

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELO ECONÔMICO-PROBABILÍSTICO
PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE
PROJETOS**

CAMILA COSTA DUTRA

Porto Alegre, 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MODELO ECONÔMICO-PROBABILÍSTICO
PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE
PROJETOS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de Sistemas de Qualidade.

Orientador: Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Porto Alegre, 2012

Dutra, Camila Costa

Modelo econômico-probabilístico para seleção e
priorização de projetos / Camila Costa Dutra. -- 2012.
118 f.

Orientador: José Luis Duarte Ribeiro.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, BR-
RS, 2012.

1. Gestão de portfólio de projetos. 2. Seleção de
projetos. 3. Interdependências entre projetos. 4.
Simulação de Monte Carlo. 5. Programação Linear. I.
Ribeiro, José Luis Duarte, orient. II. Título.

CAMILA COSTA DUTRA

MODELO ECONÔMICO-PROBABILÍSTICO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

PPGEP/UFRGS

Orientador

Prof^a. Carla Schwengber ten Caten, Dr^a.

Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Prof^a. Carla Schwengber ten Caten, Dr^a. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / UFRGS)

Prof. Gustavo Severo de Borba, Dr. (Programa de Pós-Graduação em Design / UNISINOS)

Prof^a. Marly Monteiro de Carvalho, Dr^a. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção /USP)

DUTRA, C. C. **MODELO ECONÔMICO-PROBABILÍSTICO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento e apresentação de um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos. O modelo proposto utiliza 38 critérios, contempla interdependências entre projetos e permite quantificar os investimentos, benefícios e incertezas associadas, fornecendo uma análise abrangente dos retornos esperados para os projetos. O trabalho realizado envolveu cinco etapas principais: (i) identificar e selecionar os principais critérios de avaliação e seleção de projetos; (ii) identificar os principais métodos utilizados na seleção e priorização de projetos; (iii) integrar os critérios selecionados com um método de seleção e priorização de projetos em um modelo capaz de avaliar o retorno econômico e o impacto das incertezas envolvidas no resultado de cada projeto; (iv) aprimorar o modelo validado para que seja capaz de identificar interdependência entre os projetos do portfólio; e (v) testar e validar parcialmente o modelo ampliado através da aplicação na realidade de empresas. A principal contribuição desta tese é a proposição de um modelo que combina métodos econômicos e probabilísticos, seguindo procedimentos relativamente simples, mas capazes de considerar incertezas e interdependências entre projetos. O modelo proposto avalia aspectos qualitativos e quantitativos e utiliza simulação de Monte Carlo e Programação Matemática. Do ponto de vista prático, a importância desta tese reside no fato de métodos econômicos serem considerados mais amigáveis aos tomadores de decisão, uma vez que o seu procedimento é transparente e o resultado financeiro é claro para todos os envolvidos. Paralelamente, o procedimento probabilístico permite qualificar a informação disponibilizada aos tomadores de decisão uma vez que é possível entender a extensão da incerteza associada aos critérios utilizados na tomada de decisão.

Palavras-chave: Gestão de Portfólio de Projetos; Seleção de projetos; Interdependências entre projetos, Simulação de Monte Carlo, Programação Linear.

DUTRA, C. C. ECONOMIC-PROBABILISTIC MODEL FOR PROJECTS SELECTION AND PRIORIZATION. 2012. Thesis (Doctorate in Engineering) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ABSTRACT

This study's main objective is to develop and present an economic-probabilistic model for projects selection and prioritization. The proposed model uses 38 criteria, contemplates the interdependencies among projects and allows the quantification of benefits, investments and associated uncertainties, providing a comprehensive analysis of expected returns for the projects. The work was conducted comprising five main stages: (i) identify and select the main criteria for projects selection and evaluation; (ii) identify the main methods used in projects selection and prioritization; (iii) integrating the selected criteria to a project selection and prioritization method in a model capable of evaluating the economic returns and the impact of the uncertainties involved in the outcome of each project; (iv) improve the model to be able to identify interdependencies among projects in the portfolio, and (v) test and partially validate the extended model by application to the reality of companies. The main contribution of this thesis is the proposition of a model that combines economic and probabilistic methods, following relatively simple procedures, but able to account for interdependencies and uncertainty among projects. The proposed model evaluates qualitative and quantitative aspects and uses Monte Carlo simulation and Linear Programming. From a practical standpoint, the importance of this thesis lies in the fact that economic methods are considered more friendly to decision makers, since its procedure is transparent and the bottom line is clear to all involved. Moreover, the probabilistic procedure allows to qualify the information available to decision makers since it is possible to understand the extent of uncertainty associated with the criteria used in decision making.

Keywords: Project Portfolio Management, Projects selection; Projects interdependencies, Monte Carlo Simulation, Linear Programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida	18
Figura 2.1 Número de publicações ao longo dos anos pesquisados	29
Figura 2.2 Frequência condicional de publicações em função de Continente e período de publicação	31
Figura 2.3 Frequência condicional de publicações em função de categoria de projeto e período de publicação.....	32
Figura 2.4 Frequência condicional das Ênfases dos critérios e período de publicação	32
Figura 2.5 Frequência condicional das Ênfases dos critérios nas empresas e governo	33
Figura 2.6 Frequência condicional de publicações em função de Continente e Ênfase dos critérios	33
Figura 2.7 Frequência condicional de publicações em função de Ênfase do critério e categoria de projeto	34
Figura 3.1 Etapas da revisão sistemática.....	43
Figura 3.2 Gráfico de Pareto ordenando os métodos mais utilizados conforme a abordagem.	49
Figura 3.3 Frequência condicional de publicações em função da abordagem dos métodos utilizados e período de publicação	49
Figura 3.4 Probabilidades condicionais da consideração de correlação e dependência por período de publicação.....	50
Figura 3.5 Probabilidades condicionais dos continentes por período de publicação.....	50
Figura 3.6 Probabilidades condicionais das categorias de projetos por período de publicação	51
Figura 3.7 Probabilidades condicionais das categorias de projetos por continente.....	52
Figura 3.8 Pontos fortes e fracos dos métodos identificados na revisão sistemática.....	52
Figura 3.8 Pontos fortes e fracos dos métodos identificados na revisão sistemática (continuação).....	53
Figura 3.8 Pontos fortes e fracos dos métodos identificados na revisão sistemática (continuação).....	54
Figura 4.1 Estrutura para avaliação dos critérios de seleção e priorização de projetos.....	67

Figura 4.2 Modelo de avaliação e priorização de projetos.....	69
Figura 4.2 Distribuição do retorno absoluto Proj. 1.....	72
Figura 4.3 Distribuição do retorno relativo Proj. 1.....	72
Figura 4.4 Distribuição do retorno absoluto Proj. 2.....	73
Figura 4.5 Distribuição do retorno relativo Proj. 2.....	73
Figura 4.6 Distribuição do retorno absoluto Proj. 3.....	73
Figura 4.7 Distribuição do retorno relativo Proj. 3.....	73
Figura 5.1 Tipologias de interdependências encontradas na literatura.....	83
Figura 5.2 Modelo para seleção e priorização de projetos.....	86
Figura 5.3 Matriz com valores de retorno absoluto e interdependências entre projetos.....	92
Figura 6.1 Modelo para seleção e priorização de projetos.....	99
Figura 6.2 Matriz com valores de retorno absoluto e interdependências entre projetos.....	104
Figura 6.3 Matriz com valores de retorno absoluto e interdependências entre projetos.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Referências bibliográficas identificadas nas bases de dados pesquisadas, 2000 a 2011	26
Tabela 2.2 Referências bibliográficas identificadas nas bases de dados pesquisadas, 2000 a 2011	27
Tabela 2.3 Principais estudos com critérios de seleção de projetos.....	30
Tabela 2.4 Frequência de publicações conforme o Continente e Período de publicação	31
Tabela 2.5 Frequência das Categorias de projetos nos Períodos de publicação	32
Tabela 2.6 Frequência das Ênfases dos critérios nos Períodos de publicação	32
Tabela 2.7 Frequência das Ênfases dos critérios nas Empresas e Governo	33
Tabela 2.8 Frequência das Ênfases dos critérios nos Continentes.....	33
Tabela 2.9 Frequência das Ênfases dos critérios nas Categorias de projetos	34
Tabela 3.1 Referências bibliográficas identificadas conforme as estratégias de busca e as bases de dados pesquisadas, 2000 a 2011.....	44
Tabela 3.2 Periódicos com artigos identificados e selecionados.....	45
Tabela 3.3 Estudos para avaliação e seleção de projetos.....	48
Tabela 3.4 Frequência de publicações conforme a abordagem do método e período de publicação	49
Tabela 3.5 Frequência de publicações conforme a consideração de correlação /dependência e período de publicação.....	50
Tabela 3.6 Frequência de publicações conforme o continente e período de publicação	50
Tabela 3.7 Frequência de publicações conforme a categoria de projetos e período de publicação	51
Tabela 3.8 Frequência de publicações conforme a categoria de projetos e período de publicação	51
Tabela 4.1 Valores determinísticos atribuídos aos projetos pelo grupo de analistas e tomadores de decisão.....	71
Tabela 4.2 Valores probabilísticos do resultado do investimento e benefício total dos projetos	72
Tabela 4.3 Valores probabilísticos dos indicadores globais dos projetos	72

Tabela 5.1 Benefícios e recursos disponíveis nos projetos de SI	91
Tabela 5.2 Interdependências (benefícios e custos).....	91
Tabela 6.1 Indicadores econômicos globais dos projetos da empresa A	103
Tabela 6.2 Interdependências de recursos nos projetos da empresa A	103
Tabela 6.3 Indicadores econômicos globais dos projetos da empresa B	105
Tabela 6.4 Interdependências de recursos nos projetos da empresa B	106

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Tema e Objetivos	15
1.2 Justificativa do tema e dos objetivos.....	16
1.3 Delineamento do Estudo.....	17
1.3.1 Método de Pesquisa	17
1.3.2 Método de trabalho	17
1.4 Delimitações do Estudo.....	19
1.5 Estrutura da Tese.....	20
1.6 Referências	20
2 ARTIGO 1 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROJETOS DO PORTFÓLIO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	22
2.1 Introdução.....	22
2.2 Critérios de avaliação e seleção de portfólio de projetos	24
2.3 Método.....	25
2.3.1 Definição do problema	25
2.3.2 Busca dos estudos	25
2.3.3 Seleção dos artigos.....	26
2.3.4 Avaliação crítica dos estudos selecionados.....	26
2.3.5 Coleta de dados.....	26
2.3.6 Análise dos dados	27
2.4 Resultados e discussão	29
2.5 Conclusões.....	34
2.6 Referências	36
3 ARTIGO 2 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROJETOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	41
3.1 Introdução	41
3.2 Método.....	43
3.2.1 Definição do problema	43
3.2.2 Busca dos estudos	43

3.2.3	Seleção dos artigos.....	44
3.2.4	Avaliação crítica dos estudos selecionados.....	46
3.2.5	Coleta de dados.....	46
3.2.6	Análise dos dados.....	46
3.3	Resultados e discussão.....	47
3.4	Conclusões.....	54
3.5	Referências.....	55
4	ARTIGO 3 - UM MODELO ECONÔMICO-PROBABILÍSTICO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS.....	60
4.1	Introdução.....	60
4.2	Procedimentos metodológicos.....	63
4.2.1	Seleção de critérios.....	63
4.2.2	Seleção do método.....	64
4.2.3	Integração de critérios e métodos e operacionalização do modelo.....	65
4.2.4	Teste do modelo proposto.....	68
4.3	Modelo proposto.....	68
4.4	Teste prático do modelo proposto.....	71
4.5	Conclusões.....	74
4.6	Referências.....	75
4.1	APÊNDICE A.....	79
5	ARTIGO 4 - UM MODELO PARA SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS QUE APRESENTAM INTERDEPENDÊNCIA.....	81
5.1	Introdução.....	81
5.2	Modelo proposto.....	85
5.2.1	Fase 1 – Análise econômico-probabilística.....	86
5.2.2	Fase 2: Análise de interdependências.....	88
5.3	Exemplo ilustrativo.....	90
5.4	Conclusões.....	93
5.5	Referências.....	94
6	ARTIGO 5 - SELEÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS QUE APRESENTAM INTERDEPENDÊNCIAS: RESULTADOS DE UM ESTUDO PRÁTICO EM EMPRESAS DOS SETORES NAVAL E PETROLÍFERO.....	96
6.1	Introdução.....	96
6.2	Procedimentos metodológicos.....	98
6.3	Resultados da aplicação prática.....	102
6.3.1	Caso A: empresa do setor naval.....	102
6.3.2	Caso B: empresa do setor petrolífero.....	104
6.4	Conclusões.....	108
6.5	Referências.....	109
6.6	APÊNDICE A.....	111
6.7	APÊNDICE B.....	115

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
7.1	Conclusões.....	117
7.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	119

1 INTRODUÇÃO

De forma crescente, as organizações lidam com projetos em suas rotinas diárias. De acordo com Maylor et al. (2006), atualmente é difícil encontrar alguma organização que não se envolva em algum tipo de atividade de projeto. Durante a última década, como parte de suas estratégias de vantagem competitiva, as organizações foram desviando o foco das operações para a gestão de projetos. Apesar de ser uma área de pesquisa bem desenvolvida, a gestão de projetos continua a impor desafios. As organizações possuem um grande número de projetos que, muitas vezes, excedem seu orçamento, sofrem atrasos ou falham em alcançar seus objetivos específicos. Um aspecto importante nesse contexto, é desenvolver a capacidade de selecionar quais projetos serão implementados e quais são priorizados, de modo a garantir o máximo retorno para a organização (ARCHER; GHASEMZADEH, 2007; AMARAL; ARAÚJO, 2009).

A prática denominada gerenciamento do portfólio de projetos ajuda a determinar a exata combinação de projetos e o correto nível de investimento para cada projeto, de maneira que sejam alcançados os objetivos da organização (KERZNER, 2006; MEREDITH; MANTEL JR., 2008). Na literatura, existem diversos métodos que podem ser utilizados para auxiliar a seleção e priorização de projetos, que variam de simples procedimentos de triagem até procedimentos matemáticos sofisticados. Existem na literatura diversas classificações para estes métodos, como a de Archer e Ghasemzadeh (1999) que utilizam a seguinte classificação: abordagens comparativas; abordagens *Ad hoc*; modelos de escore; matrizes de portfólio; e modelos de otimização. Cooper et al. (1999) classificam os métodos de seleção de projetos de novos produtos nas seguintes categorias: modelos financeiros e índices financeiros; modelos probabilísticos financeiros; teoria de opções reais; abordagem estratégicas; modelos de escores e *checklists*; abordagens de hierarquia analítica; abordagens comportamentais; e abordagens de mapas ou diagrama de bolhas. Contudo, muitos destes métodos são complexos e de difícil entendimento pelos tomadores de decisão. Além disso, a maioria deles não reconhece interdependência entre projetos e poucos parecem ter sido efetivamente testados em empresas (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999, 2007; COOPER et al., 1999, 2000).

No processo de seleção e priorização de projetos geralmente as informações disponíveis para os tomadores de decisão não são completas, gerando incertezas no processo. Para Gorrod (2004) e Hubbard (2007), a incerteza associada ao curso de ação gera possibilidades de perda ou ganho, ou variação dos resultados desejados ou planejados. Segundo a norma NBR

ISO 31000:2009, o efeito das incertezas nos objetivos caracteriza o risco. No entanto, a maioria dos métodos para seleção e priorização de projetos propostos na literatura trata o risco e incerteza de forma inadequada (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; MEADE; PRESLEY, 2002).

Os métodos de seleção de projetos exigem que os projetos sejam avaliados com base em critérios claros e pré-determinados. Os critérios de avaliação não são peculiares a nenhum método particular. De modo geral, a maioria dos métodos pode usar quase todos os critérios. Para Rajegopal et al. (2007), a escolha correta de critérios caracteriza-se por um número reduzido, ortogonal (sem sobreposição), compreensível, claramente mensuráveis, aplicável, diretamente ligados à estratégia, apropriado para o foco do portfólio.

Desta forma, desenvolver um modelo genérico, simples e abrangente a ser utilizado por organizações interessadas em gerenciamento do portfólio de projetos tem papel fundamental na difusão de práticas gerenciais. O modelo deve considerar critérios formais e completos, que forneçam informações sobre os aspectos considerados importantes para os tomadores de decisão.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema de pesquisa desta tese contempla a área de gestão de portfólio de projetos, com foco específico na etapa de seleção e priorização de projetos, enfatizando critérios e métodos utilizados nesta etapa.

O objetivo geral desta tese é desenvolver um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos. O modelo busca quantificar os investimentos e benefícios e incertezas associadas, fornecendo uma análise econômico-probabilística dos retornos esperados para os projetos. Além disso, o modelo procura identificar possíveis interdependências entre os projetos do portfólio.

Para que seja possível alcançar o objetivo geral deste trabalho, é necessário atingir cinco objetivos específicos:

- a) Identificar e selecionar os principais critérios de avaliação e seleção de projetos.
- b) Identificar os principais métodos utilizados na seleção e priorização de projetos.
- c) Integrar os critérios selecionados com um método de seleção e priorização de projetos em um modelo capaz de avaliar o retorno econômico e o impacto das incertezas envolvidas no resultado de cada projeto.

