 427 | 180 | 420 | 440 |
| Média / Desvio Padrão | 482 | 463 | 394 | 212 | 394 | 435 |

Tabela 8: Média aritmética simples do quociente de Valor Presente Líquido pelo Cash Flow at Risk das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Critérios de otimização | VPL | VPL R.O. | TIR | APBK | IL | VMA |
|--------------------------------|------------|-----------------|------------|-------------|-----------|------------|
| Média | 5,4 | 5,4 | 4,1 | 4,1 | 4,5 | 5,0 |
| Média / Cash Flow at Risk | 5,9 | 5,9 | 5,8 | 3,3 | 5,5 | 5,2 |
| Média / Desvio Padrão | 5,8 | 5,8 | 5,6 | 4,5 | 5,3 | 5,4 |

A Tabela 7 mostra que as carteiras selecionadas pelo critério de maximizar a média dos VPLs e do VMA apresentaram os melhores resultados, mesmo quando introduzidas as métricas de risco – média / cash flow at risk e média / desvio padrão.

A avaliação das carteiras selecionadas por tais critérios indica que são compostas por projetos mais extensos e com grande geração de caixa no longo prazo. Quando foram utilizados critérios que levam em conta risco, projetos de maior risco foram excluídos da carteira e houve também redução do retorno. Isto se deve ao fato de que critérios que dividem o retorno pelo risco selecionam projetos com maior retorno por unidade de risco, excluindo projetos de elevado risco e, muitas vezes, de elevado retorno. Este fato pode ser observado na Tabela 8, que revela que as carteiras selecionadas por critérios que consideram risco e retorno acabam apresentando melhor retorno por unidade de risco.

As carteiras selecionadas pelos critérios de TIR, IL e Período de Retorno apresentaram valor presente líquido inferior àquelas selecionadas pelo VPL e VMA. Isso é resultado da natureza de cada métrica: TIR e IL selecionam carteiras de elevado retorno de investimento, não necessariamente carteiras com projetos que geram elevado valor presente líquido. No caso, este critério pode selecionar projetos pequenos de alta rentabilidade em vez de projetos grandes de alto valor presente líquido. Esta constatação é suportada pelos estudos apresentados por Hawawini e Viallet (2007), que discutem que os critérios definidos com base nas métricas de VPL, TIR e IL podem divergir quando se tratando de projetos em que a escolha de um implique a eliminação de outro, ou quando o fluxo de caixa do projeto apresenta mais de uma mudança de sinal. Era esperado também que o Período de Retorno definisse carteiras de menor valor presente líquido, dado que a métrica favorece projetos de retorno rápido, o que geralmente ocorre em projetos de curto-prazo.

A introdução de Opções Reais para cálculo do VPL definiu um critério consistente com o VPL sem considerar as opções, ou seja, ambos os critérios selecionaram carteiras semelhantes. Tal constatação poderia gerar a falsa impressão de que ambos os critérios são sempre consistentes. Isso foi resultado do tipo de opção escolhido para simulação: a opção de abandonar o projeto após uma fase de investimento em caso de não viabilidade econômica. Ou seja, tal opção limita o resultado negativo de fluxos de caixa, dado que após cada período de investimento, caso o fluxo de caixa global do projeto seja inferior aos investimentos realizados, o projeto é abandonado. Apesar da consistência entre ambos os critérios, verifica-se

que as carteiras selecionadas após a introdução da opção apresentaram valor presente líquido pouco inferior às carteiras selecionadas sem a opção. Isso é resultado da introdução da opção, que pode alterar significativamente o padrão do fluxo de caixa do projeto e, em última instância, pode fazer com que um projeto aparentemente sem viabilidade econômica possa valer a pena dado que a opção incrementa significativamente seu valor.

As Tabelas 9 a 12 apresentam os dados de taxa interna de retorno, índice de lucratividade, período de retorno e *market value added* das carteiras selecionadas por cada critério.

Tabela 9: Média aritmética simples da Taxa Interna de Retorno das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Critério de otimização | VPL | VPL R.O. | TIR | APBK | IL | VMA |
|------------------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Média | 17,6% | 17,5% | 27,3% | 25,0% | 26,7% | 15,6% |
| Média / CFaR | 17,9% | 17,6% | 18,4% | 10,1% | 15,1% | 15,4% |
| Média / Desvio padrão | 18,7% | 17,2% | 18,0% | 9,9% | 14,0% | 16,1% |

Tabela 10: Média aritmética simples do Índice de Lucratividade das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Critério de otimização | VPL | VPL R.O. | TIR | APBK | IL | VMA |
|------------------------|-----|----------|-----|------|-----|-----|
| Média | 2,8 | 2,7 | 4,0 | 3,4 | 4,1 | 2,5 |
| Média / CFaR | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 1,9 | 2,5 | 2,6 |
| Média / Desvio padrão | 2,9 | 2,8 | 3,0 | 2,0 | 2,4 | 2,6 |

Tabela 11: Média aritmética simples do Período de Retorno (em meses) das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Critério de otimização | VPL | VPL R.O. | TIR | APBK | IL | VMA |
|------------------------|-----|----------|-----|------|-----|-----|
| Média | 7,5 | 7,6 | 6,0 | 5,8 | 6,2 | 7,9 |
| Média / CFaR | 7,6 | 7,7 | 7,6 | 13,8 | 8,2 | 8,2 |
| Média / Desvio padrão | 7,3 | 7,8 | 7,9 | 11,6 | 8,7 | 7,9 |

Tabela 12: Média aritmética simples do Valor de Mercado Adicionado das 10 carteiras selecionadas por cada um dos critérios: Valor Presente Líquido sem Opção Real (VPL), Valor Presente Líquido com Opção Real (VPL R.O.), Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Retorno (PR), Índice de Lucratividade (IL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Critério de otimização | VPL | VPL R.O. | TIR | APBK | IL | VMA |
|------------------------|-----|----------|-----|------|-----|-----|
| Média | 542 | 542 | 210 | 202 | 238 | 551 |
| Média / CFaR | 425 | 420 | 386 | 207 | 421 | 433 |
| Média / Desvio padrão | 438 | 433 | 350 | 234 | 402 | 420 |

Apesar de as métricas do VPL e VMA terem gerado carteiras semelhantes, comparando-se os resultados das Tabelas 9 e 10 é possível verificar que existem pequenas diferenças entre elas. Isso se deve ao fato de que ambas as métricas são diferentes uma da outra. Enquanto o VMA é calculado sobre fluxos de EVA, o VPL é calculado sobre fluxos de caixa. Os EVAs consideram grandezas que não pertencem a regime de caixa, como por exemplo, depreciação e encargos de capital. Outra diferença é que o VMA considera os montantes de investimento distribuídos no tempo – o investimento entra na conta através da depreciação e dos encargos de capital. Dado que o cálculo do EVA está sujeito a maior quantidade de premissas do que o cálculo de fluxo de caixa, é aconselhável utilizar a métrica do VPL em vez de VMA para seleção de projetos e carteiras.

Quando o risco (Desvio Padrão ou Cash Flow at Risk) foi considerado, as diferenças de resultado entre as diferentes métricas foram menores. Tal constatação poderia gerar a falsa impressão de que a consideração do risco torna as várias métricas consistentes, o que não se verificou nas simulações adicionais.

4.2 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES ADICIONAIS

As simulações adicionais permitiram avaliar a generalidade das hipóteses levantadas com base na bibliografia do tema e aparentemente validadas pela simulação padrão. Em resumo, apenas algumas das hipóteses se sustentaram,

conforme apresentado a seguir. É relevante recordar que os conjuntos de projetos simulados visaram varrer combinações das principais variáveis que caracterizam projetos: tamanho (em duração e montante de investimentos), nível de incerteza e viabilidade econômica. A apresentação das hipóteses que foram validadas em cada simulação encontra-se na Tabela 6. A discussão dos resultados é apresentada na sequência para cada uma das hipóteses.

Hipótese 1

Critérios baseados na métrica do VPL geram carteiras de maior valor presente líquido dos fluxos de caixa em comparação a carteiras selecionadas por critérios baseados nas outras métricas.

A hipótese foi verificada válida para todas as simulações realizadas. A maximização de critérios baseados na métrica do VPL seleciona carteiras cujos fluxos de caixa apresentam elevado valor presente líquido. São carteiras compostas por projetos de maior duração, com geração de caixa relevante no médio e longo prazo. São carteiras com retorno tipicamente sobre o capital investido atrativo (superior à taxa de desconto utilizada).

Hipótese 2

Critérios baseados na métrica da TIR e do IL geram carteiras de maior retorno sobre o capital investido em comparação a carteiras selecionadas por critérios baseados nas outras métricas.

A hipótese foi verificada válida para a maioria das simulações realizadas, exceto aquela em que foram utilizados tanto projetos de longa duração e grandes investimentos como projetos de curta duração e pequenos investimentos. Para as carteiras em que a hipótese foi verificada, a maximização de critérios baseados em ambas as métricas selecionam carteiras cujos fluxos de caixa apresentam elevado retorno sobre o capital investido elevado. As carteiras selecionadas apresentam valor presente líquido positivo para os fluxos de caixa, entretanto não necessariamente geram as carteiras de maior valor presente líquido, dado que estes

critérios podem selecionar projetos menores de elevado retorno em vez de projetos maiores de menor retorno.

Uma característica interessante observada nos resultados em que a hipótese foi validada, foi o fato de que as carteiras selecionadas pelos critérios do TIR e do IL apresentaram prazo de retorno mais próximo àqueles obtidos com a minimização do Período de Retorno do que àqueles obtidos com a maximização do VPL. Isso se deve ao fato de que os projetos menores que possuem alto retorno em geral apresentam também reduzidos prazos para realização desse retorno. Ou seja, a maximização do retorno gera carteiras que podem combinar projetos de curto e longo prazo.

No caso da simulação em que a hipótese não se verificou, os critérios da TIR e do IL geraram resultados significativamente diferentes. A seleção pelo critério de maximizar TIR selecionou uma carteira composta por pequenos projetos de elevada rentabilidade, porém baixo valor presente líquido de fluxo de caixa por serem projetos pequenos. A seleção pelo IL selecionou carteiras de maior taxa de retorno em relação àquelas selecionadas pelo VPL, VMA e Período de Retorno, porém não apresentou resultados superiores em comparação ao critério da TIR. Esta divergência entre ambos os critérios pode ser explicada quando avaliados os projetos selecionados em cada ordenamento: o critério baseado na TIR procurou maximizar puramente o retorno, sem considerar a grandeza do fluxo de caixa. O IL, por sua vez, considera a grandeza do fluxo de caixa, dado que é um quociente entre diferentes períodos do fluxo de caixa. Portanto, esta discrepância permite considerar que o IL é uma métrica de retorno mais alinhada com geração de valor do que a TIR, dado que tende a considerar a grandeza dos fluxos de caixa, não apenas rentabilidade pura.

Hipótese 3

Critérios baseados na métrica do Período de Retorno geram carteiras de menor prazo de retorno do investimento em comparação a carteiras selecionadas por critérios baseados nas outras métricas.

A hipótese foi verificada válida para todas as simulações realizadas. A minimização de critérios baseados no Período de Retorno selecionam carteiras cujos fluxos de caixa apresentam reduzido prazo de realização do retorno. As carteiras selecionadas apresentam valor presente líquido positivo para os fluxos de caixa, entretanto não necessariamente geram as carteiras de maior valor presente líquido, dado que estes critérios tendem a selecionar projetos menores de rápido retorno em vez de projetos maiores de menor retorno.

Uma característica interessante observada nos resultados foi o fato de que as carteiras selecionadas pelo critério de minimizar o prazo de retorno possuíam também taxas de retorno sobre o capital investido mais próximo àqueles obtidos com a maximização da TIR e do IL do que àqueles obtidos com a maximização do VPL. Isso se deve ao fato de que os projetos menores que possuem rápido retorno em geral apresentam também taxas elevadas de retorno.

A introdução de estatísticas de risco nos critérios de seleção baseados no Período de Retorno não gerou resultados satisfatórios na maioria das simulações. Isso se deve à dificuldade de definir uma estatística de dispersão adequada para o período de retorno, dado que o período de retorno tende a infinito quando os projetos tendem a não ter viabilidade econômica. Isto impõe a necessidade de definir um limite máximo de Período de Retorno, por exemplo, 240 meses. Todas as simulações cujos fluxos de caixa tiveram retorno em prazo superior a 240 meses tiveram o período de retorno truncado nesse valor. Tal prática impõe distorções à distribuição de probabilidades, inviabilizando a definição de estatísticas de risco confiáveis.

Hipótese 4

Critérios baseados na métrica do VMA selecionam carteiras semelhantes àquelas geradas por critérios baseados no VPL, ou seja, as duas métricas são consistentes entre si.

Esta hipótese se verificou em todas as simulações, exceto uma: a simulação de projetos de elevados montantes de investimento, longos prazos de duração e baixa viabilidade econômica. Isso indica que existem casos em que as métricas do VMA e do VPL não são seguramente consistentes entre si, portanto a hipótese deve ser refutada. Tal resultado representa uma contradição ao conteúdo exposto por Hawawini e Viallet (2007), que defendem o fato de ambas as métricas serem consistentes entre si com base em um exemplo. É possível que o exemplo escolhido pelos autores tenha sido um dos muitos casos específicos em que as métricas apresentam consistência.

É sempre importante ter em vista que o cálculo do VPL e do VMA são consideravelmente diferentes em essência: VPL é calculado sobre fluxos de caixa e VMA sobre fluxos de EVA. Reforçando o conteúdo exposto na seção 4.1, temos que o EVA é uma medida que utiliza maior quantidade de premissas do que o Fluxo de Caixa, sendo portanto menos indicado para a simulação de projetos. Portanto, é aconselhável utilizar a métrica do VPL em vez de VMA para seleção de projetos e carteiras.

Hipótese 5

A aplicação de Opções Reais no cálculo do VPL seleciona carteiras de alto valor, em linha com aquelas selecionadas por critérios baseados na métrica do VPL sem as Opções Reais.

Conforme apresentado na seção 4.1, a introdução de Opções Reais para cálculo do VPL definiu um critério consistente com o VPL sem considerar as opções em todas as simulações, ou seja, ambos os critérios selecionaram carteiras semelhantes, quando consideradas apenas opções do tipo Abandono. A introdução de outros tipos de opção poderia gerar resultados distintos, sendo portanto um tema para possível estudo futuro.

Hipótese 6

Critérios que combinam estatísticas de riscos geram carteiras de menor valor em comparação aos critérios que otimizam diretamente a métrica de retorno, mas produzem carteiras de melhor retorno por unidade de risco por excluírem projetos de risco elevado.

Esta hipótese se mostrou válida na maioria das simulações para a maioria das métricas, porém não se verificou para os indicadores de Período de Retorno e VMA em 3 simulações. Sem a possibilidade de identificação de um padrão nos projetos selecionados para as carteiras priorizadas por tal ordenamento, não foi possível identificar possíveis causas para tal inaplicabilidade. Inclusive, já foi mencionado na discussão da Hipótese 3 que a utilização de estatísticas de risco para composição de critérios baseados no Período de Retorno gera resultados inconsistentes. Portanto, era esperado que a maximização de retorno por unidade de risco poderia falhar para a referida métrica.

Hipótese 7

A utilização da estatística de risco do Cash Flow at Risk na composição dos critérios seleciona carteiras de melhor relação de retorno por unidade de risco do que a estatística do Desvio Padrão.

Com base nas simulações realizadas, não foi possível avaliar qual das duas estatísticas de risco geraram resultados melhores, ou seja, a hipótese foi refutada. Aparentemente, pelos resultados exibidos nas Tabelas 7 a 10 para as métricas do VPL, TIR e IL, o Cash Flow at Risk gerou resultados ligeiramente superiores do que o Desvio Padrão sob a ótica de maior retorno por unidade de risco, porém o mesmo não se verificou para as métricas do Período de Retorno e VMA, em que a diferença foi a favor da estatística do Desvio Padrão. Observando-se os resultados das simulações adicionais, as variações de qual métrica gera melhor resultado são ainda mais relevantes e não demonstram seguir um padrão.

4.3 RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES

Para verificar a validade das hipóteses sob outra perspectiva, foram conduzidas três análises com base nas correlações entre os resultados dos diversos critérios para cada carteira, considerando-se o conjunto de projetos da simulação padrão e das simulações alternativas:

- Análise da correlação entre os critérios baseados exclusivamente nas médias das métricas, ou seja, os critérios sem incluir estatísticas de risco (Tabela 13);
- Análise da correlação entre os critérios que otimizam médias e critérios que incluem estatísticas de risco, para cada uma das métricas (Tabelas 14 a 19);
- Análise da correlação entre as estatísticas de risco (Desvio Padrão e Cash Flow at Risk) para cada uma das métricas (Tabela 20);

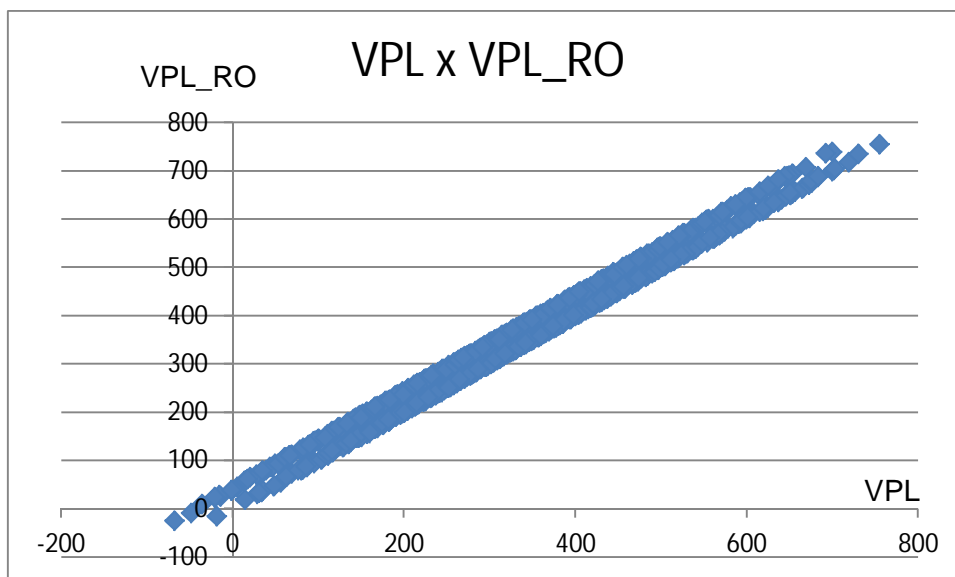
Tabela 13: Apresentação das hipóteses (nas linhas) que foram verificadas válidas ou inválidas em cada uma das simulações (nas colunas).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|---------------------------|------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| VPL vs. VPL c/ O.R. | 0,99 | 0,97 | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 |
| VPL vs. TIR | 0,66 | 0,86 | 0,65 | 0,45 | 0,45 | 0,87 | 0,31 |
| VPL vs. IL | 0,66 | 0,85 | 0,84 | 0,61 | 0,60 | 0,88 | 0,62 |
| VPL vs. APBK | -0,33 | -0,65 | -0,88 | -0,24 | -0,25 | -0,87 | -0,05 |
| VPL vs. VMA | 0,96 | 0,78 | -0,08 | 1,00 | 1,00 | 0,81 | 0,86 |
| VPL c/ O.R. vs. TIR | 0,60 | 0,75 | 0,63 | 0,45 | 0,45 | 0,81 | 0,31 |
| VPL c/ O.R. vs. IL | 0,60 | 0,76 | 0,83 | 0,61 | 0,60 | 0,82 | 0,62 |
| VPL c/ O.R. vs. APBK | -0,31 | -0,62 | -0,85 | -0,24 | -0,25 | -0,85 | -0,05 |
| VPL c/ O.R. vs. VMA | 0,98 | 0,87 | 0,06 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,86 |
| TIR vs. IL | 0,95 | 0,97 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,96 | 0,67 |
| TIR vs. APBK | -0,43 | -0,64 | -0,72 | -0,80 | -0,47 | -0,91 | -0,52 |
| TIR vs. VMA | 0,48 | 0,43 | -0,09 | 0,42 | 0,41 | 0,58 | 0,02 |
| IL vs. APBK | -0,40 | -0,69 | -0,89 | -0,30 | -0,34 | -0,89 | -0,24 |
| IL vs. VMA | -0,31 | -0,52 | -0,13 | -0,24 | -0,24 | -0,70 | 0,19 |
| APBK vs. VMA | 0,47 | 0,44 | 0,29 | 0,56 | 0,55 | 0,59 | 0,21 |

Os resultados da Tabela 14 reforçam diversas conclusões discutidas para cada hipótese na seção 4.1. Seguem abaixo as observações mais importantes decorrentes desta primeira análise de correlações:

- As carteiras selecionadas pelos critérios do VPL e do VPL com Opções Reais foram semelhantes em todas as simulações, porém conforme já mencionado anteriormente, tal fato é provavelmente resultado do tipo de opção escolhida para simular: opção de encerrar o projeto após uma das fases de investimento em caso de inviabilidade econômica;

Figura 6: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido com opções reais (VPL_RO) e Valor Presente Líquido sem a introdução de opções reais (VPL).