- d) Aprimorar o modelo validado para que seja capaz de identificar interdependência entre os projetos do portfólio.
- e) Testar e validar parcialmente o modelo ampliado através da aplicação na realidade de empresas.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA E DOS OBJETIVOS

O tema desta tese se enquadra na área da gestão de portfólio de projetos, que na última década, vem atraindo o interesse da comunidade técnica e da alta administração das empresas (COOPER et al., 2000). Dentro deste tema geral de pesquisa, destaca-se o tema específico: a seleção e priorização de projetos. Este tema mobiliza preocupação crescente uma vez que, geralmente, as organizações possuem disponíveis para a seleção um número de projetos superior a sua capacidade física e financeira. Desta forma, escolhas devem ser feitas para obtenção de um portfólio de projetos adequado, que garanta a competitividade das organizações. Para estabelecer o portfólio de projetos que serão implantados, devem ser utilizadas técnicas e procedimentos que auxiliem os tomadores de decisão a vencer os desafios inerentes a esta atividade, tais como recursos limitados, dificuldade de priorização, tomada de decisões na ausência de informações claras e confiáveis e excesso de projetos em andamento. Mas essas técnicas somente serão utilizadas se puderem ser facilmente entendidas por tomadores de decisão gerenciais (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; COOPER et al., 2000).

Muitas pesquisas têm se dedicado a estudar diferentes métodos de seleção e priorização de projetos. No entanto, as propostas existentes apresentam algumas limitações que inviabilizam a sua utilização prática, como: a exigência de muitos dados de entrada, o tratamento inadequado de risco e incerteza, a desconsideração de interdependências entre projetos, e a impossibilidade de serem utilizadas na forma de um processo organizado (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; MEADE; PRESLEY, 2002; LIESIÖ et al., 2007).

Em relação ao objetivo principal desta tese, que é propor um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos, destaca-se a necessidade deste tipo de contribuição tanto para o meio acadêmico quanto profissional. Do ponto de vista acadêmico, a principal contribuição desta tese é proporcionar um modelo alternativo ao uso de métodos complexos para selecionar e priorizar projetos que combina métodos econômicos e probabilísticos, seguindo procedimentos relativamente simples, mas capazes de considerar incertezas e interdependência entre projetos. Do ponto de vista prático, a importância desta

tese reside no fato de métodos econômicos serem considerados mais amigáveis aos tomadores de decisão, uma vez que o seu procedimento é transparente e o resultado financeiro é claro para todos os envolvidos (VERBANO; NOSELLA, 2010; ARCHER; GHASEMZADEH, 1999). O procedimento probabilístico permite qualificar a informação disponibilizada aos tomadores de decisão uma vez que é possível entender a extensão da incerteza associada aos critérios utilizados na tomada de decisão.

1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Definidos os objetivos da tese e apresentada a justificativa da importância dos mesmos, esta seção estabelece o delineamento do estudo pelo qual esses objetivos serão alcançados, considerando o método de pesquisa e o método de trabalho que serão utilizados.

1.3.1 Método de Pesquisa

O método de pesquisa científica adotado nesta tese, do ponto de vista de sua natureza, enquadra-se na categoria de pesquisa aplicada, tendo em vista que seu conteúdo teórico é explorado e direcionado à solução de problemas específicos (GIL, 2008), no caso a seleção e priorização de projetos. Considerando-se a abordagem, esta pesquisa utiliza a abordagem quantitativa, pois a interpretação dos fenômenos requer o uso de técnicas estatísticas (SILVA; MENEZES, 2001). Em relação aos seus objetivos, o trabalho enquadra-se na classe de pesquisa exploratória, uma vez que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito, através do levantamento dos critérios e métodos para seleção e priorização de projetos e análise de casos, e como pesquisa descritiva quando objetiva descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008).

1.3.2 Método de trabalho

O desenvolvimento deste trabalho é feito a partir de cinco etapas, que são apresentadas em formato de artigos. Esses artigos possuem objetivos específicos necessários para alcançar o objetivo geral da tese. Dependendo da etapa e do objetivo a ser alcançado, utilizam-se diferentes métodos de trabalho. A Figura 1.1 apresenta a estrutura do trabalho, com os artigos, seus objetivos e métodos.

Estudos	Objetivos	Questões de Pesquisa	Revisão Teórica	Método de Pesquisa
Artigo 1	Identificar critérios utilizados na etapa de seleção e priorização de projetos.	Quais os principais critérios utilizados na tomada de decisão de seleção de projetos? Como eles podem ser classificados?	1. Seleção e priorização de projetos. 2. Critérios utilizados na seleção de projetos.	1. Abordagem quantitativa. 2. Objetivo: Pesquisa descritiva. 3. Procedimentos técnicos: Pesquisa bibliográfica.
Artigo 2	Identificar métodos utilizados na etapa de seleção e priorização de projetos.	Quais os principais métodos utilizados na etapa de seleção e priorização de projetos? Como eles podem ser classificados?	1. Seleção e priorização de projetos. 2. Métodos utilizados na seleção e priorização de projetos.	1. Abordagem quantitativa. 2. Objetivo: Pesquisa descritiva. 3. Procedimentos técnicos: Pesquisa bibliográfica.
Artigo 3	Desenvolver um modelo econômico-probabilístico de seleção e priorização de projetos.	Como podem ser selecionados e priorizados os projetos do portfólio de uma empresa?	1. Critérios de seleção de projetos identificados no Artigo 1. 2. Métodos de seleção e priorização de projetos identificados no Artigo 2.	1. Abordagem quantitativa. 2. Objetivo: Pesquisa Exploratória. 3. Procedimentos técnicos: Pesquisa bibliográfica e Estudo de caso.
Artigo 4	Ampliar o modelo validado para análise de correlação e dependência entre os projetos do portfólio.	Como avaliar correlação e dependência entre os projetos do portfólio?	1. Correlação e dependência entre projetos do portfólio 2. Métodos de avaliação de correlação e dependência entre projetos.	1. Abordagem quantitativa. 2. Objetivo: Pesquisa Exploratória. 3. Procedimentos técnicos: Pesquisa bibliográfica e Estudo de caso.
Artigo 5	Testar o modelo com a aplicação em uma empresa.	Como pode ser aplicado o modelo em um caso prático da empresa?	1. Modelo econômico-probabilístico de seleção e priorização de projetos proposto no Artigo 2. 2. Características dos modelos importantes para a aplicação prática.	1. Abordagem quantitativa. 2. Objetivo: Pesquisa Exploratória. 3. Procedimentos técnicos: Estudo de caso.

Figura 1.1 Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida

O Artigo 1 – Critérios para seleção de projetos do portfólio: uma revisão sistemática da literatura – contempla um levantamento dos critérios de seleção de projetos utilizados em estudos anteriores, considerando a abrangência desses estudos e a categoria de projetos onde foram aplicados. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura que selecionou 73 estudos, publicados no período de 2000 a 2011. Após eliminar redundâncias, sobreposições e especificidades de critérios, o trabalho propõe uma lista contendo 35 critérios de seleção independentes. Posteriormente, os critérios são classificados em relação a sua ênfase predominante (benefícios estratégicos, benefícios comerciais, dificuldade técnica e custos financeiros) utilizando o diagrama de afinidades.

O Artigo 2 – Métodos de avaliação e seleção de projetos: uma revisão sistemática da literatura – apresenta uma revisão dos métodos de avaliação e seleção de projetos apresentados na literatura. Para tanto, foram seguidas seis etapas que são: definição do problema, busca dos estudos, seleção dos estudos, avaliação crítica dos estudos, coleta de dados e análise de dados. Os resultados deste artigo revelaram 71 estudos, publicados no período de 2000 a 2011, que utilizaram 22 métodos distintos para avaliação e seleção de projetos. Os dados obtidos foram analisados utilizando diversos critérios, tais como: ano, período de publicação, país e

continente de origem do primeiro autor, palavras-chaves, categoria de projetos, setor de aplicação, número de projetos considerado na seleção/avaliação, tipo de método, abordagem do método e consideração de interdependência entre projetos.

O Artigo 3 – Um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos – apresenta a proposta central da tese, que é o modelo econômico-probabilístico que avalia o retorno econômico e o impacto das incertezas envolvidas no resultado de cada projeto. Para tanto, este artigo utiliza os resultados obtidos no Artigo 1 (critérios de seleção de projetos) e no Artigo 2 (métodos de seleção e priorização de projetos) e desenvolve o modelo proposto nesta tese. Além disso, o modelo é testado em um estudo de caso prático junto a uma concessionária de energia elétrica e breves resultados referentes a esse teste são apresentados e discutidos.

O Artigo 4 – Um modelo para seleção e priorização de projetos considerando interdependências entre projetos – amplia o modelo econômico-probabilístico desenvolvido no Artigo 3 para que o mesmo seja capaz de considerar as interdependências entre os projetos em análise. Para isso, foi desenvolvida uma segunda fase para o modelo que utiliza programação matemática. O modelo ampliado é ainda testado através de um exemplo ilustrativo e os resultados desse estudo são apresentados e discutidos.

O Artigo 5 – Seleção de projetos considerando interdependências: resultados de um estudo prático em empresas dos setores naval e petrolífero – apresenta os resultados da aplicação do modelo desenvolvido no Artigo 4 em duas empresas. A primeira empresa atua principalmente no setor naval, enquanto a segunda pertence ao setor de petrolífero. Os estudos práticos permitem testar e validar parcialmente o modelo ampliado através da aplicação na realidade de empresas.

1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

A pesquisa concentra-se na etapa de seleção e priorização de projetos do processo de gerenciamento do portfólio. Desta maneira não é estudado em profundidade o modelo de gerenciamento de portfólio das empresas. Isto significa que o detalhamento das atividades necessárias para o adequado cumprimento das demais etapas inerentes à gestão de portfólio, tais como a identificação de projetos e revisão do portfólio, não são parte do escopo deste trabalho.

O modelo proposto para selecionar e priorizar projetos considera a avaliação dos principais critérios encontrados na literatura, porém outros critérios específicos de alguns

tipos de projetos e/ou empresas não são considerados. Contudo, o modelo proposto oferece uma plataforma aberta, facilitando a exclusão ou adição de novos critérios específicos.

O cenário de aplicação do estudo de caso se restringe a empresas que atuam nos setores naval e petrolífero. Apesar das atividades dessas empresas envolverem projetos de natureza distinta, nem todos os tipos de projeto são contemplados. Assim, apesar do modelo ter sido desenvolvido apoiado na literatura, que abrange vários tipos de projetos e empresas, o teste do modelo é feito em um cenário limitado. Testes em outros tipos de projetos e empresas seriam importantes para confirmar a abrangência do modelo proposto.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo aborda a introdução do trabalho e os objetivos, justificando a importância desta pesquisa. Este capítulo também apresenta o método de trabalho, a estrutura e as delimitações do estudo. Os cinco capítulos seguintes apresentam os artigos desenvolvidos, conforme a estrutura apresentada anteriormente na Figura 1.1. Por último, o capítulo sete aborda as considerações finais, discutindo as principais contribuições da tese e encaminhando possíveis direções para trabalhos futuros.

1.6 REFERÊNCIAS

- AMARAL, A.; ARAÚJO, M. Project Portfolio Management Phases: A Technique for Strategy Alignment. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, vol. 58, p 560-568, 2009.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal of Project Management**, vol. 17, n.4, p. 207-216, 1999.
- ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. Project portfolio selection and management. In: MORRIS, P. W. G.; PINTO, J. K. **The Wiley guide to project program & portfolio management**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., Cap 5, p. 94-112, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos - Princípios e diretrizes**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management More Effective. **Research Technology Management**, vol. 43, n.2, p. 18-33, 2000.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New product portfolio management: practices and performance. **Journal of Product Innovation Management**, vol. 16, n.4, p. 333-351, 1999.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach. **Omega**, vol. 36, p. 895-912, 2008.
- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ed. São Paulo: Atlas, 2008, 200p.

- GORROD, Martin. **Risk Management Systems: Process, Technology and Trends**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2004.
- HUBBARD, Douglas W. **How to Measure Anything: Finding the Value of “Intangibles” in Business**. John Wiley & Sons, Hoboken, 2007.
- KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- LAWSON, C. P.; LONGHURST, P.J.; IVEY, P. C. The application of a new research and development project selection model in SMEs. **Technovation**, vol. 26, n.2, p. 242-250, 2006.
- LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 181, p. 1488-1505, 2007.
- MAYLOR, H., BRADY, T., COOKE-DAVIES, T., HODGSON, D. From projectification to programmification. **International Journal of Project Management**, vol. 24, n.8, p 663-674, 2006.
- MEADE, L.M.; PRESLEY, A. R&D project selection using the Analytic Network Process. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 49, p. 59-66, 2002.
- MEREDITH, J.R.; MANTEL JR., S.J. **Project Management: A Managerial Approach**. 7th Edition. EUA: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- RAJEGOPAL, S.; MCGUIN, P.; WALLER, J. **Project Portfolio Management: Leading the corporate vision**. Inglaterra: Palgrave Macmillan, 2007.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 121 p., 2001.
- VERBANO, C.; NOSELLA, A. Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. **European Journal of Innovation Management**, vol. 13. n.3, p. 355-380, 2010.

2 ARTIGO 1 – Critérios de avaliação e seleção de projetos do portfólio: uma revisão sistemática da literatura

Camila Costa Dutra
José Luis Duarte Ribeiro
Marly Monteiro de Carvalho

Artigo submetido em 16/08/2011 para publicação na revista Produção (ABEPRO).

Resumo

Este trabalho apresenta um levantamento de critérios de avaliação e seleção de projetos utilizados em estudos anteriores. O levantamento foi realizado através de uma revisão sistemática da literatura. Para a realização da revisão sistemática, seis etapas foram contempladas: definição do problema, busca dos estudos, seleção dos estudos, avaliação crítica dos estudos, coleta de dados e análise de dados. Foram selecionados 73 estudos, publicados no período de 2000 a 2011, que utilizaram 35 critérios distintos para seleção de projetos. Os principais resultados revelaram que: (i) os trabalhos encontrados estão concentrados na Ásia, Europa e América, (ii) os projetos de P&D são o objeto mais frequente dos métodos encontrados, (iii) a maioria dos estudos analisados foram utilizados para seleção de projetos em empresas e (iv) a ênfase dos critérios em custos financeiros apareceu com maior percentual, sendo a ênfase dificuldade técnica a menos utilizada.

Palavras-chave: Revisão sistemática; Portfólio de projetos; Avaliação de projetos; Seleção de projetos.

Criteria for portfolio projects selection: a systematic literature review

Abstract

This paper presents a survey of evaluation and selection criteria used in previous studies. The survey was conducted through a systematic literature review. To perform the systematic review six steps were comprised: definition of the problem, studies search, selecting studies, studies critical evaluation, data collection, and data analysis. A total of 73 studies published between 2000 to 2011 were selected. These studies cover 35 different criteria for project selection. Results reveal that: (i) the publications found are concentrated in Asia, Europe and America, (ii) the R&D projects are the most common object of the selection methods, (iii) most studies have been used for project selection in companies, and (iv) the emphasis on "financial cost" criteria appeared with the highest percentage, being "technical difficulty" the least used emphasis.

Keywords: Systematic review, Project portfolio, Project evaluation, Project selection.

2.1 INTRODUÇÃO

É crescente o número de projetos nas organizações e, geralmente, o número de propostas de projetos é superior aos recursos disponíveis para atendê-las. Por isso, é necessário escolher quais projetos devem ser implementados e quais são os projetos prioritários. Esta seleção e priorização de projetos são atividades periódicas nas organizações e fazem parte da gestão de portfólio de projetos. Por ser um problema de decisão estratégica, a seleção de projetos é complexa, frequentemente caracterizada por múltiplos objetivos, conflitantes e difíceis de mensurar. Para que as decisões sejam tomadas corretamente, é importante a definição clara de critérios e métodos para que os tomadores de decisão possam

avaliar cada projeto potencial (KERZNER, 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007; LIESIÖ *et al.*, 2007; MEREDITH; MANTEL JR., 2008).

Na literatura há diversos estudos que abordam temas com avaliação, seleção, classificação e priorização de projetos. Porém, existe uma lacuna sobre quais critérios devem ser utilizados na seleção e priorização. A literatura também falha na recomendação de critérios genéricos para a tomada de decisão em projetos de acordo com o segmento de mercado, país, tipo de projeto, tamanho da organização e setor público ou privado. Como resultado, cada organização tende a escolher um subconjunto de critérios que consideram mais importantes. Contudo, o subconjunto escolhido pode ser incompleto ou insuficiente para subsidiar decisões qualificadas. A escolha errada de critérios de tomada de decisão pode levar a organização a não atingir os seus objetivos estratégicos, bem como os das partes interessadas (PADOVANI *et al.*, 2008).