- Os critérios baseados em TIR e IL se mostraram consistentes (altamente correlacionados) para a maioria das simulações, dado que ambos visam maximizar o retorno sobre o capital investido. Importante observar que o IL apresentou consistentemente maior correlação com o VPL do que a TIR com o VPL, resultado que também foi discutido anteriormente: o IL é uma métrica de rentabilidade que considera o tamanho do projeto, enquanto a TIR considera rentabilidade mais exclusivamente.

Figura 7: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Taxa Interna Retorno (TIR) e Índice de Lucratividade (IL)

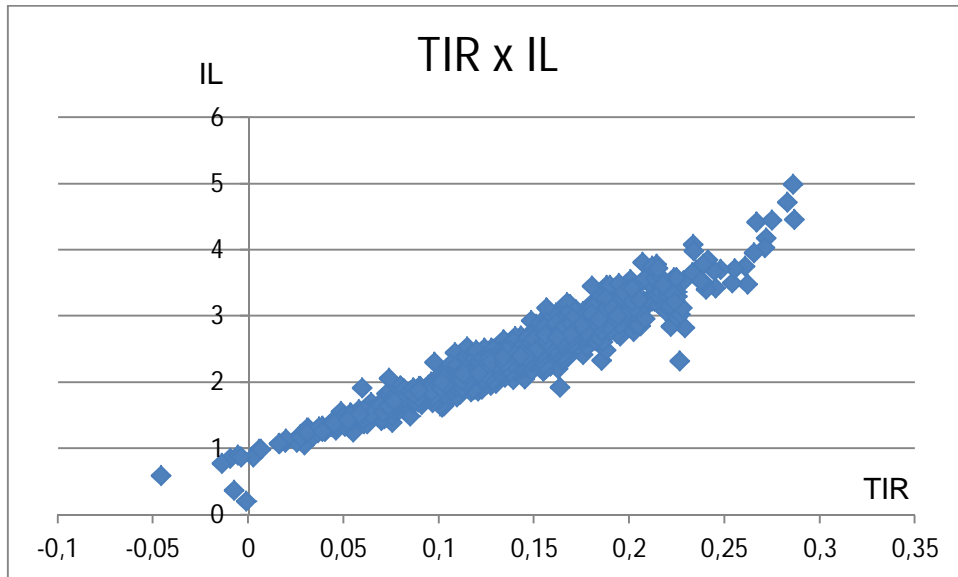


Figura 8: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Índice de Lucratividade (IL).

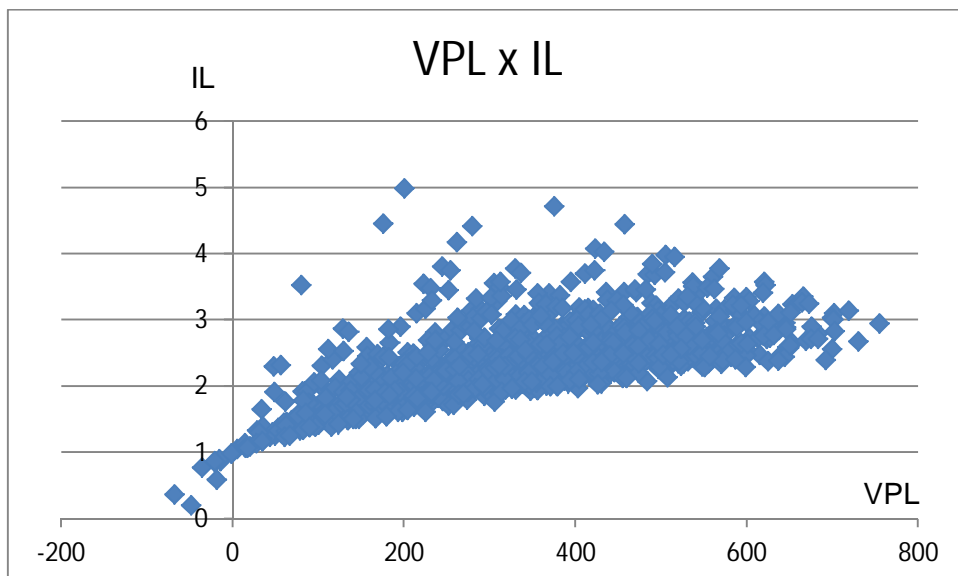
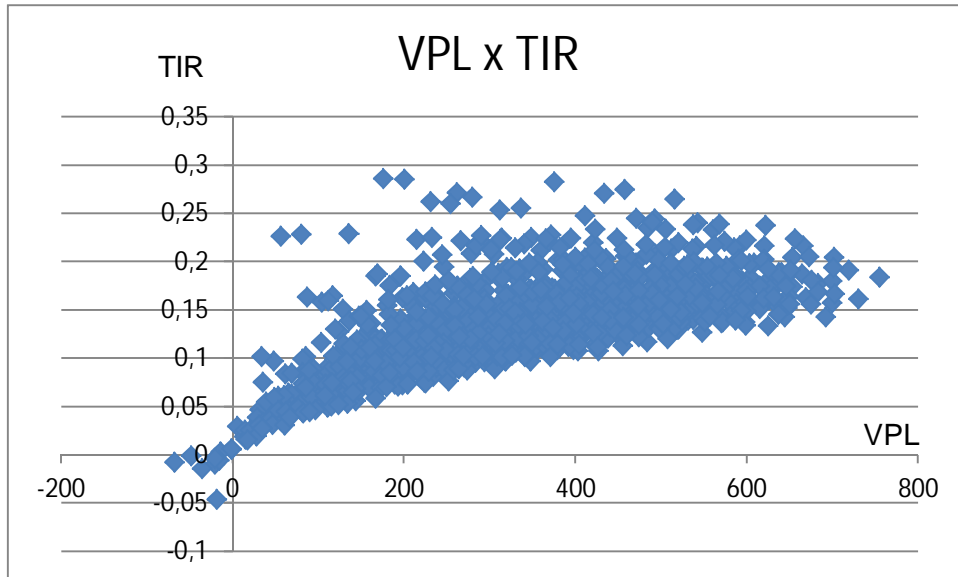


Figura 9: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).



- A correlação dos critérios baseados no Período de Retorno com os demais critérios é tipicamente negativa, o que faz sentido dado que maiores retornos estão associados a projetos maiores, de mais longo prazo, enquanto retornos mais rápidos se relacionam a projetos mais curtos. Além disso, importante notar que o critério baseado no Período de Retorno mostrou-se pouco consistente com os demais, conforme observado anteriormente. Porém, é interessante notar que dentre todas as métricas, o Período de Retorno mostrou-se menos inconsistente com a TIR, revelando que apesar de a TIR ter foco em maximizar retorno, acaba de certa forma privilegiando carteiras de menor prazo do que, por exemplo, o IL.

Figura 10: Relação entre carteiras seleccionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Período de retorno ajustado (APBK).

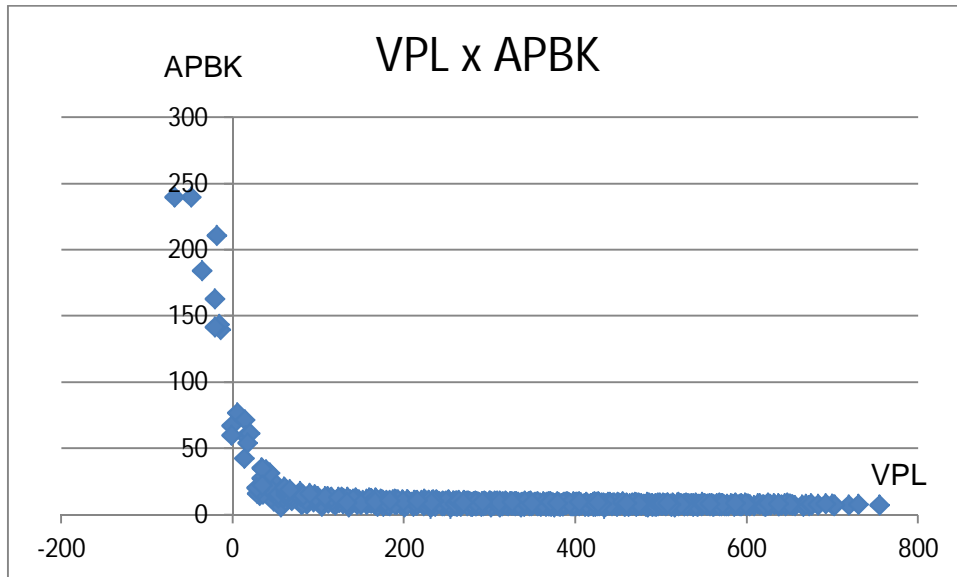


Figura 11: Relação entre carteiras seleccionadas pelos critérios de Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de retorno ajustado (APBK).

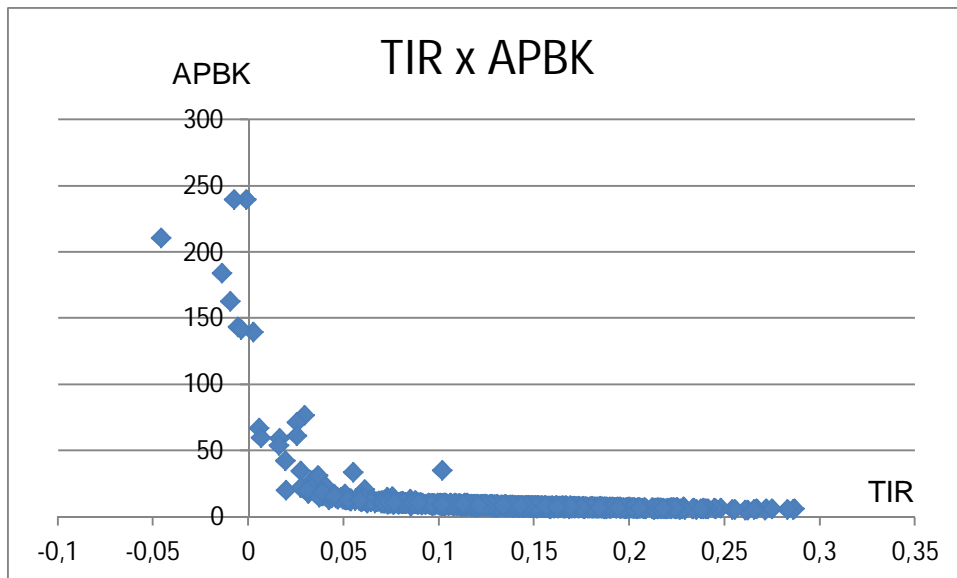


Figura 12: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Índice de Lucratividade (IL) e Período de retorno ajustado (APBK).

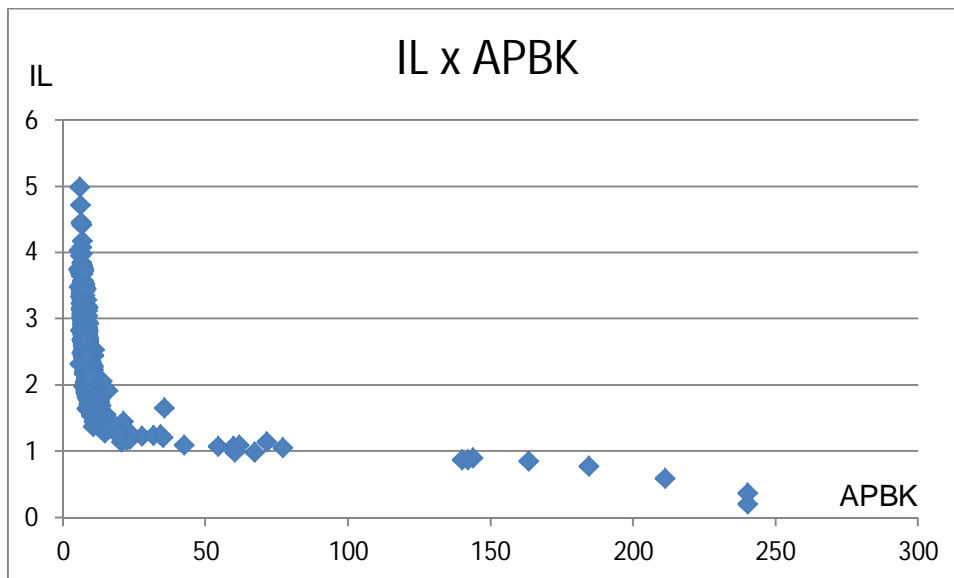
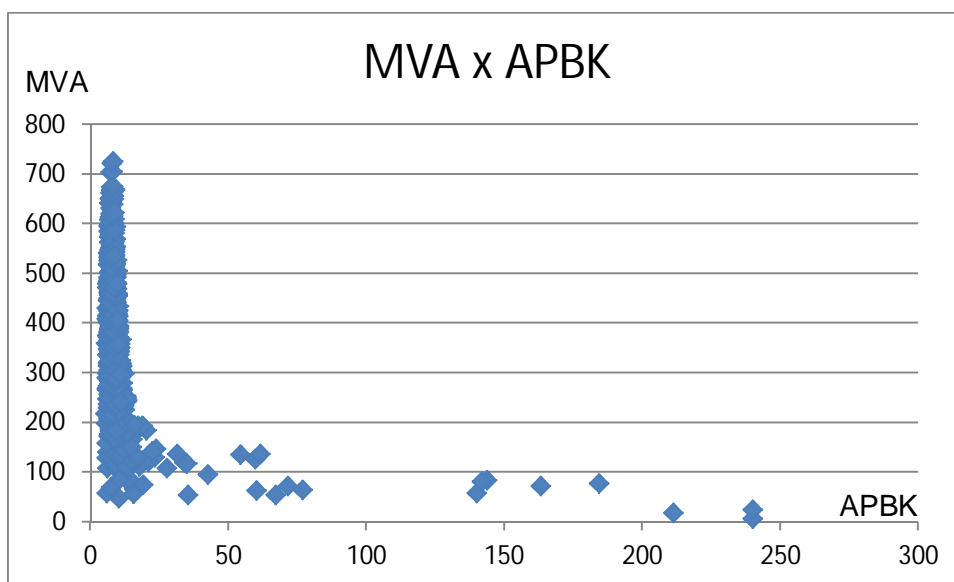
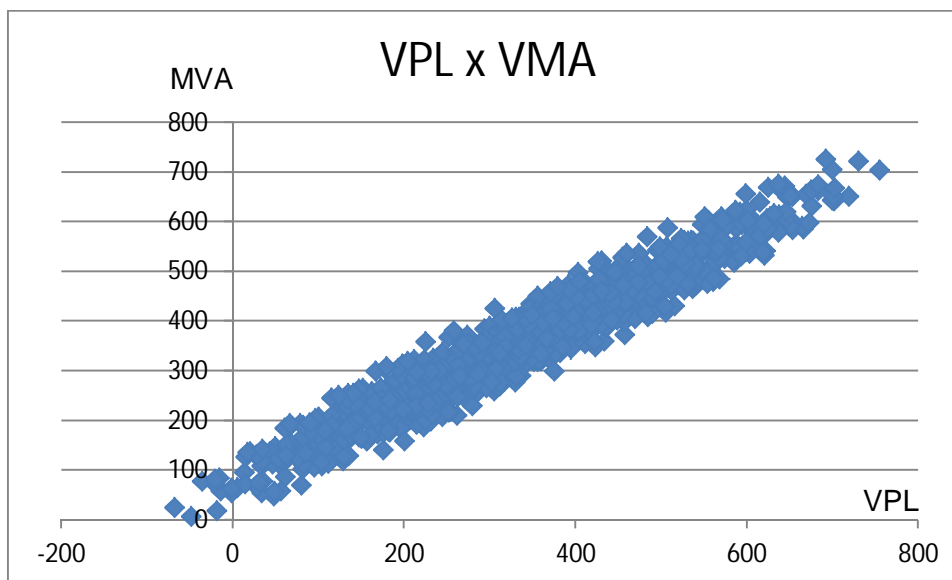


Figura 13: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor de Mercado Adicionado (VMA) e Período de retorno ajustado (APBK).



- O critério do VPL mostrou-se consistente com o VMA na maioria das simulações, o que pode ser observado na análise de correlação apresentada a seguir.

Figura 14: Relação entre carteiras selecionadas pelos critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Valor de Mercado Adicionado (VMA)



Com base nos resultados apresentados nas Tabelas de 15 a 20, fica evidente que, independente da métrica utilizada, maximizar a Média não é o mesmo que maximizar o quociente da média por qualquer uma das estatísticas de risco. Além disso, verifica-se que a seleção considerando-se ambas estatísticas de risco apresenta correlação elevada para os critérios baseados nas métricas do VPL, IL e VMA. Isto indica que, para estes critérios, o uso de uma ou de outra implica resultados semelhantes. Para os critérios da TIR e do Período de Retorno, tal correlação não se verificou, ou seja, a seleção utilizando-se uma estatística gerou resultado diferente da seleção com a outra, sem haver padrões que possam sugerir recomendações a favor de uma ou outra estatística de risco.

Tabela 14: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Valor Presente Líquido (VPL).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Média vs. Média / Desv padrão | 0,88 | 0,90 | 0,87 | 0,93 | 0,66 | 0,86 | 0,53 |
| Média vs. Média / CFaR | 0,87 | 0,90 | 0,86 | 0,88 | 0,63 | 0,85 | 0,54 |
| Média / Desv padrão vs. Média / CFaR | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,95 | 0,97 | 1,00 | 0,99 |

Tabela 15: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Valor Presente Líquido (VPL_RO).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Média vs. Média / Desv padrão | 0,83 | 0,84 | 0,82 | 0,93 | 0,66 | 0,81 | 0,53 |
| Média vs. Média / CFaR | 0,82 | 0,83 | 0,77 | 0,88 | 0,64 | 0,80 | 0,54 |
| Média / Desv padrão vs. Média / CFaR | 0,97 | 1,00 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,99 | 0,99 |

Tabela 16: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para a Taxa Interna de Retorno (TIR).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Média vs. Média / Desv padrão | 0,72 | 0,86 | 0,94 | 0,35 | 0,23 | 0,90 | 0,20 |
| Média vs. Média / CFaR | 0,72 | 0,84 | 0,40 | 0,35 | 0,25 | 0,89 | 0,20 |
| Média / Desv padrão vs. Média / CFaR | 0,99 | 0,95 | 0,46 | 0,95 | 0,97 | 0,99 | 0,98 |

Tabela 17: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Índice de Lucratividade (IL).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|------|------|------|------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Média vs. Média / Desv padrão | 0,44 | 0,64 | 0,50 | 0,52 | 0,49 | 0,45 | -0,06 |
| Média vs. Média / CFaR | 0,44 | 0,64 | 0,48 | 0,50 | 0,48 | 0,44 | -0,05 |
| Média / Desv padrão vs. Média / CFaR | 0,98 | 0,99 | 0,98 | 0,93 | 0,97 | 0,97 | 0,98 |

Tabela 18: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Período de Retorno ajustado (APBK).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Média vs. Média / Desv padrão | -0,48 | 0,36 | -0,71 | 0,28 | 0,46 | -0,52 | -0,60 |
| Média vs. Média / CFaR | -0,12 | 0,17 | -0,66 | -0,02 | -0,47 | -0,75 | -0,46 |
| Média / Desv padrão vs. Média / CFaR | 0,22 | 0,78 | 0,81 | 0,07 | -0,40 | 0,03 | 0,92 |

Tabela 19: Correlação entre os indicadores de média, médio / desvio padrão e média / cash flow at risk para o Valor de Mercado Adicionado (VMA).