Este artigo apresenta um levantamento de critérios de avaliação e seleção de projetos utilizados em estudos anteriores, considerando a abrangência desses estudos e a categoria de projetos onde foram aplicados. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. A revisão sistemática identifica, seleciona e avalia criticamente artigos publicados tendo por foco uma questão, ou área, ou tópico de interesse (KITCHENHAM, 2004). Este trabalho pode ser classificado, do ponto de vista de sua natureza, como uma pesquisa aplicada. Considerando-se a abordagem, esta pesquisa utiliza a abordagem quantitativa, pois a interpretação dos fenômenos requer o uso de técnicas estatísticas. Em relação aos seus objetivos, o trabalho enquadra-se na classe de pesquisa descritiva, uma vez que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos pode ser considerado uma pesquisa bibliográfica, pois foi elaborado a partir de material já publicado, constituído principalmente de artigos de periódicos (GIL, 2008).

O trabalho está organizado em cinco seções. Após esta introdução, a seção 2 discorre sobre critérios de avaliação e seleção de projetos de portfólios. A seção 3 apresenta o método utilizado para o levantamento de critérios. A seção 4 relata e discute os resultados da revisão sistemática e apresenta a proposta de critérios para avaliação e seleção de projetos, enquanto a seção 5 sumariza as conclusões do trabalho.

2.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

Em comparação com as decisões gerenciais e operacionais que normalmente estão envolvidas na gestão de projetos individuais, a seleção de portfólio é uma decisão estratégica. Para garantir o máximo retorno sobre os projetos selecionados, o processo de seleção deve estar ligado à estratégia de negócios da organização. Para isso, é importante buscar meios de atingir a visão, missão e os demais elementos do plano estratégico. A relação entre os projetos propostos e as estratégias de negócio da organização se estabelece através dos critérios, que devem ser representativos de cada uma das estratégias. As metas e objetivos organizacionais, existentes na maioria das empresas, são o ponto de partida para a definição de critérios para tomada de decisões em gerenciamento de portfólio de projeto (KERZNER, 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007; RAJEGOPAL et al., 2007; COOPER, 2007; LACERDA et al., 2010).

Os métodos de seleção de projetos exigem que os projetos sejam avaliados com base em critérios claros e pré-determinados. Os critérios de avaliação não são peculiares a nenhum método particular, qualquer um dos métodos pode usar quase todos os critérios. Os critérios definidos pela maioria das empresas podem ser subjetivos, objetivos, quantitativos ou simplesmente intuitivos. Para Rajegopal et al. (2007), a escolha correta de critérios caracteriza-se por um número reduzido, ortogonal (sem sobreposição), compreensível, claramente mensuráveis, aplicável, diretamente ligados à estratégia, apropriado para o foco do portfólio. A avaliação do projeto proposto a um conjunto de critérios de priorização elimina a concorrência desleal entre os projetos, que ocorre quando os projetos são avaliados um contra o outro (MARTINO, 1995; KERZNER, 2006; CASTRO; CARVALHO, 2010).

O trabalho de Henriksen e Traynor (1999) apresenta duas maneiras pelas quais se podem decidir os critérios pelos quais os projetos propostos serão avaliados: um processo de investigação informal, como um questionário ou uma reunião com as partes interessadas; ou um método mais formal, como o Processo Analítico Hierárquico (AHP) ou o método Delphi. A vantagem de um processo formal sobre um processo informal é que o rigor traz consigo credibilidade, mas também consome mais tempo e recursos. De maneira formal ou informal, os pontos mais importantes são a certeza de que as partes interessadas forneceram os dados necessários e que os critérios estabelecidos estão completos, mas não redundantes. A escolha por um processo formal e estruturado e formalizado auxilia os tomadores de decisão a administrar as pressões de grupos de interesses, justificando e comunicando suas decisões aos demais elementos da organização (CHIEN, 2002; LACERDA et al., 2010).

A identificação de critérios de decisão para a seleção de projetos foi tratada por diversos autores sendo adotados diferentes critérios de acordo com o tipo de projeto e o tipo de organização (CASTRO; CARVALHO, 2010). Os estudos de casos realizados por Padovani et al. (2008) mostram a existência de critérios de seleção e priorização de projetos, independentemente do tipo de instituição - pública ou privada, o setor em que a instituição atua, sua rentabilidade e localização. No entanto, a denominação varia de acordo com a cultura corporativa de cada instituição. Esses autores concluem que existem quatro critérios genéricos de decisão para a seleção e priorização dos projetos de um portfólio que são: complexidade, riscos, benefícios e viabilidade técnica do projeto.

2.3 MÉTODO

Esta seção apresenta a seqüência e o detalhamento de etapas utilizadas na condução da revisão sistemática da literatura, conforme proposta de Magarey (2001), que assemelha-se a proposta de Ensslin et al. (2010).

2.3.1 Definição do problema

A primeira etapa da revisão sistemática é a definição do problema. Considerando o tema de gestão de portfólio de projetos, foi estabelecido como objetivo elencar os critérios utilizados na etapa de avaliação e seleção de projetos.

2.3.2 Busca dos estudos

A busca dos estudos foi realizada nos meses de novembro de 2010 a janeiro de 2011, a partir das bases de dados on-line *ISI Web of Knowledge*, *Science Direct* e outras bases do Portal de Periódicos da Capes. As palavras-chave utilizadas na busca foram: *project selection*, *project evaluation* e *criteria*. O período pesquisado compreendeu de janeiro de 2000 a janeiro de 2011.

Em função do alto volume de artigos encontrados, utilizaram-se filtros para facilitar a fase seguinte de seleção. Para a base de dados *ISI Web of Knowledge*, foram utilizados os seguintes filtros: i) categoria: ciência e tecnologia e ciências sociais; ii) linguagem: português, inglês e espanhol; iii) área do assunto: engenharia, pesquisa operacional e ciência da administração, negócio e economia, e matemática. Na *Science Direct* os assuntos selecionados foram negócio, administração e contabilidade, ciência da computação, ciências da decisão, economia, econometria e finanças, engenharia e matemática. Na última base de

dados consultada, o Portal de Periódicos da Capes, optou-se pela busca em periódicos da área multidisciplinar e de engenharia. O total de artigos resultantes da busca, conforme as palavras-chave e estratégia de busca utilizadas, para cada base de dados pode ser observado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Referências bibliográficas identificadas nas bases de dados pesquisadas, 2000 a 2011

Base de dados	Referências identificadas
<i>ISI Web of Knowledge</i>	117
<i>Science direct</i>	58
Outras bases do Portal de Periódicos da Capes	31
TOTAL	206

2.3.3 Seleção dos artigos

Na etapa de seleção de artigos, a primeira atividade foi a exclusão de artigos duplicados e a análise do título, observando o problema a ser investigado. Com isso, o número de artigos identificados foi reduzido para 125.

Na seqüência, foi feita a avaliação dos resumos (*abstracts*) dos artigos validados na atividade anterior, relacionando os resultados descritos com o objetivo norteador da pesquisa. Quando o resumo não foi esclarecedor, fez-se a leitura do artigo na íntegra, para evitar que estudos importantes fossem deixados de fora da revisão. Os artigos selecionados foram aqueles que apresentaram conteúdo que pudesse subsidiar a extração de critérios/variáveis associados à avaliação e seleção de projetos. Dessa forma, um total de 73 artigos foi selecionado atendendo a esses critérios. A Tabela 2.2 apresenta os periódicos e conferências e o número de artigos identificados e selecionados.

2.3.4 Avaliação crítica dos estudos selecionados

Durante a avaliação crítica, uma leitura geral dos estudos foi desenvolvida, verificando a qualificação dos procedimentos metodológicos empregados, sendo os 73 artigos mantidos para a etapa seguinte.

2.3.5 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada considerando os resultados decorrentes da pesquisa descrita nos diferentes artigos que constituíram a amostra deste estudo, primando pela identificação dos critérios de avaliação de organizações. Os artigos incluídos na revisão sistemática foram organizados em uma planilha eletrônica que apresenta suas características principais.

Tabela 2.2 Referências bibliográficas identificadas nas bases de dados pesquisadas, 2000 a 2011

<i>Journal/Conferência</i>	Artigos identificados	Artigos selecionados
1 <i>Benchmarking: An International Journal</i>	1	0
2 <i>Business Process Management Journal</i>	1	1
3 <i>Computers & Industrial Engineering</i>	2	0
4 <i>Computers & Operations Research</i>	5	4
5 <i>Decision Support Systems</i>	4	2
6 <i>European Journal of Innovation Management</i>	1	0
7 <i>European Journal of Operational Research</i>	24	13
8 <i>Expert Systems with Applications</i>	8	5
9 <i>Fuzzy Sets and Systems</i>	1	1
10 <i>Gestão & Produção</i>	3	2
11 <i>IEEE Engineering Management Review</i>	1	1
12 <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>	17	11
13 <i>Industrial Management & Data Systems</i>	3	1
14 <i>International Conference on Management and Service Science 2010</i>	1	1
15 <i>International Journal of Managing Projects in Business</i>	3	1
16 <i>International Journal of Operations & Production Management</i>	1	0
17 <i>International Journal of Production Economics</i>	3	1
18 <i>International Journal of Project Management</i>	15	7
19 <i>International Journal of Quality & Reliability Management</i>	1	1
20 <i>Journal of Computational and Applied Mathematics</i>	1	0
21 <i>Journal of Operations Management</i>	1	1
22 <i>Journal of Product Innovation Management</i>	1	1
23 <i>Mathematical and Computer Modelling</i>	1	1
24 <i>Omega</i>	3	2
25 <i>Operations Research Letters</i>	1	0
26 <i>Proceedings of the 2008 IEEE IEEM</i>	1	1
27 <i>Product: Management & Development</i>	1	1
28 <i>Quality and Reliability Engineering International</i>	1	0
29 <i>Quality Progress</i>	1	0
30 <i>R&D Management</i>	6	5
31 <i>Research Technology Management</i>	2	1
32 <i>Revista Gestão Industrial</i>	1	1
33 <i>Revista Produção</i>	2	1
34 <i>Technovation</i>	4	3
35 <i>The TQM Magazine</i>	1	1
36 <i>Wireless Communications Networking and Mobile Computing 2008</i>	1	1
37 <i>XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção</i>	1	1
TOTAL	125	73

2.3.6 Análise dos dados

Os dados obtidos foram classificados utilizando diversos critérios de classificação, tais como: ano, período de publicação, país e continente de origem do primeiro autor, categoria de projetos, responsável pela seleção, critérios utilizados e ênfase do critério de seleção.

O período de publicação foi dividido em artigos publicados entre 2000 e 2005 e entre 2006 e 2011. Em relação à categoria de projetos considerada na avaliação e seleção, utilizou-se: i) geral, para o caso de consideração de diversos tipos de projetos de uma organização; ii) hipotético; iii) infra-estrutura/engenharia; iv) estratégico/financiamento/ investimento; v) pesquisa e desenvolvimento (P&D); e vi) sistemas de informação (SI). A responsabilidade

sobre a seleção também foi analisada, dividindo-se os responsáveis pela seleção entre: setor da economia, governo, agência de fomento, empresa e organização internacional.

A análise revelou 443 critérios. No entanto, esse conjunto apresentava muitos critérios semelhantes, porém com terminologia variada. Também existiam muitas redundâncias e superposições, ou seja, um único critério estava desdobrado em dois ou mais critérios. Ainda, 24 critérios foram descartados por serem muito específicos, como a “Diversidade na prevalência de fumantes, específico de um estudo na área da saúde. Padronizando a terminologia dos critérios e eliminando-se as redundâncias, superposições e especificidades, foi elaborada uma lista contendo 35 critérios de seleção independentes. Na sequência, utilizando-se o diagrama de afinidades, esses critérios foram agrupados em relação a sua ênfase predominante: benefícios estratégicos, benefícios comerciais, dificuldade técnica e custos financeiros.

Benefícios estratégicos referem-se aqueles critérios que auxiliam no alcance das estratégias da empresa, identificadas no Planejamento Estratégico. Exemplos de critérios associados a benefícios estratégicos são “melhoria da competitividade” e “atendimento às necessidades dos colaboradores”. Benefícios comerciais referem-se a critérios que auxiliam no alcance das metas financeiras da empresa. Exemplos de critérios associados a benefícios comerciais são “Potencial de mercado/Faturamento” e “Concorrência na área do projeto”. Os critérios classificados no grupo de Dificuldade técnica são aqueles que influenciam tecnicamente o desenvolvimento do projeto como, por exemplo, “Complexidade do projeto” e “Grau de inovação”. Custos financeiros são aqueles critérios que impactam mais diretamente o orçamento do projeto. Exemplos de critérios classificados em custos financeiros tem-se o “Investimento em infra-estrutura” e o “Investimento em recursos humanos (RH)”.

Alguns dos critérios não apresentavam uma classificação evidente e poderiam ser classificados em mais de um grupo. Nestes casos, o critério foi enquadrado na ênfase predominante, ou seja, aquela que correspondia à conotação usualmente dada a este critério pelos autores da literatura. Por exemplo, o critério “Incertezas envolvidas” se aplica tanto para custos financeiros quanto para dificuldade técnica, mas se utilizou o aspecto financeiro, pois a maioria dos autores consultados aborda incertezas a partir dessa perspectiva.

Para apresentação dos dados, as informações foram organizadas de forma a destacar as semelhanças e diferenças entre os resultados do estudo (KITCHENHAM, 2004). Para isso, foram gerados quadros resumos que permitem a visualização de cada informação extraída em relação às demais. Também se utilizou a ferramenta Tabela Dinâmica disponível em planilhas

eletrônicas. A Tabela Dinâmica permite a obtenção de múltiplas consultas do mesmo conjunto de dados.

Para a análise dos dados utilizou-se o teste Qui-quadrado de independência em tabelas de contingência. O teste verifica se existe independência entre duas variáveis medidas nas mesmas unidades experimentais. A hipótese nula é que as duas variáveis são independentes. Para a avaliação, compara-se as frequências reais das células das tabelas com as frequências esperadas sob o pressuposta da independência. As frequências esperadas são as que proporcionam as relações simétricas apropriadas nas colunas e linhas. O teste do Qui-quadrado avalia quão próximas estão as frequências observadas e esperadas. O valor calculado de Qui-quadrado é comparado ao valor calculado uma probabilidade de ocorrência (valor-p) utilizando tabelas ou planilhas com a distribuição do Qui-quadrado, ao nível de significância de 0,05. Desta forma, pode-se decidir pela aceitação ou rejeição da hipótese nula (RYAN, 2009; MENDENHALL; SINCICH, 2007; SNEDECOR; COCHRAN, 1967).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da revisão sistemática, considerando os periódicos onde as publicações foram veiculadas, destacam o *European Journal of Operational Research* e *IEEE Transactions on Engineering Management*, que apresentam mais de dez artigos selecionados no período em análise. A seguir, aparecem o *International Journal of Project Management*, com sete publicações, o *Expert Systems with Applications* e o *R&D Management*, ambos com cinco artigos selecionados no período investigado.

A Figura 2.1 apresenta a evolução do número de publicações ao longo dos anos pesquisados. Observa-se que com a evolução do tempo não existe uma tendência de crescimento, variando o número de publicações ano a ano.

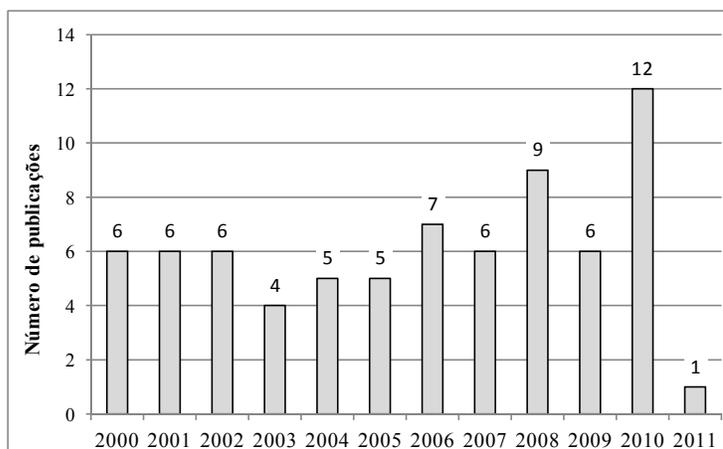


Figura 2.1 Número de publicações ao longo dos anos pesquisados

A Tabela 2.3 apresenta a síntese dos critérios de seleção de projetos identificados nos principais estudos selecionados, que descartando critérios específicos totalizam 419. A numeração das referências na Tabela 2.3 refere-se aos artigos listados na seção de Referências ao final deste trabalho.

Tabela 2.3 Principais estudos com critérios de seleção de projetos

Ênfase da seleção	Critério de seleção	Freq.	Referências
Benefícios Estratégicos	Melhoria da competitividade	13	(22), (24), (34), (40), (41), (50), (53), (56), (62), (66), (73), (86), (88)
	Alinhamento estratégico	13	(3), (10), (21), (24), (30), (31), (50), (68), (73), (75)
	Benefícios intangíveis - outros	9	(3), (4), (5), (22), (30), (31), (36), (74)
	Benefícios sociais	7	(20), (37), (41), (77), (82), (88)
	Relacionamento com outros projetos	6	(15), (22), (24), (68), (89)
	Atendimento às necessidades dos colaboradores	5	(6), (24), (62), (68), (72)
	Benefícios ambientais	4	(20), (34), (37), (68)
	Benefícios políticos	4	(33), (38), (43), (82)
	Redução do uso de recursos naturais	4	(4), (82), (88), (90)
	Aprendizagem e conhecimento	3	(29), (53), (91)
	Benefícios ampliados em outros projetos	3	(18), (23), (88)
	Geração de emprego	3	(34), (66)
	Reutilização de partes	3	(4), (82), (88)
	Benefícios à comunidade	2	(22), (23)
Benefícios comerciais	Motivação da equipe	2	(24), (86)
	Reciclagem de materiais	2	(4), (82)
	Potencial de mercado/ Faturamento	65	(3), (7), (8), (9), (10), (12), (14), (15), (17), (18), (21), (24), (30), (31), (35), (37), (38), (40), (43), (46), (49), (50), (52), (55), (57), (58), (60), (61), (62), (66), (68), (69), (73), (75), (82), (84), (86), (88), (91)
	Benefícios totais	26	(4), (6), (9), (10), (17), (18), (23), (27), (31), (33), (35), (41), (48), (49), (50), (55), (73), (75), (77), (82), (88), (89), (91)
	Atendimento às necessidades dos clientes	19	(3), (5), (6), (12), (24), (33), (34), (38), (40), (50), (54), (61), (67), (75), (77), (86), (90)
Dificuldade técnica	Concorrência na área de projeto	4	(38), (43), (59), (68)
	Potencial de replicabilidade ou expansão	2	(3), (24)
	Complexidade do projeto	35	(1), (4), (7), (8), (16), (17), (18), (20), (24), (28), (34), (53), (54), (56), (59), (62), (73), (74), (75), (77), (80), (86), (87)
	Tempo envolvido	16	(1), (3), (5), (10), (21), (24), (28), (31), (49), (50), (61), (79), (86), (89)
	Facilidade de execução e manutenção	14	(15), (17), (24), (29), (41), (49), (58), (63), (74), (75), (77), (86), (88), (89)
	Grau de inovação	8	(22), (29), (41), (54), (61), (67), (88), (91)
	Atendimento à aspectos regulatórios	5	(18), (24), (33), (40), (68)
Custos financeiros	Escopo do projeto	2	(1), (43)
	Patenteabilidade	2	(24), (60)
	Investimento total	48	(1), (3), (4), (5), (7), (8), (9), (14), (16), (21), (24), (29), (30), (31), (34), (35), (36), (43), (46), (48), (49), (50), (52), (53), (55), (56), (57), (60), (62), (67), (68), (69), (72), (75), (79), (82), (84), (85), (86), (89), (90)
	Incertezas envolvidas	37	(3), (5), (7), (8), (9), (12), (21), (23), (24), (27), (29), (30), (31), (33), (35), (37), (41), (48), (49), (54), (55), (59), (61), (68), (73), (74), (75), (82), (86), (89)
	Investimento em RH	28	(3), (5), (7), (12), (13), (23), (24), (28), (31), (36), (48), (50), (52), (67), (68), (79), (84), (86), (89), (90), (91)
	Investimento em infraestrutura	12	(5), (12), (13), (18), (33), (34), (49), (90)
	Investimento em fornecedores	6	(3), (15), (86), (89)
	Investimento em tecnologia	5	(1), (24), (43), (59), (89)
	Investimento em marketing	2	(90)

Os estudos foram aglutinados observando os critérios de seleção, a respectiva ênfase e a frequência em que apareceram. Um mesmo critério pode aparecer mais do que uma vez no mesmo estudo, uma vez que o mesmo pode estar desdobrado em subcritérios, para a análise dos dados considerou-se somente o critério principal.

O “Potencial de mercado/Faturamento” foi o critério de seleção considerado pelo maior número de estudos, seguido pelo “Investimento total” e as “Incertezas envolvidas”. Dentre os critérios com ênfase em benefícios estratégicos, os critérios de “Melhoria da competitividade” e “Alinhamento estratégico” foram aqueles empregados em um maior número de estudos. Observando-se a ênfase nos benefícios comerciais, os mais utilizados são o “Potencial de mercado/Faturamento” e “Benefícios totais”. Na dificuldade técnica, os critérios mais empregados foram a “Complexidade do projeto” e o “Tempo envolvido”. Nos critérios classificados como custos financeiros, o “Investimento total” foi o mais utilizado, seguido pelas “Incertezas envolvidas”.

A Tabela 2.4 apresenta a evolução no tempo do continente de origem dos primeiros autores das publicações. Para identificar se há diferenças estatisticamente significativas entre as frequências apresentadas nas células da Tabela 2.4, utilizou-se o teste do Qui-quadrado. A Figura 2.2 apresenta a frequência condicional de publicações em função do continente e o período de publicação.

Tabela 2.4 Frequência de publicações conforme o Continente e Período de publicação

Continente	2000-2005	2006-2011	Total geral
África	1	1	2
América	10	10	20
Ásia	12	16	28
Europa	9	14	23
Total geral	32	41	73

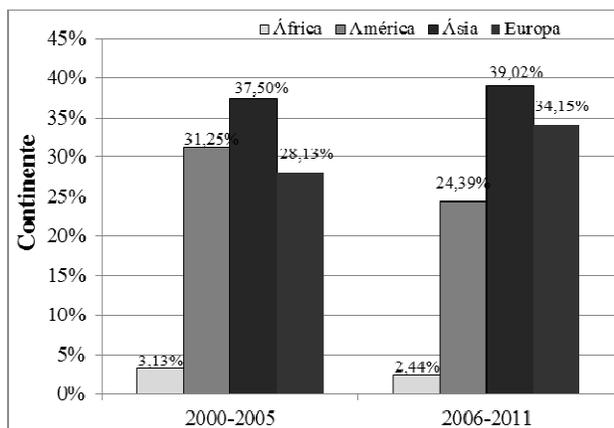


Figura 2.2 Frequência condicional de publicações em função de Continente e período de publicação

O teste do qui-quadrado indicou que as duas variáveis são independentes (valor-p = 0,91). Os dados apresentados na Figura 2.2 indicam que as publicações estão concentradas na América, Ásia e Europa, enquanto a África possui um percentual de publicação muito pequeno.

A evolução no tempo das categorias de projetos utilizadas nos estudos pode ser observada na Tabela 2.5. O gráfico da Figura 2.3 apresenta a frequência condicional de publicações em função da categoria dos projetos considerados na seleção e o período de

publicação. O teste do Qui-quadrado (valor- $p=0,82$), ou seja, as variáveis são independentes e o percentual de estudos em cada uma das categorias não se alterou significativamente com o tempo. Observa-se que a categoria de projetos de P&D/Melhoria de processo/Produto é alvo da maior parte dos estudos.

Tabela 2.5 Frequência das Categorias de projetos nos Períodos de publicação

Categoria de projetos	2000-2005	2006-2011	Total geral
Estratégico/ Financiamento/ Investimento	2	7	9
Geral	2	3	5
Hipotético	2	2	4
Infra-estrutura/Engenharia	2	3	5
P&D/Melhoria processo/Produto	19	20	39
SI	5	6	11
Total geral	32	41	73

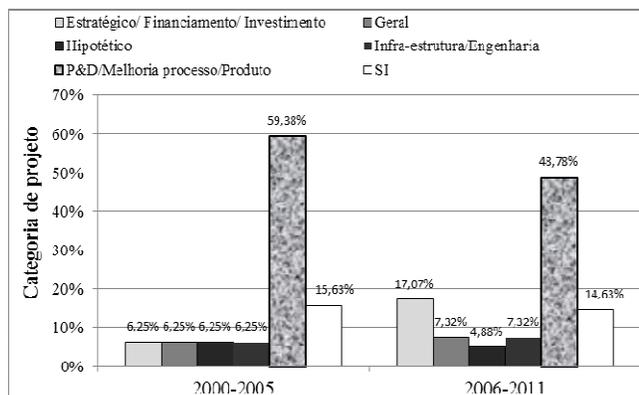


Figura 2.3 Frequência condicional de publicações em função de categoria de projeto e período de publicação

Ao analisar-se a ênfase dos critérios e o período de publicação apresentados na Tabela 2.6, o teste do qui-quadrado (valor- $p= 0,88$) indicou independência entre as variáveis. Isto significa que não houve uma mudança no perfil dos critérios ao longo do tempo. O gráfico da Figura 2.4 apresenta a frequência condicional de publicações em função da ênfase dos critérios e o período de publicação. Os dados revelam que a ênfase em custos financeiros é associada ao maior número de critérios, seguido pelos benefícios comerciais.

Tabela 2.6 Frequência das Ênfases dos critérios nos Períodos de publicação

Ênfase dos critérios	2000-2005	2006-2011	Total geral
Benefícios comerciais	53	63	116
Benefícios Estratégicos	38	45	83
Custos financeiros	57	81	138
Dificuldade técnica	35	47	82
Total geral	183	236	419

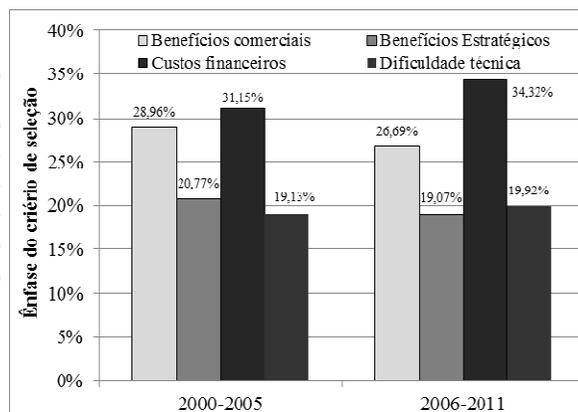


Figura 2.4 Frequência condicional das Ênfases dos critérios e período de publicação

A Tabela 2.7 apresenta as ênfases dos critérios utilizados para a seleção de projetos nos estudos desenvolvidos em empresas e entidades governamentais, que foram alvo da maior parte dos estudos, totalizando 67. A Figura 2.5 apresenta a frequência condicional de publicações em função da ênfase dos critérios e tipo de decisor (empresas e entidades governamentais).

O teste do qui-quadrado indicou probabilidade associada (valor-p) de 1,83E-04. Como esse valor é inferior a 0,05, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que existe dependência entre as variáveis. A análise dos dados das revela que os critérios mais utilizados pelas empresas são os de custo financeiro. Os benefícios estratégicos possuem maior percentual nas entidades governamentais, enquanto, para as empresas, esses são os critérios menos utilizados. Para entidades governamentais, os critérios de dificuldade técnica são os menos utilizados.

Tabela 2.7 Frequência das Ênfases dos critérios nas Empresas e Governo

Ênfase do critério	Empresa	Governo	Total geral
Benefícios comerciais	84	23	107
Benefícios Estratégicos	38	36	75
Custos financeiros	99	33	132
Dificuldade técnica	60	17	77
Total geral	281	109	390

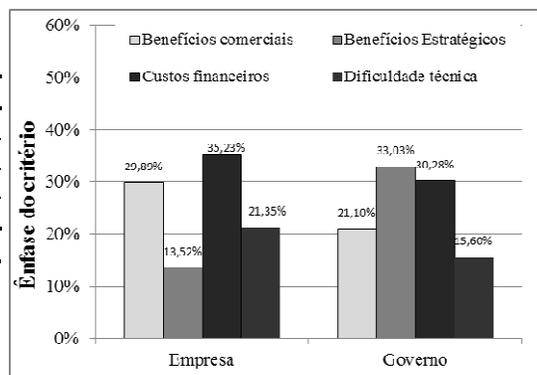


Figura 2.5 Frequência condicional das Ênfases dos critérios nas empresas e governo

As ênfases dos critérios utilizados nos diferentes continentes podem ser visualizadas na Tabela 2.8. O gráfico da Figura 2.6 apresenta a frequência condicional de publicações em função da ênfase dos critérios e continentes. O teste do Qui-quadrado indicou que existe independência entre as variáveis (valor-p = 0,81). Conforme demonstra a Figura 2.6, o perfil referente à ênfase dos critérios é aproximadamente o mesmo em todos os continentes.

Tabela 2.8 Frequência das Ênfases dos critérios nos Continentes

Ênfase	África	América	Ásia	Europa	Total geral
Benefícios comerciais	1	33	47	35	116
Benefícios Estratégicos	2	15	39	27	83
Custos financeiros	1	30	65	42	138
Dificuldade técnica	1	22	33	26	82
Total Geral	5	100	184	130	419

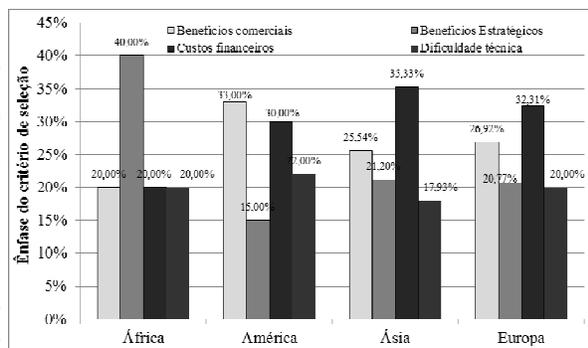


Figura 2.6 Frequência condicional de publicações em função de Continente e Ênfase dos critérios

A análise das probabilidades condicionais das ênfases dos critérios utilizados na seleção de diferentes categorias de projetos está apresentada na Tabela 2.9. A Figura 2.7 apresenta a frequência condicional de publicações em função da ênfase dos critérios e categoria de projetos. O teste do qui-quadrado indicou que há dependência entre as variáveis (valor-p = 1,54 E-04).

O gráfico da Figura 2.7 revela que a ênfase dificuldade técnica é a mais utilizada na seleção de projetos Estratégicos / Financiamento / Investimento. Para projetos gerais, os critérios mais utilizados são os de dificuldade técnica e benefícios comerciais. Na seleção de projetos Hipotéticos, de Infra-estrutura/Engenharia e de SI, enfatiza-se os custos financeiros. Para os projetos de P&D enfatiza-se os benefícios comerciais.

Tabela 2.9 Frequência das Ênfases dos critérios nas Categorias de projetos

Ênfase	Estrat./ Financ./ Invest.	Geral	Hipotético	Infra-estrut./ Engenharia	P&D	SI	Total geral
Benefícios comerciais	6	10	4	6	79	11	116
Benefícios Estratégicos	13	5	5	11	40	9	83
Custos financeiros	12	6	7	15	64	34	138
Dificuldade técnica	16	10	1	6	41	8	82
Total geral	47	31	17	38	224	62	419

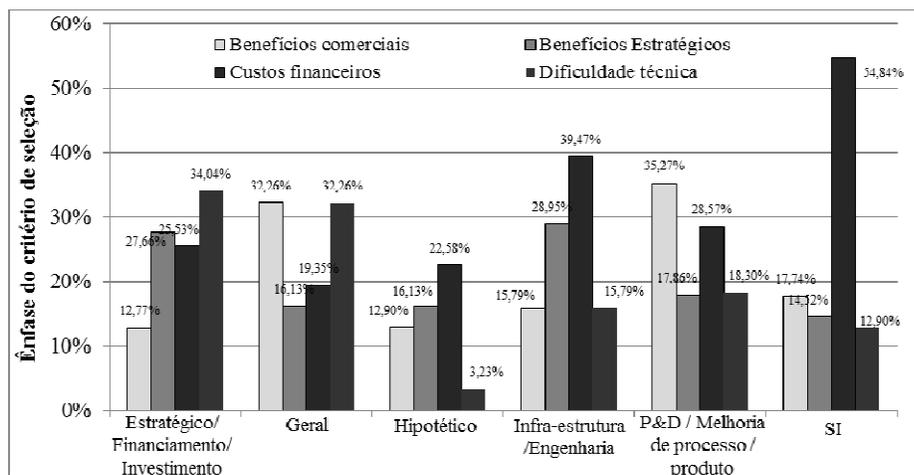


Figura 2.7 Frequência condicional de publicações em função de Ênfase do critério e categoria de projeto

2.5 CONCLUSÕES

A escolha e ponderação de critérios são cruciais na seleção dos projetos a desenvolver. A correta definição dos critérios de priorização contribui para assegurar o alinhamento dos projetos com as estratégias de negócios da organização (JIANG; KLEIN, 1999; RAJEGOPAL et al., 2007). A revisão sistemática da literatura apresentada neste artigo revelou que existe uma grande variedade de critérios a serem considerados na avaliação e seleção de projetos, que apresentam diferenças significativas por categoria de projetos e por tipo de decisor.

O período de 2000 a 2011, contemplado na revisão, apontou 73 estudos que utilizaram 443 critérios para avaliação e seleção de projetos. Depois de padronizar a

terminologia, eliminar redundâncias, superposições e especificidades, foi elaborada uma lista contendo 35 critérios de seleção independentes. Uma vez que foi gerada a partir de trabalhos que abordam diferentes tipos de projetos e organizações, a lista pode ser considerada completa e genérica. Isto possibilita a sua utilização para analisar diferentes tipos de projetos e subsidiar decisões qualificadas.

Os trabalhos encontrados foram classificados pelo continente de origem dos primeiros autores, estando eles concentrados na Ásia, Europa e América. A África apareceu com apenas dois estudos. Os projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) são o objeto mais frequente dos métodos encontrados, seguidos pelos projetos de sistemas de informação (SI). Isto pode ser decorrente do número elevado desses tipos de projetos disponível para avaliação nas empresas.