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Média vs. Média / Desv padrão | 0,81 | 0,68 | 0,59 | 0,92 | 0,61 | 0,55 | 0,28 |
| Média vs. Média / CFaR | 0,79 | 0,67 | 0,56 | 0,85 | 0,61 | 0,53 | 0,28 |
| Média / Desv padrão vs. Média / CFaR | 0,98 | 0,99 | 0,97 | 0,93 | 0,97 | 0,98 | 0,98 |

A Tabela 20 reforça as mensagens de que, a depender da métrica de retorno e da simulação, a correlação entre o Desvio Padrão e o Cash Flow at Risk é maior ou menor. Para o VPL, o IL, o VMA e a TIR, a correlação mostra semelhança entre ambas estatísticas em todas as simulações. Para o Período de Retorno, não foi identificada correlação.

Tabela 20: Correlação entre os indicadores de risco (Desvio Padrão vs. Cash Flow at Risk) para cada métrica.

| Variáveis correlacionadas | Simulação padrão | Simulações alternativas | | | | | |
|---------------------------|------------------|-------------------------|------|-------|-------|-------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| VPL | 0,99 | 0,99 | 0,96 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 |
| VPL c/ O.R. | 0,99 | 0,99 | 0,96 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,98 |
| TIR | 0,99 | 0,79 | 0,85 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 1,00 |
| IL | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,94 | 0,97 | 0,98 | 0,99 |
| Período de Retorno | 0,82 | 0,80 | 0,70 | -0,05 | -0,81 | -0,41 | 0,90 |
| VMA | 0,99 | 0,99 | 0,96 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 |

5 CONCLUSÕES

A carteira de projetos consiste no conjunto de planos que a organização realiza para atingir os objetivos do negócio, portanto os critérios de seleção dos projetos devem estar alinhados à estratégia corporativa e ao contexto da indústria em que a empresa compete. Os resultados das diversas simulações conduzidas no presente trabalho evidenciaram que existem critérios de seleção de projetos mais adequados para cada tipo de estratégia, como se esperava no início dos trabalhos.

Os critérios baseados na métrica do Valor Presente Líquido (VPL) selecionaram carteiras com projetos de longa duração e fluxos de caixa substancialmente positivos no longo prazo, que estimulam o aumento do volume de negócios da organização e suportam estratégias para competir em indústrias em crescimento. A introdução de Opções Reais selecionou carteiras semelhantes às aquelas sem opções, o que foi resultado do tipo de opção simulada. De qualquer modo, a inclusão do valor das oportunidades de tomada de decisão durante o projeto incrementa a análise e permite avaliar de modo mais abrangente o valor dos projetos e, conseqüentemente, das carteiras. O uso do VMA como critério selecionou carteiras em geral semelhantes às aquelas geradas pelo VPL. Dado que o VMA é uma métrica que exige uma maior quantidade de premissas para ser calculada do que o VPL, recomenda-se utilizar este em detrimento daquele.

A seleção com base no Índice de Lucratividade (IL) ou na Taxa Interna de retorno (TIR) resultou em carteiras com maior retorno sobre o capital investido, o que suporta estratégias calcadas em aumento de rentabilidade – foco da competição em indústrias maduras, que proporcionam grande volume de receita e baixas taxas de crescimento. As duas métricas, porém, geram resultados com algumas diferenças a depender das características dos projetos em avaliação: o IL é uma métrica que considera o volume dos fluxos de caixa, dado que consiste em um quociente de diferentes momentos do fluxo de caixa. A TIR não considera o volume dos fluxos de caixa, mas sim, a rentabilidade pura da carteira (mesmo que o montante de valor presente líquido do fluxo de caixa seja pequeno). Portanto, a escolha do critério que

foca em rentabilidade deve considerar se há necessidade de considerar o montante de retorno absoluto ou não.

O Período de Retorno Ajustado (APBK) selecionou carteiras com menor prazo de retorno de investimento, o que favorece projetos de menor duração e geração de valor no curto prazo. Carteiras deste tipo são adequadas para empresas que competem em indústria em declínio, em que se deseja mitigar a perda de receita e rentabilidade, mantendo viável a opção de desinvestir do negócio no médio prazo. As carteiras selecionadas pelo APBK apresentaram resultados significativamente diferentes daquelas selecionadas pelos demais critérios, porém deve-se ressaltar que o critério que se mostrou mais consistente com o APBK foi a TIR. Ou seja, minimizar APBK significa em muitos casos preservar rentabilidade e vice versa – maximizar TIR tende a privilegiar altos retornos de curto prazo do que menores no longo prazo.

A introdução de risco gerou carteiras mais consistentes em termos de risco e retorno quando combinado com a métrica de Valor Presente Líquido, o que significa que é válida a escolha de critérios que focam em maximizar o retorno por unidade de risco (em vez do retorno em absoluto). Entretanto, é importante observar que a introdução do risco em muitos casos acaba por alterar a natureza da métrica de retorno ou gerar distorções, como no caso da métrica de Período de retorno. Portanto, recomenda-se utilizar as métricas de risco combinadas somente ao indicador de Valor Presente Líquido. E dentre as métricas de risco avaliadas, pode-se utilizar o desvio padrão ou o cash flow at risk, sem prejuízo da qualidade do processo de seleção.

Em resumo, a tabela 21 apresenta os resultados das análises realizadas, permitindo identificar os critérios de seleção que melhor se adequam para cada estratégia e cenário competitivo das empresas.

Tabela 21: Sumário dos critérios de seleção mais indicados para cada estratégia e cenário competitivo das organizações.

| Estratégia / Cenário competitivo | Critérios de seleção mais indicados |
|--|---|
| Estratégia de crescimento no longo prazo | <ul style="list-style-type: none"> • Valor Presente Líquido • Valor Presente Líquido com Opções Reais • Valor Presente Líquido combinado com métrica de risco (ex. VPL médio / desvio padrão do VPL) • Valor de Mercado Adicionado (menos indicado) |
| Estratégia de rentabilização do capital investido no negócio | <ul style="list-style-type: none"> • Taxa Interna de Retorno • Índice de Lucratividade |
| Estratégia de saída do mercado em determinado prazo / venda de linha de negócios | <ul style="list-style-type: none"> • Período de Retorno Ajustado |

Dadas as conclusões apresentadas, pode-se considerar que os objetivos do trabalho foram atingidos, pois foram identificados quais os critérios que melhor se aplicam para cada tipo de estratégia corporativa. O presente trabalho representa uma contribuição para gestores de organizações que desenvolvem projetos de investimento, e precisam selecionar os projetos de maior valor potencial para a organização.

Entretanto, é importante observar que o presente trabalho apresentou um conjunto de limitações, a serem exploradas em futuros trabalhos:

- A generalidade das conclusões foi obtida a partir da simulação de 5 conjuntos diferentes de projetos. Procurou-se diferenciar os projetos de cada conjunto de forma trabalhar as principais combinações das variáveis de tamanho, viabilidade econômica e nível de risco. Apesar disso, as conclusões poderiam ser consideradas realmente gerais apenas se fosse realizada uma análise de sensibilidade das diversas características dos projetos, em busca de avaliar todas as combinações possíveis de resultado. Dado que em cada simulação são geradas 500 amostras de 18 métricas para 1023 carteiras, o que

consome tempo de processamento, não foi possível realizar tal análise de sensibilidade.

- A avaliação do resultado do VPL com Opções Reais considerou apenas um tipo de opção (abandono do projeto em caso de inviabilidade econômica). Para analisar de modo mais abrangente o efeito da introdução de opções reais, é necessário testar diferentes tipos de opções, com diferentes parâmetros. Dadas as limitações de simulação mencionadas acima, esta análise mais completa não pôde ser realizada.
- O presente trabalho avaliou as principais métricas de retorno e estatísticas de risco utilizadas na avaliação de projetos de investimento, de modo a concentrar o escopo do trabalho nas métricas mais relevantes de acordo com a bibliografia disponível do tema. Entretanto, existem outras métricas, de uso menos corriqueiro, que poderiam ser testadas, como por exemplo, Taxa Interna de Retorno Modificada, Período de Retorno Descontado, métricas contábeis, como Lucro Líquido, etc. O mesmo vale para as estatísticas de risco.

Como perspectivas de trabalhos futuros, existem três principais vertentes a serem seguidas. A primeira delas consiste em estender o presente trabalho buscando adicionar aos modelos técnicas de otimização, para acelerar o processo de simulação e permitir o uso de um maior número de projetos. Por exemplo, a introdução de algoritmos genéticos que, apesar de não garantir a identificação do ponto ótimo global, permitiriam avaliar de modo computacionalmente eficiente possíveis soluções. Poder-se-ia simular a introdução de outros tipos de Opções Reais (por exemplo, as opções de expansão ou retração do tamanho do projeto de acordo com a resolução de incertezas no futuro, a opção de modificar o projeto de modo a adaptá-lo a condições futuras, etc.) e avaliar o efeito delas na seleção das carteiras de projetos. Dado que o uso de Opções Reais permite avaliar de modo mais abrangente o valor do projeto e é um tema pouco explorado na bibliografia do tema, estas análises poderiam gerar resultados de interesse.

Uma segunda linha de aprofundamento poderia consistir na avaliação teórica das conclusões obtidas empiricamente no presente estudo. Tal avaliação teórica

consistiria em verificar analiticamente os resultados atingidos e avaliar a generalidade das conclusões de modo teórico. Por fim, seria possível avaliar correlações entre as incertezas de receitas, custos e investimentos dos projetos, o que permitiria a elaboração de fluxos de caixa de projetos mais alinhados ao mercado no qual a empresa que implementará os projetos atua.

6 REFERÊNCIAS

ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. Project portfolio selection through decision support. **Decision Support Systems**, Elsevier, Hamilton, Canada, v. 29, p. 73-88, 2000.

ARNOLD, T.; CRACK, T. **Real Option Valuation using NPV**. SSRN: Social Science Research Network, abstract, Nov 2004. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=644081>>, acessado em 23 abr. 2010.

ARTTO, K. A.; ELONEN, S. Problems in managing internal development projects in multi-project environments. **International Journal of Project Management**, Helsinki, Finland, v. 21, p. 395-402, 2003.