Os critérios foram classificados em quatro diferentes ênfases que são benefícios comerciais, benefícios estratégicos, custos financeiros e dificuldade técnica. A ênfase em custos financeiros apareceu no maior número de estudos, sendo que a ênfase dificuldade técnica foi a menos utilizada. Não houve variação com a evolução do tempo no tipo de ênfase dos critérios.

A análise da ênfase dos critérios utilizados pelas empresas e entidades governamentais, onde a maior parte dos estudos esteve concentrada, revelou que, enquanto nas empresas os critérios que enfatizam benefícios estratégicos são os menos utilizados, no governo estes são os que apresentam maior percentual. Ao se analisar os continentes, não houve diferença significativa na ênfase dos critérios utilizados.

Observa-se que os critérios mais frequentes são “potencial de mercado/ faturamento” e “investimento total”. No entanto, já se observa critérios relacionados à sustentabilidade, nas perspectivas social (por exemplo, benefícios sociais, benefícios à comunidade e geração de emprego) e ambiental (benefícios ambientais, redução do uso de recursos naturais e reciclagem de materiais). A perspectiva futura de crescimento aparece de forma ainda tímida em critérios como o de aprendizagem e conhecimento.

Esse trabalho se preocupou com a identificação de critérios de avaliação e seleção de projetos na literatura através de uma revisão sistemática. Enquanto tópicos relevantes para pesquisas futuras recomenda-se: (i) estudo de hierarquização dos critérios, e (ii) o estudo dos métodos considerados na avaliação e seleção de projetos.

2.6 REFERÊNCIAS

- (1) AMIRI, M.P. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 6218-6224, 2010.
- (2) ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. Project portfolio selection and management. In: MORRIS, Peter W. G.; PINTO, Jeffrey K. **The Wiley guide to project program & portfolio management**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., Cap 5, p. 94-112, 2007.
- (3) ASOSHEH, A.; NALCHIGAR, S.; JAMPORAZMEY, M. Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 5931-5938, 2010.
- (4) AVINERI, E.; PRASHKER, J.; CEDER, A. Transportation projects selection process using fuzzy sets theory. **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 116, p. 35-47, 2000.
- (5) BADRI, M.A.; DAVIS, D.; DAVIS, D. A comprehensive 0 - 1 goal programming model for project selection. **International Journal of Project Management**, vol. 19, p. 243-252, 2001.
- (6) BAI, S.; LI, S.; FENG, R.; GUO, Y. Organizational project selection based on fuzzy multi-index evaluation and BP Neural Network. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE (MASS), 2010. **Anais... IEEE**, p. 1-5, 2010.
- (7) BERTOLINI, M.; BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. **International Journal of Project Management**, vol. 24, p. 422-430, 2006.
- (8) BLAU, G.E.; PEKNY, J.F.; VARMA, V.A.; BUNCH, P.R. Managing a portfolio of interdependent new product candidates in the pharmaceutical industry. **Journal of Product Innovation Management**, vol. 21, p. 227-245, 2004.
- (9) BÜYÜKÖZKAN, G.; ÖZTÜRKCAN, D. An integrated analytic approach for Six Sigma project selection. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 5835-5847, 2010.
- (10) CÁÑEZ, L.; GARFIAS, M. Portfolio management at the Mexican Petroleum Institute. **Research Technology Management**, p. 46-55, vol. 49, 2006.
- (11) CASTRO, H. G.; CARVALHO, M. M. Gerenciamento do Portfólio de Projetos: um estudo exploratório. **Gestão & Produção**, vol. 17, n.2, p. 1-15, 2010.
- (12) CHAN, S.L.; IP, W.H. A Scorecard-Markov model for new product screening decisions. **Industrial Management & Data Systems**, vol. 110, p. 971-992, 2010.
- (13) CHANG, P.-T.; LEE, J.-H. A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection. **Computers & Operation Research**, p. 1-14, 2010.
- (14) CHEN, J.; ASKIN, R.G. Project selection, scheduling and resource allocation with time dependent returns. **European Journal of Operational Research**, vol. 193, p. 23-34, 2009.
- (15) CHEN; C.-T.; CHENG H.-L. A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, vol. 27, p. 389-399, 2009.
- (16) CHIEN, C.-F. A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects. **R&D Management**, vol. 32, p. 359-368, 2002.
- (17) CHO, K.-T.; KWON, C.-S. Hierarchies with dependence of technological alternatives: A cross-impact hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, vol. 156, p. 420-432, 2004.
- (18) COLDRICK, S.; LONGHURST, P.; IVEY, P.; HANNIS, J. An R&D options selection model for investment decisions. **Technovation**, vol. 25, p. 185-193, 2005.
- (19) COOPER, R. G. Managing technology development projects. **IEEE Engineering Management**

- Review**, vol. 35, n. 1, p. 67-76, 2007.
- (20) DEY, P. Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique. **International Journal of Production Economics**, vol. 103, p. 90-103, 2006.
 - (21) DICKINSON, M.W.; THORNTON, A.C.; GRAVES, S. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 48, p. 518-527, 2001.
 - (22) DUARTE, B.P.M.; REIS, A. Developing a projects evaluation system based on multiple attribute value theory. **Computers & Operations Research**, vol. 33, p. 1488-1504, 2006.
 - (23) EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**, vol. 172, p. 1018-1039, 2006.
 - (24) EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach. **Omega**, vol. 36, p. 895-912, 2008.
 - (25) ENGLUND, R. L.; GRAHAM, R. J. From Experience: Linking Projects to Strategy. **Journal of Product Innovation Management**, vol. 16, n. 1, p. 52-64, 1999.
 - (26) ENSSLIN, L., ENSSLIN; S. R., LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **ProKnow-C**, Knowledge Development Process - Constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.
 - (27) FANG, Y.; CHEN, L.; FUKUSHIMA, M. A mixed R&D projects and securities portfolio selection model. **European Journal of Operational Research**, vol. 185, p. 700-715, 2008.
 - (28) FARRIS, J. A. Evaluating the relative performance of engineering design projects: a case study using Data Envelopment Analysis. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 53, p. 471-482, 2006.
 - (29) FARRUKH, C.; PHAAL, R.; PROBERT, D.; GREGORY, M.; WRIGHT, J. Developing a process for the relative valuation of R & D programmes. **R&D Management**, vol. 1, p. 43-53, 2000.
 - (30) FRANCO; L.A.; LORD, E. Understanding multi-methodology: evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions. **Omega**, vol. 39, p. 362-372, 2011.
 - (31) GHASEMZADEH, F.; ARCHER, N. Project portfolio selection through decision support. **Decision Support Systems**, vol. 29, p. 73-88, 2000.
 - (32) GIL, A.C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6ed. São Paulo: Atlas, 2008, 200p.
 - (33) GREINER, M.A.; FOWLER, J.W.; SHUNK, D.L.; CARLYLE, W.M.; MCNUTT, R.T. A hybrid approach using the analytic hierarchy process and integer programming to screen weapon systems projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 192-203, 2003.
 - (34) GUNERI, A.F.; CENGIZ, M.; SEKER, S. A fuzzy ANP approach to shipyard location selection. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, p. 7992-7999, 2009.
 - (35) GUO, P.; LIANG, J.J.; ZHU, Y.M.; HU, J.F. R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM), 2008, China. **Proceedings...** Singapore: IEEE, 2008, p. 994-998.
 - (36) GUTJAHR, W.; KATZENSTEINER, S.; REITER, P.; STUMMER, C.; DENK, M. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 205, p. 670-679, 2010.
 - (37) HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H.; MARTEL, J. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 195, p. 841-849, 2009.
 - (38) HAMILTON, A. Considering value during early project development: a product case study.

- International Journal of Project Management**, vol. 20, p. 131-136, 2002.
- (39) HENRIKSEN, A.; TRAYNOR, A. J. A practical R&D project-selection scoring tool. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 46, p. 158–170, 1999.
- (40) HENRIKSEN, B.; RØSTAD, C.C. Evaluating and prioritizing projects – setting targets: the business effect evaluation methodology (BEEM). **International Journal of Managing Projects in Business**, vol. 3, p. 275-291, 2010.
- (41) HSU, Y.-G.; TZENG, G.-H.; SHYU, J.Z. Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects. **R&D Management**, vol. 33, p. 539-551, 2003.
- (42) JIANG, J. J.; KLEIN, G. Project selection criteria by strategic orientation. **Information & Management**, vol. 36, p. 63-75, 1999.
- (43) JOLLY, D. The issue of weightings in technology portfolio management. **Technovation**, vol. 23, p. 383-391, 2003.
- (44) KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- (45) KHORRAMSHAHGOL, R.; AZANI, H.; GOUSTY, Y. An integrated approach to project evaluation and selection. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 35, p. 265-270, 1988.
- (46) KIM, G.C.; EMERY, J. An application of zero-one goal programming in project selection and resource planning - a case study from the Woodward Governor Company. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 1389-1408, 2000.
- (47) KITCHENHAM, B. **Procedures for Performing Systematic Reviews**. Keele Technical Report SE0401 and NICTA Technical Report 0400011T.1, 2004.
- (48) KLAPKA, J.; PINOS, P. Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 140, p. 434–446, 2002.
- (49) KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B.R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. **Business Process Management Journal**, vol. 15, p. 669–686, 2009.
- (50) KUMAR, U.D.; SARANGA, H.; RAMÍREZ-MÁRQUEZ, J.E.; NOWICKI, D. Six sigma project selection using data envelopment analysis. **The TQM Magazine**, vol. 19, p. 419–441, 2007.
- (51) LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Um estudo de caso sobre gerenciamento de portfólio de projetos e apoio à decisão multicritério. **Revista Gestão Industrial**, vol.6, n.1, p. 01-29, 2010.
- (52) LEE, J.W.; KIM, S.H. An integrated approach for interdependent information system project selection. **International Journal of Project Management**, vol. 19, p. 111-118, 2001.
- (53) LEE, J.W.; KIM, S.H. Using Analytic Network Process and Goal Programming for interdependent information system project selection. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 367-382, 2000.
- (54) LEE, S.; KANG, S.; PARK, E.; PARK, Y. Applying technology road-maps in project selection and planning. **International Journal of Quality & Reliability Management**, vol. 25, p. 39–51, 2008.
- (55) LIANG, C.; LI, Q. Enterprise information system project selection with regard to BOCR. **International Journal of Project Management**, vol. 26, p. 810-820, 2008.
- (56) LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 181, p. 1488-1505, 2007.
- (57) LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. **European Journal of Operational Research**, vol. 190, p. 679-

- 695, 2008.
- (58) LIN C.; HSIEH, P.-J. A fuzzy decision support system for strategic portfolio management. **Decision Support Systems**, vol. 38, p. 383 – 398, 2004.
- (59) LIN, C.-T.; CHEN, C.-T. New Product Go/No-Go Evaluation at the Front End: A Fuzzy Linguistic Approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 51, p. 197-207, 2004.
- (60) LINTON, J.D.; WALSH, S.T.; MORABITO, J. Analysis, ranking and selection of R&D projects in a portfolio. **R&D Management**, vol. 32, p. 139-148, 2002.
- (61) LOCH, C.H.; BODE-GREUEL, K. Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects. **R&D Management**, vol. 2, p. 231-248, 2001.
- (62) LOCH, C.H.; PICH, M.T.; TERWIESCH, C.; URBSCHAT, M. Selecting R&D projects at BMW: a case study of adopting mathematical programming models. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 48, p. 70–80, 2001.
- (63) MACHACHA, L.L.; BHATTACHARYA, P. A fuzzy-logic-based approach to project selection. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 47, p. 65-73, 2000.
- (64) MAGAREY, J.M. Elements of a systematic review. **International Journal of Nursing Practice**, vol. 7, p.376-382, 2001.
- (65) MARTINO, J. P. **R&D Project Selection**. EUA: John Wiley & Sons, Inc., 1995. 266p.
- (66) MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; CALOGHIROU, Y. Project prioritization under policy restrictions: a combination of MCDA with 0 – 1 programming. **European Journal of Operational Research**, vol. 171, p. 296-308, 2006.
- (67) MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; KOURENTZIS, A. Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints. **European Journal of Operational Research**, vol. 187, p. 177-192, 2008.
- (68) MEADE, L.M.; PRESLEY, A. (2002). R&D project selection using the Analytic Network Process. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 49, p. 59-66.
- (69) MEDAGLIA, A.; GRAVES, S.; RINGUEST, J. A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, vol. 179, p. 869-894, 2007.
- (70) MENDENHALL, W.; SINCICH, T. **Statistics for Engineering and the Sciences**. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 2007.
- (71) MEREDITH, J.R.; MANTEL, S.J. **Project Management: A Managerial Approach**. 7th Edition. EUA: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- (72) ORAL, M.; KETTANI, O.; ÇINAR, Ü. Project evaluation and selection in a network of collaboration: a consensual disaggregation multi-criterion approach. **European Journal of Operational Research**, vol. 130, p. 332-346, 2001.
- (73) PADOVANI, M.; CARVALHO, M.M.; MUSCAT, A. R. N. Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: estudo de caso no setor químico. **Gestão & Produção**, vol. 17, p. 157-180, 2010.
- (74) PADOVANI, M.; MUSCAT, A. R. N.; CAMANHO, R.; CARVALHO, M. M. Looking for the right criteria to define projects portfolio: Multiple case study analysis. **Product: Management & Development**, vol. 6, n.2, p. 127-134, 2008.
- (75) RABECHINI JR., R.; MAXIMIANO, A.C.A.; MARTINS, V.A. A adoção de gerenciamento de portfólio como uma alternativa gerencial: o caso de uma empresa prestadora de serviço de interconexão eletrônica. **Produção**, vol. 15, p. 416-433, 2005.
- (76) RAJEGOPAL, S.; MCGUIN, P.; WALLER, J. **Project Portfolio Management: Leading the**

- corporate vision**. Inglaterra: Palgrave Macmillan, 2007.
- (77) REN, X.; ZHANG, G. Research on decision support for Six Sigma project selection based on fuzzy evaluation. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS, NETWORKING AND MOBILE COMPUTING- WICOM'08, 2008. **Proceedings...IEEE**, 2008, p. 1–11.
- (78) RYAN, T. **Estatística Moderna para Engenharia**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2009.
- (79) SANTHANAM, R.; KYPARISIS, G. A decision model for interdependent information system project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 89, p. 380-399, 1996.
- (80) SCHELP, M.X. Gestão estratégica de projetos através de gerenciamento de portfólios de projetos – estudo de caso em uma empresa de autopeças. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-ENECEP, 2005, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre: ABEPRO**, 2005, p. 2885-2892.
- (81) SCHMIDT, R.L. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 40, p. 403-410, 1993.
- (82) SHANG, J.S.; TJADER, Y.; DING, Y. A unified framework for multicriteria evaluation of transportation projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 51, p. 300-313, 2004.
- (83) SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. EUA: The Iowa State University Press, 1967.
- (84) STUMMER, C.; HEIDENBERGER, K. Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 175-183, 2003.
- (85) SUN, H.; MA, T. A packing-multiple-boxes model for R&D project selection and scheduling. **Technovation**, vol. 25, p. 1355-1361, 2005.
- (86) TOHUMCU, Z.; KARASAKAL, E. R&D project performance evaluation with multiple and interdependent criteria. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 57, p. 620-633, 2010.
- (87) VERMA, D.; SINHA, K. Toward a theory of project interdependencies in high tech R&D environments. **Journal of Operations Management**, vol. 20, p. 451-468, 2002.
- (88) WANG, K.; WANG, C.K.; HU, C. AHP with Fuzzy Scoring in Evaluating Multidisciplinary R&D Projects in China. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 52, p. 119-129, 2005.
- (89) WEI, C.-C.; LIANG, G.-S.; WANG, M.-J.J. A comprehensive supply chain management project selection framework under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, vol. 25, p. 627-636, 2007.
- (90) WEY, W.-M.; WU, K.-Y. Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation. **Mathematical and Computer Modelling**, vol. 46, p. 985-1000, 2007.
- (91) YANG, T.; HSIEH C.-H. Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, p. 7594-7603, 2009.

3 ARTIGO 2 - Métodos de avaliação e seleção de projetos: uma revisão sistemática da literatura

Camila Costa Dutra
José Luis Duarte Ribeiro

Artigo submetido em 06/05/2011 para publicação na revista Produção (ABEPRO).

Resumo

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura dos métodos de avaliação e seleção de projetos. A revisão sistemática identifica, seleciona e avalia criticamente artigos publicados tendo por foco um tópico de interesse. Para a realização da revisão sistemática, seis etapas foram contempladas: definição do problema, busca dos estudos, seleção dos estudos, avaliação crítica dos estudos, coleta de dados e análise de dados. Foram selecionados 71 estudos, publicados no período de 2000 a 2011, que utilizaram 20 métodos distintos para avaliação e seleção de projetos. Os principais resultados revelaram que: (i) está crescendo o número de publicações sobre esse tópico na Ásia e na Europa, (ii) a maioria dos estudos contempla projetos das áreas de P&D, Financiamento, TI e Seis-sigma. (iii) as abordagens quantitativas são mais utilizadas e (iv) poucos métodos utilizados consideram correlação e dependência entre projetos.