BAKHSHEHSI, A. H. F.; HAJI-KAZEMI, S. Impact of Standards on Project Portfolio Management. **PM World Today**, Featured Paper, v. 11, issue 6, p. 1-17, Jun. 2009. Disponível em: <http://www.pmforum.org/library/papers/2009/PDFs/june/Impact_of_Standards.pdf>. Acesso em 17 ago. 2010.

BARNEY JR., L. D.; DANIELSON, M. G. Ranking mutually exclusive projects: the role of duration. **Institute of Industrial Engineers: The engineering economist**, Boulder, USA, v.49, p. 43-61, 2004.

BARROS, M. O.; COSTA, H. R.; TRAVASSOS, G. H. Evaluating software project portfolio risks. **The Journal of Systems and Software**, Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil, v. 80, p. 16-31, 2007.

BETTER, M.; GLOVER, F. Selecting project portfolios by optimizing simulations. **Institute of Industrial Engineers: The engineering economist**, Boulder, USA, v.51, p. 81-97, 2006.

BLICHFELDT, B. S.; ESKEROD, P. Project portfolio management – There's more to it than what management enacts. **International Journal of Project Management**, Elsevier, Esbjerg, Denmark, v. 26, p. 357-365, 2008.

BÖTZEL, S.; SCHWILLING, A. **Managing for value: successful strategies for creating company value**. 3rd ed. Oxford, United Kingdom: Capstone, 2000. 248 p.

BOYLE, P. P. Options: a Monte Carlo Approach. **Journal of Financial Economics**, Vol. 4, pp. 323-338, 1977.

BRIGHAM, E.; EHRHARDT, M. **Administração Financeira – Teoria e Prática**. Tradução da 10ª edição norte-americana. São Paulo, Brasil, Thomson Learning, 2007, 1043 p.

BYRD, T. A.; DRAKE, J. R. Risk in information technology project portfolio management. **Jitta: Journal of Information Technology Theory and Application**, USA, v. 8, n. 3, p. 1-11, 2006.

CAÑEZ, L.; GARFIAS, M. Portfolio Management at the Mexican Petroleum Institute. **Industrial Research Institute: Research Technology Management**, Arlington, USA, v. 49, n. 4, p. 46-55, Jul/Aug 2006.

CARLSSON, C. et al. A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. **International Journal of Approximate Reasoning**, Elsevier, EU, v. 44, p. 93-105, 2007.

COHEN, R.; ESCHENBACH, T. Which interest rate for evaluating projects? **IEEE: Engineering Management Journal**, IET, United Kingdom, v. 18, n. 2, p. 11-19, Sep. 2006.

COHEN, I.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Resource allocation in stochastic, finite-capacity, multi-project systems through the cross entropy methodology. **Springer: J Sched**, Haifa, Israel, v. 10, p. 181-193, 2007.

COLLAN, M.; FULLÉR, R.; MEZEI. **Compound Real Options with the Fuzzy Pay-off Method**. Extended Abstract, 2008. Disponível em: <www.realoptions.org/papers2009/17.pdf>, acesso em 15 abr. 2010.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

DANIELS, H.; NOORDHUIS, H. Project selection based on intellectual capital scorecards. **Wiley Interscience: Intelligent Systems in Accounting and Management**, v. 13, p. 27-32, 2005.

DAVIS, G. A.; LAUGHTON, D. G.; SAMIS, M. R. Using Stochastic Discounted Cash Flow and Real Option Monte Carlo Simulation to Analyze the Impacts of Contingent Taxes on Mining Projects. **PROJECT EVALUATION CONFERENCE**, Melbourne, Australia, p. 19 – 20, 2007. Disponível em: <<http://inside.mines.edu/~gdavis/Papers/AusIMM.pdf>>, acesso em 17 ago. 2010.

DIXON, P. M. et al. **Bootstrapping the Gini Coefficient of Inequality**. *Ecology*, v. 68, p. 1548-1551, 1987.

DONG, J. et al. An event-driven approach with makespan/cost tradeoff analysis for project portfolio scheduling. **Computers in Industry**, Elsevier, USA, v. 57, p. 379-397, 2006.

DORRIS, G.; DUNN, A. **Earnings at Risk: Better for Asset Owners**, in *Value at Risk: Variations on a Theme*, Global Energy Business, 1999.

GAMBA, A. **Real Options Valuation: a Monte Carlo Approach**. Working Paper Series 2002/03, Faculty of Management, University of Calgary. Calgary, Alberta, Canada, p. 1-40, 2003.

GHORBANI, S.; RABBANI, M. A new multi-objective algorithm for a project selection problem. **Advances in Engineering Software**, Elsevier, Tehran, Iran, v. 40, p. 9-14, 2009.

GRAVES, S. B.; RINGUEST, J. L. Formulating optimal R&D portfolios. **Industrial Research Institute: Research Technology Management**, Arlington, USA, v. 46, n.6, p. 42-47, Nov / Dec 2005.

GUSTAFSSON, J.; SALO, A. Contingent portfolio programming for the management of risky projects. **Institute for Operations Research and the Management Sciences: Operations Research**, Hanover, USA, v. 53, n.6, p. 946-956, Nov/Dec 2005.

HAWAWINI, G.; VIALLET, C. **Finance for executives: managing for value creation**. 3rd ed. Mason, USA: Thomson South-Western, 2007, 632 p.

HITT, M. A.; IRELAND, R. D.; HOSKISSON, R. E. **Strategic management: competitiveness and globalization (concepts and cases)**. 8th ed. Mason, USA: South-Western Cengage Learning, 2009. 387 p.

HOLTON, G. A. **Value-at-risk: Theory and Practice**. 2nd ed. USA: Elsevier, 2003, 408 p.

HWANG, W. L.; WANG, J. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model. **Omega - The International Journal of Management Science**, Elsevier, USA, v. 35, p. 247-257, 2007.

JENSEN, M. C. Value Maximization, Stakeholder Theory, and the Corporate Objective Function. **Journal of Applied Corporate Finance**, Danvers, USA, v. 14.3, p. 8-21, 2001.

KAHRAMAN, G. Fuzzy versus probabilistic benefit/cost ratio analysis for public work projects. **International Journal of Applied Mathematics and Computer Science**, Istanbul, Turkey, v. 11, n. 3, p. 705-718, 2001.

KOLISCH, R.; MEYER, K.; MOHR, R. Maximizing R&D portfolio value. **Industrial Research Institute: Research Technology Management**, Arlington, USA, v. 48, n. 3, p. 33-39, May / Jun 2005.

KOZLOWSKI, M.; PIESIEWICZ, T.; WERON, A. **Risk management tools for the polish electricity market**. International Conference: "The European Electricity Market EEM-04", Preceding volume, Łódź, Poland, p. 129-133, Sep. 2004.

LAROUSSE CULTURAL, GRANDE ENCICLOPÉDIA. São Paulo: Nova Cultural, 1998, 6112 p.

LAZO et al. **Real options value by Monte Carlo Simulation and Fuzzy Numbers**. International Journal of Business. Mar, 2007. Disponível em: <<http://www.thefreelibrary.com/Real+options+value+by+Monte+Carlo+Simulation+and+Fuzzy+Numbers-a0168399564>>, acesso em 15 ago. 2010.

LI, C.; LI, P.; WAN, J. The comparison and selection of investment projects: a new standardized risk measure. **Institute of Industrial Engineers: The engineering economist**, Boulder, USA, v. 48, n. 2, p. 127-151, 2003.

LINSMEIER, T. J.; PEARSON, N. D. **Risk Measurement: an introduction to Value at Risk**. University of Illinois at Urbana-Champaign, 1996. Disponível em: <<http://www.exinfm.com/training/pdffiles/valueatrisk.pdf>>, acessado em 13 ago. 2010.

LUENBERGER, D. G. *Investment Science*. New York, USA: Oxford University Press. 1998, 494 p.

KITANIDIS, P.; PHILBRICK, C. Optimal Conjunctive-Use Operations and Plans. **Water Resource Research**, 34(5), p. 1307-1316.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MCDONOUGH III, E. F.; SPITAL, F. C. Managing project portfolios. **Industrial Research Institute: Research Technology Management**, Arlington, USA, v. 46, n.3, p. 40-46, May / Jun 2003.

MOEL, A.; TUFANO, P. Bidding for Antamina Mine. In: **Project flexibility, agency and competition – new developments in the theory and application of real options**. Edited by Brennan, M.; Trigeorgis, L. Oxford University Press. New York, USA, 2000.

MOORE, W. **Real Options and Option-embedded Securities**. 1st ed. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2001, 294 p.

MUN, J. **Real Options Analysis: tools and techniques for valuing strategic investments and decisions**. 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2006, 371 p.

OLSON, D. L.; ROSACKER, K. M. An empirical assessment of IT project selection and evaluation methods in state government. **Project Management Institute: Project Management Journal**, USA, v.39, n. 1, p. 49-58, Mar. 2008.

PETERS, R. J.; VERHOEF, C. Quantifying the yield of risk-bearing IT-portfolios. **Science of Computer Programming**, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, v. 71, p. 17-56, 2008.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. 3^a ed. Traduzido pelos autores. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2004, 388 p.

QIU, F.; YEO, K. T. **The value of management flexibility – a real option approach to investment evaluation**. *International Journal of Project Management*, v. 21, p. 243-150, 2003.

SCOTT, W. R. **Organizations: Rational, Natural, and Open Systems.** 5th ed. USA: Prentice Hall, 2001. 430 p.

TRIGEORGIS, L. **Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation.** Massachusetts, USA: The MIT Press, 1996, 426 p.

YOSHIFUJI, S. **The EaR Model and the Expanded VaR Model: An Application to Bond Portfolios.** IMES Discussion Paper 97-E-9, Sep. 1997.

GLOSSÁRIO

APBK (Adjusted Payback Period): Período de Retorno Ajustado consiste no número esperado de anos [ou meses] requeridos para recuperar o investimento original, conforme expressão 2.1, e foi o primeiro método formal para avaliar projetos de orçamento de capital.