Palavras-chave: Revisão sistemática, Portfólio de projetos, Avaliação de projetos, Seleção de projetos.

Methods for projects evaluation and selection: a systematic literature review

Abstract

This paper presents a systematic review of methods for project evaluation and selection. A systematic review identifies, selects, and critically evaluates published articles focusing on a topic of interest. To perform the systematic review six steps were comprised: definition of the problem, studies search, selecting studies, studies critical evaluation, data collection, and data analysis. A total of 71 studies published between 2000 to 2011 were selected. These studies cover 20 different methods for project evaluation and selection. Results reveal that: (i) the number of publications on this topic is increasing in Asia and Europe, (ii) most of the studies are concerned with the areas of R&D, IT, finances and Six-sigma, (iii) quantitative approaches are more frequently used, and (iv) few proposed methods consider correlation or dependence among projects.

Keywords: Systematic review, Project portfolio, Project evaluation, Project selection.

3.1 INTRODUÇÃO

Os projetos têm sido utilizados pelas organizações para a realização de importantes tarefas e metas. Para que consigam atingir de forma satisfatória os objetivos associados aos projetos, as organizações têm utilizado a gestão de projetos. É crescente o número de projetos nas organizações e, geralmente, o número de propostas de projetos é superior aos recursos financeiros, físicos e humanos disponíveis para atendê-las. Por isso, é necessário escolher quais projetos devem ser implementados e quais são os projetos prioritários. Esta seleção e priorização de projetos são atividades periódicas nas empresas e fazem parte da gestão de portfólio de projetos (MEREDITH; MANTEL JR., 2008; KERZNER. 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007, 1999).

A gestão de portfólio de projetos auxilia na determinação da combinação ótima de projetos e o investimento ideal para cada projeto. Por isso, vem atraindo o interesse não só na comunidade técnica, mas também na alta administração. De acordo com o estudo de Cooper et al. (2000), envolvendo membros do Instituto de Pesquisa Industrial, a gestão de portfólio tem recebido destaque por uma série de razões, entre elas: maximização do retorno financeiro, manutenção da posição competitiva do negócio, alocação correta de recursos escassos, melhor ligação entre seleção de projetos e estratégia de negócios, melhor equilíbrio de projetos e investimentos, possibilidade de comunicar as prioridades de projeto de forma eficaz dentro da organização e possibilidade de proporcionar maior objetividade na seleção de projetos.

A gestão de portfólio é um conceito essencial em muitas empresas, suas aplicações incluem projetos de desenvolvimento de novos produtos, construção, desenvolvimento de processos, manutenção de produto, pesquisa básica, entre outras. O resultado desta gestão é um maior equilíbrio entre projetos em andamento e novas iniciativas estratégicas, uma vez que a tomada de decisões considera a estratégia de negócios da organização (ARCHER; GHASEMZADEH, 2007; KERZNER, 2006).

Por ser um problema de decisão estratégica, a seleção de projetos é muitas vezes caracterizada por múltiplos objetivos, conflitantes e difíceis de mensurar. Além disso, os tomadores de decisão geralmente possuem muito menos informações do que desejam para avaliar/selecionar os possíveis projetos. Ainda contam com incertezas inerentes ao sucesso de um projeto, seu valor de mercado e seu custo total. Para que as decisões sejam tomadas corretamente é importante a definição de critérios e métodos para avaliar cada projeto potencial (LIESIÖ et al., 2007; KERZNER, 2006).

Existem na literatura diversas técnicas que podem ser utilizadas para avaliar e selecionar de projetos. Porém, não há consenso sobre quais são as mais eficazes, e muitas delas não são amplamente utilizadas, porque são muito complexas ou requerem muitos dados de entrada. A escolha da técnica depende da natureza dos projetos e perfil dos gestores. Como resultado, cada organização tende a escolher as técnicas que melhor se adaptam a sua cultura e que permitem considerar os atributos considerados mais importantes (MEREDITH; MANTEL JR., 2008; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007, 2000).

Outra dificuldade na escolha de um método de seleção de projetos é o fato que a maioria deles não reconhece inter-relações entre projetos e, nesses casos, os critérios não podem ser aplicados de forma simples e linear. Muitas organizações têm utilizado mais de uma abordagem para conduzir o processo de seleção, pois, na medida em que aumenta o

número de projetos, cresce geometricamente o número de soluções possíveis (ARCHER; GHASEMZADEH, 2007).

Este artigo apresenta um levantamento dos métodos de avaliação e seleção de projetos, sua abordagem, categoria de projetos e setor industrial em que foram aplicados. O levantamento foi realizado através de uma revisão sistemática da literatura. Neste tipo de pesquisa é realizada uma busca planejada na literatura científica, através do emprego de procedimentos estruturados e auditáveis. A revisão sistemática identifica, seleciona e avalia criticamente artigos publicados tendo por foco uma questão, ou área, ou tópico de interesse (KITCHENHAM, 2004).

O presente trabalho é composto de quatro seções. Além desta introdução, o método utilizado na revisão sistemática é apresentado na segunda seção. A terceira seção apresenta e discute os resultados obtidos. Finaliza-se com as conclusões na quarta seção.

3.2 MÉTODO

Esta seção apresenta a seqüência de etapas utilizada na condução da revisão sistemática. Essas etapas, sumarizadas na Figura 3.1, seguem a proposta de Magarey (2001) e estão detalhadas no restante desta seção.

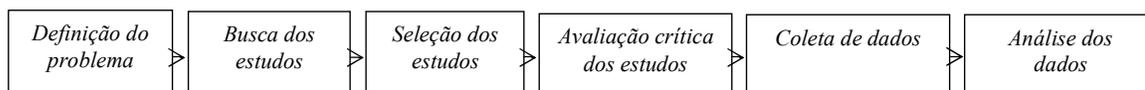


Figura 3.1 Etapas da revisão sistemática

3.2.1 Definição do problema

A primeira etapa do processo é a definição do problema. Considerando o tema de gestão de portfólio de projetos, foi estabelecido como objetivo elencar os métodos disponíveis para a etapa de avaliação e seleção de projetos, dando ênfase para as aplicações práticas.

3.2.2 Busca dos estudos

A busca dos estudos foi realizada nos meses de novembro e dezembro de 2010 e janeiro de 2011, a partir das bases de dados *on-line ISI Web of Knowledge, Science Direct* e Portal de Periódicos da Capes. As palavras-chave utilizadas na busca foram *project selection* e *project evaluation*. O período pesquisado compreendeu de janeiro de 2000 a janeiro de 2011.

Em função do alto volume de artigos encontrados, utilizou-se filtros para facilitar a fase seguinte de seleção. Para a base de dados *ISI Web of Knowledge*, foram utilizados os seguintes filtros: i) categoria: ciência e tecnologia e ciências sociais; ii) linguagem: português, inglês e espanhol; iii) área do assunto: engenharia, pesquisa operacional e ciência da administração, negócio e economia, e matemática. Na *Science Direct* os assuntos selecionados foram negócio, administração e contabilidade, ciência da computação, ciências da decisão, economia, econometria e finanças, engenharia e matemática. Na última base de dados consultada, o Portal de Periódicos da Capes, optou-se pela busca em periódicos da área multidisciplinar e de engenharia. O total de artigos resultantes da busca, conforme as palavras-chave e estratégia de busca utilizadas, para cada base de dados pode ser observado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Referências bibliográficas identificadas conforme as estratégias de busca e as bases de dados pesquisadas, 2000 a 2011.

Base de dados	Estratégia de busca	Referências identificadas
<i>ISI Web of Knowledge</i>	<i>Search "project selection"OR "project evaluation" in Topic General categories: science and technology; social science Language: Portuguese, English, Spanish Subject area: engineering; operations research and management science; business and economics; mathematics</i>	117
<i>Science direct</i>	<i>Search "project selection" OR "project evaluation" in Abstract, Title, Keywords - Include? Journals Subject: Business, Management and Accounting; Computer Science; Decision Sciences; Economics, Econometrics and Finance; Engineering; Mathematics</i>	58
Portal de Periódicos da Capes	Busca integrada Buscar palavra: "project selection" OU "project evaluation" em TODOS OS CAMPOS Bases indicadas: multidisciplinares e engenharias	31

3.2.3 Seleção dos artigos

Na etapa de seleção de artigos, a primeira atividade foi a exclusão de artigos duplicados e a análise do título, observando o problema a ser investigado. Com isso, o número de artigos identificados reduziu para 119.

Na seqüência, foi feita a avaliação dos resumos (*abstracts*) dos artigos validados na atividade anterior, relacionando os resultados descritos com o objetivo norteador da pesquisa. Quando o resumo não foi esclarecedor, fez-se a leitura do artigo na íntegra, para não correr o

risco de deixar estudos importantes fora da revisão sistemática. Os artigos selecionados foram aqueles que apresentaram conteúdo que pudesse subsidiar a extração de métodos e critérios/variáveis associados à avaliação de projetos. Dessa forma, um total de 71 artigos foi selecionado atendendo a esses critérios. A Tabela 3.2 apresenta os periódicos e conferências e o número de artigos identificados e selecionados.

Tabela 3.2 Periódicos com artigos identificados e selecionados.

<i>Journal/Conferência</i>	Artigos identificados	Artigos selecionados
1 <i>Benchmarking: An International Journal</i>	1	0
2 <i>Business Process Management Journal</i>	1	1
3 <i>Computers & Industrial Engineering</i>	2	0
4 <i>Computers & Operations Research</i>	5	5
5 <i>Decision Support Systems</i>	4	2
6 <i>European Journal of Innovation Management</i>	1	0
7 <i>European Journal of Operational Research</i>	25	16
8 <i>Expert Systems with Applications</i>	8	5
9 <i>Fuzzy Sets and Systems</i>	1	1
10 <i>Gestão & Produção</i>	3	1
11 <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>	18	12
12 <i>Industrial Management & Data Systems</i>	3	1
13 <i>International Journal of Managing Projects in Business</i>	3	1
14 <i>International Journal of Operations & Production Management</i>	1	0
15 <i>International Journal of Production Economics</i>	3	1
16 <i>International Journal of Project Management</i>	13	5
17 <i>International Journal of Quality & Reliability Management</i>	1	1
18 <i>Journal of Computational and Applied Mathematics</i>	1	0
19 <i>Journal of Operations Management</i>	1	1
20 <i>Journal of Product Innovation Management</i>	2	1
21 <i>Mathematical and Computer Modelling</i>	1	1
22 <i>Omega</i>	3	2
23 <i>Operations Research Letters</i>	1	0
24 <i>Produção</i>	2	1
25 <i>Quality and Reliability Engineering International</i>	1	0
26 <i>Quality Progress</i>	1	0
27 <i>R&D Management</i>	6	5
28 <i>Research Technology Management</i>	2	2
29 <i>Technovation</i>	4	1
30 <i>The TQM Magazine</i>	1	1
31 <i>International Conference on Management and Service Science (MASS) 2010</i>	1	1
32 <i>Proceedings of the 2008 IEEE IEEM</i>	1	1
33 <i>Wireless Communications Networking and Mobile Computing 2008 WiCOM08 4th International Conference</i>	1	1
34 <i>XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção</i>	1	1
TOTAL	119	71

3.2.4 Avaliação crítica dos estudos selecionados

Durante a avaliação crítica, uma leitura geral dos estudos foi desenvolvida, verificando a qualificação dos procedimentos metodológicos empregados, sendo os 71 artigos mantidos para a etapa seguinte.

3.2.5 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada considerando os resultados decorrentes da pesquisa descrita nos diferentes artigos que constituíram a amostra deste estudo, primando pela identificação dos métodos e critérios de avaliação de diferentes categorias de projetos. Os artigos incluídos na revisão sistemática foram organizados em uma planilha eletrônica que apresenta suas características principais.

3.2.6 Análise dos dados

Os dados obtidos foram classificados utilizando diversos critérios, tais como: ano, período de publicação, país e continente de origem do primeiro autor, palavras-chaves, categoria de projetos, setor de aplicação, número de projetos considerado na seleção/avaliação, tipo de método, abordagem do método e consideração de dependência e correlação entre projetos.

O período de publicação foi dividido em artigos publicados entre 2000 e 2005 e entre 2006 e 2011. Em relação a categoria de projetos considerada na avaliação e seleção utilizou-se: i) geral, para o caso de consideração de diversos tipos de projetos de uma organização; ii) hipotético; iii) engenharia e transportes; iv) estratégico; v) financiamento/investimento; vi) pesquisa e desenvolvimento (P&D); vii) seis sigma; e viii) tecnologia de informação.

Em relação ao setor da aplicação do estudo, classificou-se em hipotético, serviços, público e industrial. Para aqueles em que o estudo não especificava o setor, considerou-se desconhecido. Na categoria de serviços subdividiu-se em educação, saúde, telefonia e logística. Para o setor industrial, utilizaram-se as seguintes subcategorias: alimentos, alta tecnologia, armamento, automotivo, aviação, construção, energia, farmacêutico, informática, metal-mecânica, metalúrgica, militar, naval, óleo e gás, petróleo, químico, e vestuário.

Os métodos identificados foram padronizados em 20 tipos, através do agrupamento dos termos similares (sinônimos). Em relação a abordagem destes métodos, teve-se como base a classificação de Verbano e Norsella (2010). Assim, foram consideradas três categorias: quantitativos, qualitativos e quali/quantitativos. Os métodos quantitativos utilizam dados de

entrada quantitativos e adotam procedimentos, como algoritmos matemáticos, mais o cálculo de índices econômicos ou financeiros, para obter dados de saída quantitativos. Os métodos qualitativos são aqueles que utilizam somente dados qualitativos e selecionam projetos em um processo de tomada de decisão que compara a opinião de diferentes tomadores de decisão para obter dados de saída qualitativos. A classificação quali/quantitativos foi considerada para métodos que utilizam dados de entrada quantitativos e qualitativos e obtém dados de saída quantitativos.

Para a síntese dos dados e obtenção de quadros resumo, foi empregada a ferramenta Tabela Dinâmica disponível em planilhas eletrônicas. A Tabela Dinâmica permite a obtenção de múltiplas consultas do mesmo conjunto de dados. Para a análise dos dados utilizou-se o teste Qui-quadrado de independência em tabelas de contingência. O teste verifica se existe independência entre duas variáveis medidas nas mesmas unidades experimentais. A hipótese nula é que as duas variáveis são independentes. Para a avaliação, compara-se as frequências reais das células das tabelas com as frequências esperadas sob o pressuposta da independência. As frequências esperadas são as que proporcionam as relações simétricas apropriadas nas colunas e linhas. O teste do Qui-quadrado avalia quão próximas estão as frequências observadas e esperadas. O valor calculado de Qui-quadrado é comparado ao valor calculado uma probabilidade de ocorrência (valor-p) utilizando tabelas ou planilhas com a distribuição do Qui-quadrado, ao nível de significância de 0,05. Desta forma, pode-se decidir pela aceitação ou rejeição da hipótese nula (RYAN, 2009; MENDENHALL; SINCICH, 2007; SNEDECOR; COCHRAN, 1967).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, considerando os periódicos onde as publicações foram veiculadas, destaque para *European Journal of Operational Research* e *IEEE Transactions on Engineering Management*, que apresentam mais de dez artigos selecionados no período em análise. Na sequência aparecem o *Computers & Operations Research*, *Expert Systems with Applications*, *International Journal of Project Management* e *R&D Management*, onde foram selecionados cinco artigos no período investigado.

A Tabela 3.3 apresenta os autores e ano de publicação dos artigos selecionados. Os estudos foram aglutinados observando os métodos de avaliação e seleção de projetos utilizados e a abordagem desses métodos. Os resultados da Tabela 3.3 foram organizados na forma de um gráfico de Pareto, apresentado na Figura 3.2. Analisando-se a Figura 3.2, o

método de Programação Inteira foi utilizado pelo maior número de estudos, seguido pela Lógica Fuzzy e os Métodos Probabilísticos.

Dentre os métodos classificados como qualitativos, o mais utilizado é a Técnica de Escore. Observando-se a abordagem quali-quantitativa, os métodos Processo de Análise de Rede (ANP) e Processo Analítico Hierárquico (AHP) foram aqueles empregados em um maior número de estudos. Nos métodos quantitativos, a programação inteira foi a mais utilizada, seguida Lógica Fuzzy e os Métodos Probabilísticos.

Tabela 3.3 Estudos para avaliação e seleção de projetos.