CFaR (Cash Flow at Risk): Fluxo de Caixa em Risco consiste no desvio em relação ao valor esperado da distribuição, ou seja, consiste na diferença da média pelo i-ésimo percentil da distribuição

CVaR (Conditional Value at Risk): Valor em Risco Condicional consiste na média do valor que se espera perder em determinado horizonte de tempo e pode ser calculada como a média entre o valor do Value at Risk e o valor extremo negativo da distribuição de probabilidades.

EVA (Earned Value Added): Valor Adicionado é um indicador financeiro que avalia o resultado líquido da empresa, sem considerar depreciações e amortizações e considerando os encargos sobre o capital (ou patrimônio) da empresa, conforme expressão 2.17.

IL (Índice de Lucratividade): indicador financeiro para avaliação de projetos que consiste na lucratividade relativa de qualquer projeto, ou o valor presente de cada dólar de custo inicial. Consiste no quociente da somatória dos fluxos de caixa esperados pelo investimento inicial, conforme a expressão 2.15.

Opções Reais: direitos de compra ou venda de ativos reais, não financeiros, que possuem um preço de exercício, uma incerteza sobre fluxos de caixa ou valores de retorno futuros e um tempo de maturação. No caso de projetos, podem ser definidas simplesmente como oportunidades de resposta dos administradores a variações no ambiente do projeto, ou seja, as opções reais procuram valorar o direito, mas não a obrigação, de tomada de decisões e mudanças no curso das ações futuras.

STD (Standard Deviation): o Desvio Padrão é uma medida que avalia o grau de dispersão em uma estatística. Consiste na raiz quadrada da somatória dos quadrados das distâncias entre cada ponto da dispersão e a média da mesma dispersão, conforme expressão 2.22.

TIR (Taxa Interna de Retorno): indicador financeiro para avaliação de projetos que consiste na taxa de desconto que torna o fluxo de caixa estimado do projeto (VPL) igual a zero, conforme expressão 2.14.

VaR (Value at Risk): estatística que busca avaliar o risco de perda em um portfólio de ativos financeiros, considerando-se um horizonte de tempo, por exemplo diário ou mensal, e um intervalo de confiança, por exemplo 95%, conforme expressão 2.24 e ilustrado na Figura 1.

VMA (Valor de Mercado Adicionado): indicador financeiro que avalia o valor de mercado da empresa, ou seja, o valor do patrimônio líquido adicionado de ativos intangíveis e subtraído das dívidas. Para o caso de projetos, consiste no valor equivalente do projeto caso este fosse um ativo avaliado no mercado, podendo ser calculado como a somatória dos EVAs descontados no tempo, conforme expressão 2.16.

VPL (Valor Presente Líquido): indicador financeiro para avaliação de projetos que consiste na quantia em dinheiro que torna indiferente se o dinheiro for recebido hoje ou na época em que for efetivamente gerado, conforme expressão 2.2.

VPL com RO (Valor Presente Líquido com Opções Reais): indicador financeiro para avaliação de projetos que considera Opções Reais na avaliação dos fluxos de caixa dos projetos.

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DAS SIMULAÇÕES ADICIONAIS

Tabela 22: Montantes de investimento e número de meses das fases de cada projeto da primeira simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Duração do projeto (N) ¹⁾ | 80 | 112 | 165 | 90 | 48 | 66 | 240 | 102 | 72 | 210 |
| Fase 1 – duração (N ₁) ²⁾ | 9 | 12 | 10 | 8 | 6 | 10 | 12 | 10 | 6 | 12 |
| Fase 2 – duração (N ₂) | 10 | 20 | 12 | 12 | 8 | 12 | 36 | 14 | 18 | 36 |
| Fase 1 – investimento (I ₁) ³⁾ | 125 | 88 | 80 | 60 | 50 | 12 | 100 | 90 | 82 | 200 |
| Fase 2 – investimento (I ₂) | 200 | 150 | 102 | 250 | 350 | 180 | 450 | 300 | 290 | 340 |

¹⁾ Duração total do projeto, em meses (ex. Projeto 1 tem duração de 16 meses);

²⁾ Duração da fase 1 de investimentos do projeto, em meses (ex. Fase 1 do Projeto 1 tem duração de 3 meses);

³⁾ Montante de investimento a ser dispendido na fase 1 do projeto, em \$ milhões (ex. montante total de investimento durante a Fase 1 do Projeto 1 é de \$ 36,1 milhões).

Tabela 23: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da primeira simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Receita total (R) ¹⁾ | 990 | 778 | 543 | 1.120 | 1.210 | 660 | 2.324 | 3.543 | 1.110 | 3.040 |
| Custo total (C) ²⁾ | 112 | 205 | 98 | 350 | 291 | 104 | 875 | 1.346 | 412 | 1.502 |
| Investimentos recorrentes (R) ³⁾ | 25 | 32 | 11 | 34 | 37 | 26 | 98 | 110 | 62 | 101 |
| % Custos variáveis / Custo Total (φ) ⁴⁾ | 60% | 60% | 60% | 70% | 70% | 40% | 50% | 50% | 60% | 70% |
| % Depreciação (d) ⁵⁾ | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 3% | 2% | 2% | 3% |
| Capital de giro (CG) ⁶⁾ | 97 | 67 | 76 | 111 | 97 | 86 | 203 | 541 | 321 | 233 |
| Investimentos finais como percentual dos investimentos iniciais ⁷⁾ | 6% | 8% | 6% | 7% | 6% | 7% | 6% | 7% | 3% | 10% |
| Receita final como percentual da receita total ⁸⁾ | 9% | 17% | 10% | 10% | 10% | 17% | 12% | 24% | 11% | 14% |
| Percentual do investimento a ser recuperado com o exercício da Opção Real ⁹⁾ | 35% | 26% | 36% | 39% | 40% | 35% | 26% | 43% | 22% | 39% |

¹⁾ Receita total do projeto, em \$ milhões;

²⁾ Custo total do projeto, em \$ milhões – não inclui os investimentos recorrentes;

³⁾ Montante de investimento mensal a ser realizado durante a fase operacional, em \$ milhões;

⁴⁾ Relação percentual entre os custos variáveis e o custo total;

⁵⁾ Taxa de depreciação mensal dos investimentos iniciais;

⁶⁾ Capital de Giro necessário para rodar as operações, em \$ milhões;

⁷⁾ Investimentos finais para concluir o projeto;

8) Receita do último mês do projeto com venda de equipamentos, dispositivos e outros ativos;

9) Percentual do investimento inicial a recuperar com o exercício da Opção Real;

Tabela 24: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da primeira simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Ponderador da incerteza sobre o volume de vendas | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| Ponderador da incerteza sobre o preço de vendas | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| Ponderador da incerteza sobre os custos fixos | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 |

Tabela 25: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da segunda simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Duração do projeto (N) ¹⁾ | 80 | 112 | 165 | 90 | 48 | 66 | 240 | 102 | 72 | 210 |
| Fase 1 – duração (N_1) ²⁾ | 9 | 12 | 10 | 8 | 6 | 10 | 12 | 10 | 6 | 12 |
| Fase 2 – duração (N_2) | 10 | 20 | 12 | 12 | 8 | 12 | 36 | 14 | 18 | 36 |
| Fase 1 – investimento (I_1) ³⁾ | 125 | 88 | 80 | 60 | 50 | 12 | 100 | 90 | 82 | 200 |
| Fase 2 – investimento (I_2) | 200 | 150 | 102 | 250 | 350 | 180 | 450 | 300 | 290 | 340 |

¹⁾ Duração total do projeto, em meses (ex. Projeto 1 tem duração de 16 meses);

²⁾ Duração da fase 1 de investimentos do projeto, em meses (ex. Fase 1 do Projeto 1 tem duração de 3 meses);

³⁾ Montante de investimento a ser dispendido na fase 1 do projeto, em \$ milhões (ex. montante total de investimento durante a Fase 1 do Projeto 1 é de \$ 36,1 milhões).

Tabela 26: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da segunda simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|
| Receita total (R) ¹⁾ | 684 | 581 | 700 | 798 | 962 | 260 | 1.103 | 1.077 | 487 | 1.344 |
| Custo total (C) ²⁾ | 233 | 157 | 203 | 199 | 278 | 85 | 222 | 342 | 92 | 333 |
| Investimentos recorrentes (R_I) ³⁾ | 40 | 78 | 57 | 34 | 87 | 22 | 53 | 77 | 88 | 23 |
| % Custos variáveis / Custo Total (φ) ⁴⁾ | 60% | 60% | 60% | 70% | 70% | 40% | 50% | 50% | 60% | 70% |
| % Depreciação (d) ⁵⁾ | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 3% | 2% | 2% | 3% |
| Capital de giro (CG) ⁶⁾ | 45 | 73 | 45 | 67 | 87 | 40 | 51 | 67 | 32 | 73 |
| Investimentos finais como percentual dos investimentos iniciais ⁷⁾ | 6% | 8% | 6% | 7% | 6% | 7% | 6% | 7% | 3% | 10% |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Receita final como percentual da receita total ⁸⁾ | 9% | 17% | 10% | 10% | 10% | 17% | 12% | 24% | 11% | 14% |
| Percentual do investimento a ser recuperado com o exercício da Opção Real ⁹⁾ | 35% | 26% | 36% | 39% | 40% | 35% | 26% | 43% | 22% | 39% |

¹⁾ Receita total do projeto, em \$ milhões;

²⁾ Custo total do projeto, em \$ milhões – não inclui os investimentos recorrentes;

³⁾ Montante de investimento mensal a ser realizado durante a fase operacional, em \$ milhões;

⁴⁾ Relação percentual entre os custos variáveis e o custo total;

⁵⁾ Taxa de depreciação mensal dos investimentos iniciais;

⁶⁾ Capital de Giro necessário para rodar as operações, em \$ milhões;

⁷⁾ Investimentos finais para concluir o projeto;

⁸⁾ Receita do último mês do projeto com venda de equipamentos, dispositivos e outros ativos;

⁹⁾ Percentual do investimento inicial a recuperar com o exercício da Opção Real;

Tabela 27: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da segunda simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Ponderador da incerteza sobre o volume de vendas | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| Ponderador da incerteza sobre o preço de vendas | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| Ponderador da incerteza sobre os custos fixos | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 |

Tabela 28: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da terceira simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|
| Duração do projeto (N) ¹⁾ | 12 | 10 | 8 | 20 | 6 | 16 | 16 | 9 | 22 | 26 |
| Fase 1 – duração (N ₁) ²⁾ | 1 | 1 | 0,5 | 2 | 0,5 | 3 | 2 | 0,5 | 1 | 3 |
| Fase 2 – duração (N ₂) | 2 | 2 | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Fase 1 – investimento (I ₁) ³⁾ | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,3 | 0,08 | 0,01 | 0,3 | 1,0 |
| Fase 2 – investimento (I ₂) | 0,3 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 0,04 | 0,1 | 0,2 | 0,03 | 0,6 | 1,3 |

¹⁾ Duração total do projeto, em meses (ex. Projeto 1 tem duração de 16 meses);

²⁾ Duração da fase 1 de investimentos do projeto, em meses (ex. Fase 1 do Projeto 1 tem duração de 3 meses);

³⁾ Montante de investimento a ser dispendido na fase 1 do projeto, em \$ milhões (ex. montante total de investimento durante a Fase 1 do Projeto 1 é de \$ 36,1 milhões).

Tabela 29: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da terceira simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Receita total (R) ¹⁾ | 5,1 | 4,1 | 2,2 | 4,3 | 1,9 | 3,3 | 4,9 | 1,7 | 4,1 | 5,5 |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Custo total (C) ²⁾ | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,3 | 0,6 | 1,3 | 0,4 | 2,1 | 1,6 |
| Investimentos recorrentes (R) ³⁾ | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,3 |
| % Custos variáveis / Custo Total (φ) ⁴⁾ | 60% | 60% | 60% | 70% | 70% | 40% | 50% | 50% | 60% | 70% |
| % Depreciação (d) ⁵⁾ | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 3% | 2% | 2% | 3% |
| Capital de giro (CG) ⁶⁾ | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Investimentos finais como percentual dos investimentos iniciais ⁷⁾ | 6% | 8% | 6% | 7% | 6% | 7% | 6% | 7% | 3% | 10% |
| Receita final como percentual da receita total ⁸⁾ | 9% | 17% | 10% | 10% | 10% | 17% | 12% | 24% | 11% | 14% |
| Percentual do investimento a ser recuperado com o exercício da Opção Real ⁹⁾ | 35% | 26% | 36% | 39% | 40% | 35% | 26% | 43% | 22% | 39% |

¹⁾ Receita total do projeto, em \$ milhões;

²⁾ Custo total do projeto, em \$ milhões – não inclui os investimentos recorrentes;

³⁾ Montante de investimento mensal a ser realizado durante a fase operacional, em \$ milhões;

⁴⁾ Relação percentual entre os custos variáveis e o custo total;

⁵⁾ Taxa de depreciação mensal dos investimentos iniciais;

⁶⁾ Capital de Giro necessário para rodar as operações, em \$ milhões;

⁷⁾ Investimentos finais para concluir o projeto;

⁸⁾ Receita do último mês do projeto com venda de equipamentos, dispositivos e outros ativos;

⁹⁾ Percentual do investimento inicial a recuperar com o exercício da Opção Real;

Tabela 30: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da terceira simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Ponderador da incerteza sobre o volume de vendas | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| Ponderador da incerteza sobre o preço de vendas | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 4 |
| Ponderador da incerteza sobre os custos fixos | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |

Tabela 31: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da quarta simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|
| Duração do projeto (N) ¹⁾ | 12 | 10 | 8 | 20 | 6 | 16 | 16 | 9 | 22 | 26 |
| Fase 1 – duração (N ₁) ²⁾ | 1 | 1 | 0,5 | 2 | 0,5 | 3 | 2 | 0,5 | 1 | 3 |
| Fase 2 – duração (N ₂) | 2 | 2 | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Fase 1 – investimento (I ₁) ³⁾ | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,3 | 0,08 | 0,01 | 0,3 | 1,0 |
| Fase 2 – investimento (I ₂) | 0,3 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 0,04 | 0,1 | 0,2 | 0,03 | 0,6 | 1,3 |

- 1) Duração total do projeto, em meses (ex. Projeto 1 tem duração de 16 meses);
 2) Duração da fase 1 de investimentos do projeto, em meses (ex. Fase 1 do Projeto 1 tem duração de 3 meses);
 3) Montante de investimento a ser dispendido na fase 1 do projeto, em \$ milhões (ex. montante total de investimento durante a Fase 1 do Projeto 1 é de \$ 36,1 milhões).

Tabela 32: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da quarta simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Receita total (R) ¹⁾ | 5,1 | 4,1 | 2,2 | 4,3 | 1,9 | 3,3 | 4,9 | 1,7 | 4,1 | 5,5 |
| Custo total (C) ²⁾ | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,3 | 0,6 | 1,3 | 0,4 | 2,1 | 1,6 |
| Investimentos recorrentes (R) ³⁾ | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,3 |
| % Custos variáveis / Custo Total (φ) ⁴⁾ | 60% | 60% | 60% | 70% | 70% | 40% | 50% | 50% | 60% | 70% |
| % Depreciação (d) ⁵⁾ | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 3% | 2% | 2% | 3% |
| Capital de giro (CG) ⁶⁾ | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Investimentos finais como percentual dos investimentos iniciais ⁷⁾ | 6% | 8% | 6% | 7% | 6% | 7% | 6% | 7% | 3% | 10% |
| Receita final como percentual da receita total ⁸⁾ | 9% | 17% | 10% | 10% | 10% | 17% | 12% | 24% | 11% | 14% |
| Percentual do investimento a ser recuperado com o exercício da Opção Real ⁹⁾ | 35% | 26% | 36% | 39% | 40% | 35% | 26% | 43% | 22% | 39% |

- 1) Receita total do projeto, em \$ milhões;
 2) Custo total do projeto, em \$ milhões – não inclui os investimentos recorrentes;
 3) Montante de investimento mensal a ser realizado durante a fase operacional, em \$ milhões;
 4) Relação percentual entre os custos variáveis e o custo total;
 5) Taxa de depreciação mensal dos investimentos iniciais;
 6) Capital de Giro necessário para rodar as operações, em \$ milhões;
 7) Investimentos finais para concluir o projeto;
 8) Receita do último mês do projeto com venda de equipamentos, dispositivos e outros ativos;
 9) Percentual do investimento inicial a recuperar com o exercício da Opção Real;

Tabela 33: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da quarta simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Ponderador da incerteza sobre o volume de vendas | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| Ponderador da incerteza | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| sobre o preço de vendas | | | | | | | | | | |
| Ponderador da incerteza sobre os custos fixos | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 |

Tabela 34: Montantes de investimento e número de meses das fases dos projetos da quinta simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|
| Duração do projeto (N) ¹⁾ | 12 | 10 | 8 | 20 | 6 | 16 | 16 | 9 | 22 | 26 |
| Fase 1 – duração (N ₁) ²⁾ | 1 | 1 | 0,5 | 2 | 0,5 | 3 | 2 | 0,5 | 1 | 3 |
| Fase 2 – duração (N ₂) | 2 | 2 | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Fase 1 – investimento (I ₁) ³⁾ | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,3 | 0,08 | 0,01 | 0,3 | 1,0 |
| Fase 2 – investimento (I ₂) | 0,3 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 0,04 | 0,1 | 0,2 | 0,03 | 0,6 | 1,3 |

¹⁾ Duração total do projeto, em meses (ex. Projeto 1 tem duração de 16 meses);

²⁾ Duração da fase 1 de investimentos do projeto, em meses (ex. Fase 1 do Projeto 1 tem duração de 3 meses);

³⁾ Montante de investimento a ser dispendido na fase 1 do projeto, em \$ milhões (ex. montante total de investimento durante a Fase 1 do Projeto 1 é de \$ 36,1 milhões).

Tabela 35: Receitas, custos e outros parâmetros dos fluxos de caixa dos projetos da quinta simulação adicional.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Receita total (R) ¹⁾ | 4,1 | 3,1 | 1,7 | 3,3 | 1,0 | 3,0 | 2,9 | 0,9 | 2,9 | 2,1 |
| Custo total (C) ²⁾ | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 1,7 | 0,4 | 1,6 | 1,3 | 0,4 | 1,7 | 1,5 |
| Investimentos recorrentes (R) ³⁾ | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 |
| % Custos variáveis / Custo Total (φ) ⁴⁾ | 60% | 60% | 60% | 70% | 70% | 40% | 50% | 50% | 60% | 70% |
| % Depreciação (d) ⁵⁾ | 3% | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 3% | 2% | 2% | 3% |
| Capital de giro (CG) ⁶⁾ | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Investimentos finais como percentual dos investimentos iniciais ⁷⁾ | 6% | 8% | 6% | 7% | 6% | 7% | 6% | 7% | 3% | 10% |
| Receita final como percentual da receita total ⁸⁾ | 9% | 17% | 10% | 10% | 10% | 17% | 12% | 24% | 11% | 14% |
| Percentual do investimento a ser recuperado com o exercício da Opção Real ⁹⁾ | 35% | 26% | 36% | 39% | 40% | 35% | 26% | 43% | 22% | 39% |

¹⁾ Receita total do projeto, em \$ milhões;

²⁾ Custo total do projeto, em \$ milhões – não inclui os investimentos recorrentes;

³⁾ Montante de investimento mensal a ser realizado durante a fase operacional, em \$ milhões;

⁴⁾ Relação percentual entre os custos variáveis e o custo total;

- 5) Taxa de depreciação mensal dos investimentos iniciais;
- 6) Capital de Giro necessário para rodar as operações, em \$ milhões;
- 7) Investimentos finais para concluir o projeto;
- 8) Receita do último mês do projeto com venda de equipamentos, dispositivos e outros ativos;
- 9) Percentual do investimento inicial a recuperar com o exercício da Opção Real;

Tabela 36: Intensidade da incerteza relacionada a cada componente do fluxo de caixa de cada projeto (valores u nas Expressões 3.3 e 3.4) da quinta simulação adicional. O nível 1 denota baixo grau de incerteza, o nível 4 denota alto grau. Tais fatores são multiplicados pelas variáveis aleatórias de incerteza α , e atuam como ponderadores para a aleatoriedade do fluxo de caixa.

| Número do projeto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Ponderador da incerteza sobre o volume de vendas | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| Ponderador da incerteza sobre o preço de vendas | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 |
| Ponderador da incerteza sobre os custos fixos | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 |