Referências	Método	Abordagem
Asosheh et al. (2010); Bai et al. (2010); Chan e Ip (2010); Eilat et al. (2006); Eilat et al. (2008)	Balanced Scorecard (BSC)	Qualitativa
Henriksen e Rostad (2010)	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	
Blau et al. (2004); Rabequini Jr. et al. (2005); Schelp (2005)	Gráfico de bolhas	
Khorramshahgol et al. (1988); Lee e Kim (2001); Stummer e Heidenberger (2003)	Método Delphi	
Lee et al. (2008)	Roadmap tecnológico	
Cañez e Garfias (2006); Coldrick et al. (2005); Farrukh et al. (2000); Franco e Lord (2011); Henriksen e Traynor (1999); Kumar et al. (2009); Mavrotas et al. (2008); Schelp (2005); Stummer e Heidenberger (2003)	Técnica de escore	
Loch e Bode-Greuel (2001)	Árvore de decisão	Quanti/ Qualitativa
Amiri (2010); Cho e Kwon (2004); Dey (2006); Greiner et al. (2003); Hsu et al. (2003); Khorramshahgol et al. (1988); Kumar et al. (2009); Padovani et al. (2010)	Processo Analítico Hierárquico (AHP)	
Halouani et al. (2009); Mavrotas et al. (2006)	Método multicriterial Promethee	
Büyükoçkan e Öztürkcan (2010); Guneri et al. (2009); Lee e Kim (2000); Lee e Kim (2001); Liang e Li (2008); Meade e Presley (2002); Shang et al. (2004); Tohumcu e Karasakal (2010); Wey e Wu (2007)	Processo de Análise de Rede (ANP)	
Bai et al. (2010)	Redes Neurais	
Asosheh et al. (2010); Chang e Lee (2010); Eilat et al. (2006); Eilat et al. (2008); Farris et al. (2006); Kumar et al. (2007); Linton et al. (2002); Oral et al. (2001); Stummer e Heidenberger (2003); Tohumcu e Karasakal (2010); Verma e Sinha (2002)	Métodos probabilísticos	
Blau et al. (2004); Coldrick et al. (2005); Linton et al. (2002); Loch e Bode-Greuel (2001)	Métodos Econômico / Financeiro	
Kyparisis et al. (1996)	Programação dinâmica	
Chen e Askin (2009); Dickinson et al. (2001); Fang et al. (2008); Ghasemzadeh e Archer (2000); Greiner et al. (2003); Kim e Emery (2000); Kyparisis et al. (1996); Lee e Kim (2000); Liesio et al. (2007); Lin e Hsieh (2004); Loch et al. (2001); Mavrotas et al. (2006); Mavrotas et al. (2008); Padovani et al. (2010); Schmidt (1993); Solak et al. (2010); Stummer e Heidenberger (2003); Sun e Ma (2005)	Programação inteira	
Chang e Lee (2010); Chien (2002); Gutjahr et al. (2010); Klapka e Piños (2002); Lee e Kim (2001); Liesio et al. (2008); Wey e Wu (2007)	Programação linear	
Blau et al. (2004); Carazo et al. (2010); Guo et al. (2008); Gutjahr et al. (2010); Kyparisis et al. (1996); Medaglia et al. (2007); Padovani et al. (2010); Santhamam e Kyparisis (1996)	Programação não-linear	
Amiri (2010); Avineri et al. (2000); Bai et al. (2010); Chang e Lee (2010); Chen e Cheng (2009); Hsu et al. (2003); Machacha e Bhattacharya (2000); Ren e Zhang (2008); Wei et al. (2007); Yang e Hsieh (2009)	Lógica fuzzy	
Badri et al. (2001); Khorramshahgol et al. (1988)	Programação por objetivos	
Duarte e Reis (2006)	Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT)	

A Tabela 3.4 apresenta a evolução no tempo do tipo de abordagem dos métodos identificados. O gráfico da Figura 3.3 apresenta a frequência condicional de publicações em

função da abordagem do método considerado na seleção e o período de publicação. Para identificar se há diferenças estatisticamente significativas entre as frequências apresentadas nas células da Tabela 3.4, utilizou-se o teste do Qui-quadrado. O teste do Qui-quadrado aplicado às linhas indicou probabilidade associada de 2,19E-04. Como esse valor é inferior a 0,05, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que há diferenças significativas entre as frequências apresentadas na tabela.

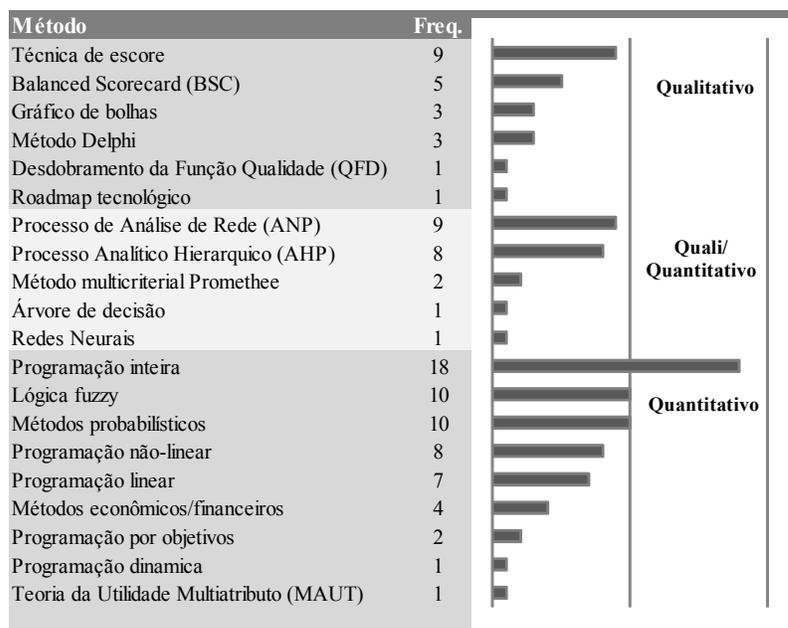


Figura 3.2 Gráfico de Pareto ordenando os métodos mais utilizados conforme a abordagem

Analisando-se a abordagem dos métodos e os períodos de publicação dos trabalhos, o teste Qui-Quadrado indicou independência entre as variáveis (valor-p = 0,39). Conforme revela o gráfico da Figura 3.3, as abordagens quantitativas são mais utilizadas, enquanto as abordagens híbridas (Quali-Quantitativas) são menos frequentes.

Tabela 3.4 Frequência de publicações conforme a abordagem do método e período de publicação

Abordagem	2000-2005	2006-2011	Total geral
Qualitativa	11	11	22
Quanti/Qualitativa	9	12	21
Quantitativa	31	31	62
Total geral	51	54	105

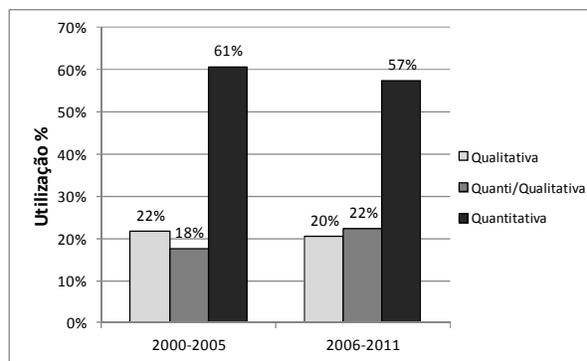


Figura 3.3 Frequência condicional de publicações em função da abordagem dos métodos utilizados e período de publicação

A consideração de correlação e dependência entre os projetos pelos métodos identificados pode ser observada na Tabela 3.5. O gráfico da Figura 3.4 apresenta a frequência

condicional de publicações em função da consideração de correlação e dependência entre projetos e o período de publicação. O teste Qui-quadrado demonstrou independência entre as variáveis (valor-p = 0,08). Observa-se que a maioria dos métodos não considera a correlação e dependência entre os projetos.

Tabela 3.5 Frequência de publicações conforme a consideração de correlação /dependência e período de publicação

Considerada correlação e dependência?	2000-2005	2006-2011	Total geral
Não	22	32	54
Sim	11	6	17
Total geral	33	38	71

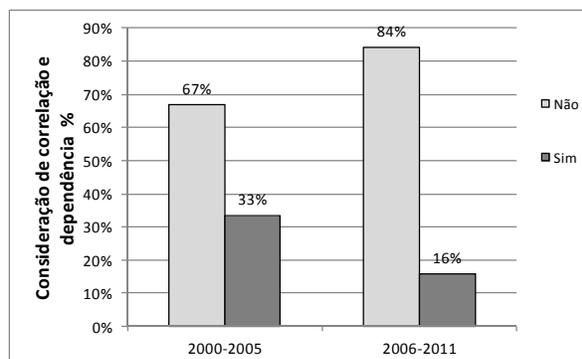


Figura 3.4 Probabilidades condicionais da consideração de correlação e dependência por período de publicação

Ao analisar-se o continente de origem dos primeiros autores dos estudos e o período de publicação apresentados na Tabela 3.6, o teste do Qui-quadrado indicou probabilidade associada de 0,09. Neste caso, se aceita a hipótese nula (valor > 0,05) e conclui-se que existe independência entre as variáveis. Os dados apresentados na Figura 3.5 revelam que as publicações estão concentradas na Ásia, América e Europa e que a África possui um percentual pequeno.

Tabela 3.6 Frequência de publicações conforme continente e período de publicação

Continente	2000-2005	2006-2011	Total geral
África	1	1	2
América	15	7	22
Ásia	10	16	26
Europa	7	14	21
Total geral	33	38	71

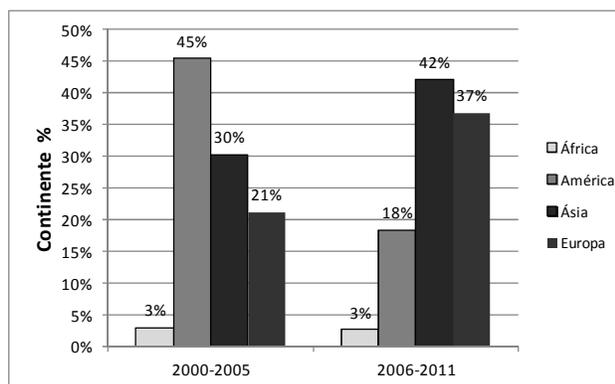


Figura 3.5 Probabilidades condicionais dos continentes por período de publicação

Entre os autores das publicações houve uma grande diversificação, não havendo nos continentes nenhum destaque. Na Ásia os autores A. Shtub, B. Golany, H. Eilat, J. W. Lee, S. H. Kim publicaram dois artigos cada durante o período analisado. Na América, G. J. Kyparisis foi o único pesquisador com dois estudos. Na Europa, A. Salo, C. H. Loch, C. Stummer, D. Diakoulaki, G. Mavrotas, J. Liesio, P. Mild também publicaram dois trabalhos.

A Tabela 3.7 apresenta as categorias de projetos consideradas nos métodos ao longo do tempo. O teste do Qui-quadrado indicou probabilidade associada de 0,24. Como esse valor

é superior a 0,05, se aceita a hipótese nula e conclui-se que as variáveis são independentes. A Figura 3.6 revela que os projetos de pesquisa e desenvolvimento (6 – P&D) são os projetos que mais aparecem nos métodos de avaliação e seleção identificados

Tabela 3.7 Frequência de publicações conforme a categoria de projetos e período de publicação

Categoria de Projetos	2000-2005	2006-2011	Total geral
1 -Engenharia e Transportes	2	2	4
2 -Estratégicos	2	1	3
3 -Financiamento/ Investimento	1	6	7
4 - Geral	2	1	3
5 - Hipotético	3	3	6
6 - P&D	17	15	32
7 - Seis-sigma	0	5	5
8 -SI	6	5	11
Total geral	33	38	71

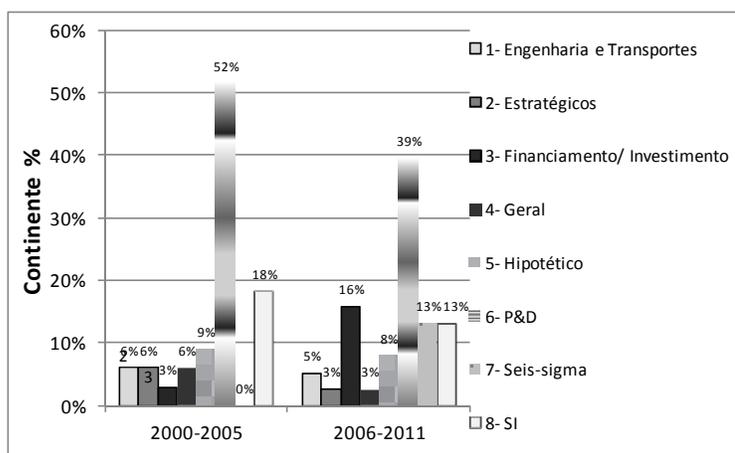


Figura 3.6 Probabilidades condicionais das categorias de projetos por período de publicação

A Tabela 3.8 apresenta as frequências das categorias de projetos e o continente de origem do primeiro autor dos estudos. O teste Qui-Quadrado indicou que as variáveis são dependentes (valor-p = 1,4E-197).

Tabela 3.8 Frequência de publicações conforme a categoria de projetos e período de publicação

Categoria de projetos	África	América	Ásia	Europa	Total geral
1 - Engenharia e Transportes	0	1	4	0	5
2 - Estratégicos	0	3	2	0	5
3 - Financiamento/ Investimento	0	0	3	5	8
4 - Geral	0	6	0	0	6
5 - Hipotético	1	5	0	2	8
6 - P&D	0	16	17	18	51
7 - Seis-sigma	0	0	3	3	6
8 - SI	1	2	10	3	16
Total geral	2	33	39	31	105

A Figura 3.7 revela a América está focada em projetos de P&D, assim como a Ásia e Europa. Os estudos da África estão divididos entre projetos de sistemas de informação e hipotéticos.

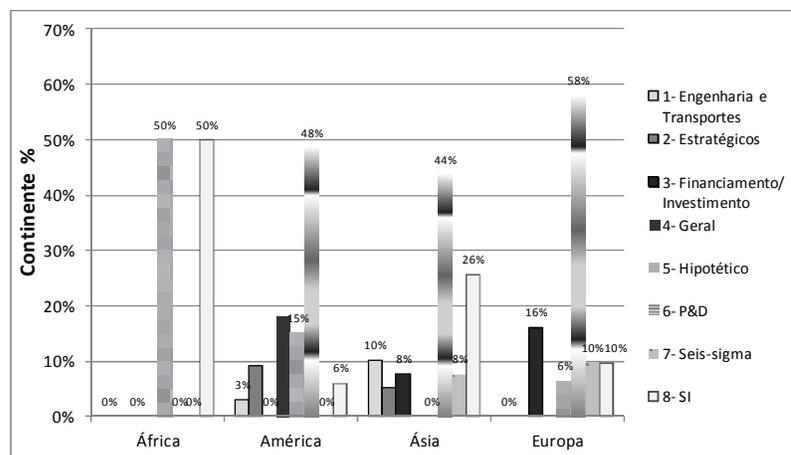


Figura 3.7 Probabilidades condicionais das categorias de projetos por continente

A Figura 3.8 apresenta os pontos fortes e fracos dos métodos identificados nos trabalhos selecionados na revisão sistemática da literatura.

Método	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Técnicas de escore	São relativamente fáceis de entender e usar, por isso são amplamente difundidos e utilizados na priorização de projetos com múltiplos critérios.	Necessidade de atribuição de pesos que são trabalhosos e difíceis de avaliar. Não se adaptam bem a situações em que a seleção de um projeto influencia a conveniência de um outro.
Balanced Scorecard (BSC)	Combina medidas operacionais e estratégicas. Auxilia no alinhamento da organização com sua estratégia.	Requerem muitos dados de entrada e deixam de reconhecer inter-relação e interdependência. Pouco utilizado para a seleção de projetos.
Gráfico de bolhas	Apresentam as informações para os tomadores de decisão de forma amigável e são fáceis de usar. Capazes de apresentar uma perspectiva global de todos os projetos em um único mapa.	Escopo restrito, considera apenas duas dimensões. Possuem pouco apoio teórico ou empírico. Podem levar os tomadores de decisão a ignorar a maximização do lucro.
Método Delphi	Úteis para as etapas iniciais, onde só a informação qualitativa está disponível.	Comparam cada projeto apenas com base em avaliações subjetivas, sem usar a lógica numérica ou algoritmos matemáticos. Permite que gerentes de projetos tornem seus projetos mais atraentes para o tomador de decisão, prejudicando a seleção e priorização.
Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	Auxilia a garantir que as necessidades globais e as estratégias da organização são mantidas durante todo o processo de planejamento, da mesma forma que a voz do cliente é mantida durante todo o processo de desenvolvimento de pesquisa e produto. É uma abordagem geral para analisar as relações entre fins e os meios para alcançá-lo.	Utilizado principalmente para projetos de P&D. Para o processo de seleção e priorização deve ser utilizado em conjunto com outros métodos.

Figura 3.8 Pontos fortes e fracos dos métodos identificados na revisão sistemática

Roadmap tecnológico	Relacionam estratégias de negócios e dados de mercado com decisões sobre produtos tecnológicos. Identifica as tecnologias críticas e os gaps existentes e identifica formas de alavancar investimentos. Incorporam o tempo de maneira explícita. Revelam lacunas nos planos para desenvolvimento de produtos e tecnologias. Auxiliam na priorização de projetos com base em tendências fortes.	Utilizado principalmente para projetos de P&D. Para o processo de seleção e priorização deve ser utilizado em conjunto com outros métodos.
Processo de Análise de Rede (ANP)	Permite transformar valores qualitativos em quantitativos. Método intuitivo e relativamente simples.	Dependente do tomador de decisão. Os pesos obtidos são baseados na opinião subjetiva dos tomadores de decisão.
Processo Analítico Hierárquico (AHP)	Intuitivo e relativamente fácil para a formulação e análise de decisões complexas.	Não é apropriado para portfólios que envolvem um número grande de projetos, pois o número de comparações pareadas necessárias inviabiliza a utilização do método
Método multicriterial Promethee	Considera múltiplos critérios de decisão. Fácil entendimento pelos tomadores de decisão. É um dos métodos de tomada de decisão multicritérios mais intuitivo.	Consegue tratar apenas informações quantitativas e pode não ser bem aplicado à informações qualitativas
Árvore de decisão	Útil para casos onde os tomadores de decisão enfrentam uma sequência de decisões, onde cada decisão é influenciada pelo resultado da anterior.	Sua construção é demorada e pode ser extremamente confusa quando o problema é grande e complexo.
Redes Neurais	Mesmo com dados incompletos ou imprecisos as redes podem preencher as lacunas sem sofrer degradação. Resposta rápida, modelos compactos e aprendizado automático.	As redes podem chegar a conclusões que contrariem as regras e teorias estabelecidas, bem como considerar dados irrelevantes como básicos; somente o bom senso do profissional experiente saberá tratar tais casos. Impossível saber porque a rede chegou a tal conclusão. Os dados de entrada necessitam de tratamento prévio: devem ser normalizados, em alguns casos tratados com lógica fuzzy.
Programação inteira	são capazes de considerar interdependência entre projetos, como restrições ou dependência entre os recursos.	a complexidade desses métodos e a impossibilidade de inclusão do julgamento, da experiência e da visão do decisor para o alcance das soluções para os problemas de seleção de portfólio, impedem que os mesmos alcancem maior aceitação dos tomadores de decisão. Além disso, exigem o uso de sistemas computacionais e a coleta de grandes quantidades de dados de entrada e a maioria dos modelos são incapazes de incluir considerações de risco
Lógica fuzzy	Lida com múltiplas e inexatas informações. Melhora a precisão da seleção do projeto.	Necessitam de mais simulação e testes, não aprendem facilmente, são difíceis para se estabelecer regras corretamente, além de não possuírem uma definição matemática precisa.

Figura 3.9 Pontos fortes e fracos dos métodos identificados na revisão sistemática (continuação)

Métodos probabilísticos	Consideram risco e incerteza, evidente na maioria dos projetos. Obriga a organização a entender cada uma componente do sistema e as interações entre elas.	Geralmente há necessidade de um software para sua utilização. As entradas devem ser adequadas para que o resultado seja satisfatório. Modelos diferentes para cada situação.
Programação matemática (não-linear, linear, por objetivos e dinâmica)	Capazes de considerar interdependência entre projetos, como restrições ou dependência entre os recursos. A programação por objetivos e dinâmica permite o agendamento e sequenciamento de projetos.	Não possuem grande aceitação por tomadores de decisão por serem complexos e não permitirem a inclusão do julgamento, da experiência e da visão do decisor para o alcance das soluções dos problemas de seleção de portfólio. Exigem o uso de sistemas computacionais e a coleta de grandes quantidades de dados de entrada e a maioria dos modelos são incapazes de incluir considerações de risco.
Métodos econômicos/financeiros	São as consideradas mais amigáveis aos tomadores de decisão, uma vez que o seu procedimento é transparente e o resultado claro. As comparações entre projetos são em uma linguagem de fácil compreensão, os melhores projetos são claramente identificados pela medida calculada.	Necessidade de se estimar benefícios financeiros diretos ou fluxos de caixa dos projetos em um horizonte de planejamento longo, e avaliar ou estimar dados de entrada em termos monetários, atividades consideradas difíceis pelos tomadores de decisão.
Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT)	Avalia interdependência e complementaridade entre os projetos.	As formas mais sofisticadas desta técnica são complexas e muitas vezes requerem o uso de procedimentos matemáticos e a constante atenção do tomador de decisão.

Figura 3.10 Pontos fortes e fracos dos métodos identificados na revisão sistemática (continuação)

3.4 CONCLUSÕES

A escolha de um método apropriado de avaliação de projetos é essencial para os tomadores de decisão (POH *et al.*, 2001). A revisão sistemática da literatura apresentada neste artigo revelou que existe uma grande variedade de métodos para avaliação e seleção de projetos.

A revisão realizada, contemplando o período de 2000 a 2011, apontou 71 estudos que utilizaram 20 métodos distintos para avaliação e seleção de projetos. Os métodos identificados estão baseados em diferentes enfoques (da pesquisa operacional a princípios estratégicos) e cada um deles analisa as informações através de procedimentos particulares de avaliação e seleção, que por sua vez produzem suas próprias análises e resultados. Os métodos identificados foram classificados em três diferentes abordagens (qualitativos, quantitativos e quali/quantitativos) a partir da análise dos dados de entrada e saída destes métodos. A

abordagem quantitativa foi identificada para a maioria dos métodos, sendo que a quali/quantitativa foi a menos utilizada.

Além disso, a maioria dos métodos não considera a dependência e correlação entre os projetos do portfólio. Isto pode representar um problema na avaliação de um portfólio de projetos, uma vez que é usual a existência de dependência, onde a execução de um projeto diminui os custos e/ou aumenta os benefícios de projetos subseqüentes. Também é usual a presença de correlação, onde a execução simultânea de dois ou mais projetos pode diminuir custos e/ou aumentar os benefícios desse conjunto de projetos correlacionados. Os estudos encontrados foram classificados entre a Ásia, Europa e América, estando a África com um percentual pequeno dos estudos.

Os projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) são o objeto mais frequente dos métodos encontrados, seguidos pelos projetos de Sistemas de informação (SI). Isto pode ser decorrente do número elevado desses tipos de projetos disponível para avaliação nas empresas. Os métodos encontrados apresentam pontos fortes e fracos, sendo de responsabilidade dos tomadores de decisão a escolha daquele que melhor se adapte a realidade da organização.

Esse trabalho se preocupou com a identificação dos métodos de avaliação e seleção de projetos na literatura através de uma revisão sistemática. Enquanto tópico relevante para pesquisas futuras recomenda-se a análise comparativa dos diferentes métodos identificados, permitindo identificar suas vantagens e desvantagens.

3.5 REFERÊNCIAS

AMIRI, M.P. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 6218-6224, 2010.

ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal of Project Management**, vol. 17, p. 207-216, 1999.

_____. Project Portfolio Selection through Decision Support. **Decision Support Systems**, vol. 29, p. 73-88, 2000.

_____. Project portfolio selection and management. In: MORRIS, Peter W. G.; PINTO, Jeffrey K. **The Wiley guide to project program & portfolio management**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., Cap 5, p. 94-112, 2007.

ASOSHEH, A.; NALCHIGAR, S.; JAMPORAZMEY, M. Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 5931-5938, 2010.

AVINERI, E.; PRASHKER, J.; CEDER, A. Transportation projects selection process using fuzzy sets theory. **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 116, p. 35-47, 2000.

- BADRI, M.A.; DAVIS, D.; DAVIS, D. A comprehensive 0 - 1 goal programming model for project selection. **International Journal of Project Management**, vol. 19, p. 243-252, 2001.
- BAI, S.; LI, S.; FENG, R.; GUO, Y. Organizational project selection based on fuzzy multi-index evaluation and BP Neural Network. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE (MASS), 2010. **Anais... IEEE**, 2010, p. 1-5.
- BLAU, G.E.; PEKNY, J.F.; VARMA, V.A.; BUNCH, P.R. Managing a portfolio of interdependent new product candidates in the pharmaceutical industry. **Journal of Product Innovation Management**, vol. 21, p. 227-245, 2004.
- BÜYÜKÖZKAN, G.; ÖZTÜRKCAN, D. An integrated analytic approach for Six Sigma project selection. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 5835-5847, 2010.
- CÁÑEZ, L.; GARFIAS, M. Portfolio management at the Mexican Petroleum Institute. **Research Technology Management**, p. 46-55, vol. 49, 2006.
- CARAZO, A.F.; GÓMEZ, T.; MOLINA, J.; HERNÁNDEZ-DÍAZ, A.G.; GUERRERO, F.M.; CABALLERO, R. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. **Computers & Operations Research**, vol. 37, p. 630-639, 2010.
- CHAN, S.L.; IP, W.H. A Scorecard-Markov model for new product screening decisions. **Industrial Management & Data Systems**, vol. 110, pp. 971-992, 2010.
- CHANG, P.-T.; LEE, J.-H. A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection. **Computers & Operation Research**, p. 1-14, 2010.
- CHEN, J.; ASKIN, R.G. Project selection, scheduling and resource allocation with time dependent returns. **European Journal of Operational Research**, vol. 193, p. 23-34, 2009.
- CHEN; C.-T.; CHENG H.-L. A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, vol. 27, p. 389-399, 2009.
- CHIEN; C.-F. A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects. **R&D Management**, vol. 32, p. 359-368, 2002.
- CHO, K.-T.; KWON, C.-S. Hierarchies with dependence of technological alternatives: A cross-impact hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, vol. 156, p. 420-432, 2004.
- COLDRICK, S.; LONGHURST, P.; IVEY, P.; HANNIS, J. An R&D options selection model for investment decisions. **Technovation**, vol. 25, p. 185-193, 2005.
- COOPER, R.G.; EDGETT, S.J.; KLEINSCHMIDT, E.J. New Problems , New Solutions: Making Portfolio Management More Effective. **Research Technology Management**, vol. 43, p. 18-33, 2000.
- DEY, P. Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique. **International Journal of Production Economics**, vol. 103, p. 90-103, 2006.
- DICKINSON, M.W.; THORNTON, A.C.; GRAVES, S. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 48, p. 518-527, 2001.
- DUARTE, B.P.M.; REIS, A. Developing a projects evaluation system based on multiple attribute value theory. **Computers & Operations Research**, vol. 33, p. 1488-1504, 2006.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**, vol. 172, p. 1018-1039, 2006.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach. **Omega**, vol. 36, p. 895-912, 2008.
- FARRIS, J. A. Evaluating the relative performance of engineering design projects: a case study using Data Envelopment Analysis. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 53, p. 471-482, 2006.

- FARRUKH, C.; PHAAL, R.; PROBERT, D.; GREGORY, M.; WRIGHT, J. Developing a process for the relative valuation of R & D programmes. **R&D Management**, vol. 1, p. 43-53, 2000.
- FRANCO; L.A.; LORD, E. Understanding multi-methodology: evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions. **Omega**, vol. 39, p. 362-372, 2011.
- GHASEMZADEH, F.; ARCHER, N. Project portfolio selection through decision support. **Decision Support Systems**, vol. 29, p. 73-88, 2000.
- GREINER, M.A.; FOWLER, J.W.; SHUNK, D.L.; CARLYLE, W.M.; MCNUTT, R.T. A hybrid approach using the analytic hierarchy process and integer programming to screen weapon systems projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 192-203, 2003.
- GUNERI, A.F.; CENGIZ, M.; SEKER, S. A fuzzy ANP approach to shipyard location selection. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, p. 7992-7999, 2009.
- GUO, P.; LIANG, J.J.; ZHU, Y.M.; HU, J.F. R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM), 2008, China. **Proceedings...** Singapore: IEEE, 2008, p. 994-998.
- GUTJAHR, W.; KATZENSTEINER, S.; REITER, P.; STUMMER, C.; DENK, M. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 205, p. 670-679, 2010.
- HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H.; MARTEL, J. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 195, p. 841-849, 2009.
- HENRIKSEN, A.; TRAYNOR, A.J. A practical R&D project-selection scoring tool. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 46, p. 158-170, 2002.
- HENRIKSEN, B.; RØSTAD, C.C. Evaluating and prioritizing projects – setting targets: the business effect evaluation methodology (BEEM). **International Journal of Managing Projects in Business**, vol. 3, p. 275-291, 2010.
- HSU, Y.-G.; TZENG, G.-H.; SHYU, J.Z. Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects. **R&D Management**, vol. 33, p. 539-551, 2003.
- KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- KHORRAMSHAHGOL, R.; AZANI, H.; GOUSTY, Y. An integrated approach to project evaluation and selection. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 35, p. 265-270, 1988.
- KIM, G.C.; EMERY, J. An application of zero-one goal programming in project selection and resource planning - a case study from the Woodward Governor Company. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 1389-1408, 2000.
- KITCHENHAM, B., Procedures for Performing Systematic Reviews. Keele Technical Report SE0401 and NICTA Technical Report 0400011T.1, 2004.
- KLAPKA, J.; PINOS, P. Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 140, p. 434-446, 2002.
- KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B.R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. **Business Process Management Journal**, vol. 15, p. 669-686, 2009.
- KUMAR, U.D.; SARANGA, H.; RAMÍREZ-MÁRQUEZ, J.E.; NOWICKI, D. Six sigma project selection using data envelopment analysis. **The TQM Magazine**, vol. 19, p. 419-441, 2007.
- KYPARISIS, G.; GUPTA, S.; IP, C. Project selection with discounted returns and multiple constraints. **European Journal of Operational Research**, vol. 94, p. 87-96, 1996.
- LEE, J.W.; KIM, S.H. An integrated approach for interdependent information system project selection. **International Journal of Project Management**, vol. 19, p. 111-118, 2001.

- LEE, J.W.; KIM, S.H. Using Analytic Network Process and Goal Programming for interdependent information system project selection. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 367-382, 2000.
- LEE, S.; KANG, S.; PARK, E.; PARK, Y. Applying technology road-maps in project selection and planning. **International Journal of Quality & Reliability Management**, vol. 25, p. 39-51, 2008.
- LIANG, C.; LI, Q. Enterprise information system project selection with regard to BOCR. **International Journal of Project Management**, vol. 26, p. 810-820, 2008.
- LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 181, p. 1488-1505, 2007.
- LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 181, p. 1488-1505, 2007.
- LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. **European Journal of Operational Research**, vol. 190, p. 679-695, 2008.
- LIN C.; HSIEH, P.-J. A fuzzy decision support system for strategic portfolio management. **Decision Support Systems**, vol. 38, p. 383 – 398, 2004.
- LINTON, J.D.; WALSH, S.T.; MORABITO, J. Analysis, ranking and selection of R&D projects in a portfolio. **R&D Management**, vol. 32, p. 139-148, 2002.
- LOCH, C.H.; BODE-GREUEL, K. Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects. **R&D Management**, vol. 2, p. 231-248, 2001.
- LOCH, C.H.; PICH, M.T.; TERWIESCH, C.; URBSCHAT, M. Selecting R&D projects at BMW: a case study of adopting mathematical programming models. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 48, p. 70-80, 2001.
- MACHACHA, L.L.; BHATTACHARYA, P. A fuzzy-logic-based approach to project selection. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 47, p. 65-73, 2000.
- MAGAREY, J.M. Elements of a systematic review. **International Journal of Nursing Practice**, vol. 7, p.376-382, 2001.
- MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; CALOGHIROU, Y. Project prioritization under policy restrictions: a combination of MCDA with 0 – 1 programming. **European Journal of Operational Research**, vol. 171, p. 296-308, 2006.
- MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; KOURENTZIS, A. Selection among ranked projects under segmentation, policy and logical constraints. **European Journal of Operational Research**, vol. 187, p. 177-192, 2008.
- MEADE, L.M.; PRESLEY, A. R&D project selection using the Analytic Network Process. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 49, p. 59-66, 2002.
- MEDAGLIA, A.; GRAVES, S.; RINGUEST, J. A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, vol. 179, p. 869-894, 2007.
- MENDENHALL, W.; SINCICH, T. **Statistics for Engineering and the Sciences**. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 2007.
- MEREDITH, J.R.; MANTEL, S.J. **Project Management: A Managerial Approach**. 7th Edition. EUA: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- ORAL, M.; KETTANI, O.; ÇINAR, Ü. Project evaluation and selection in a network of collaboration: a consensual disaggregation multi-criterion approach. **European Journal of Operational Research**, vol. 130, p. 332-346, 2001.
- PADOVANI, M.; CARVALHO, M.M.D.; RAFAEL, A.; MUSCAT, N. Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: estudo de caso no setor químico. **Gestão & Produção**, vol. 17, p. 157-180, 2010.

- POH, K.; ANG, B.; BAI, F. A comparative analysis of R&D project evaluation methods. **R&D Management**, vol. 31, p. 63–75, 2001.
- RABECHINI JR., R.; MAXIMIANO, A.C.A.; MARTINS, V.A. A adoção de gerenciamento de portfólio como uma alternativa gerencial: o caso de uma empresa prestadora de serviço de interconexão eletrônica. **Produção**, vol. 15, p. 416-433, 2005.
- REN, X.; ZHANG, G. Research on decision support for Six Sigma project selection based on fuzzy evaluation. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS, NETWORKING AND MOBILE COMPUTING- WICOM'08, 2008. **Proceedings...IEEE**, 2008, p. 1–11.
- RYAN, T. **Estatística Moderna para Engenharia**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2009.
- SANTHANAM, R.; KYPARISIS, G. A decision model for interdependent information system project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 89, p. 380-399, 1996.
- SCHELP, M.X. Gestão estratégica de projetos através de gerenciamento de portfólios de projetos – estudo de caso em uma empresa de autopeças. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-ENEGEP, 2005, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre: ABEPRO**, 2005, p. 2885-2892.
- SCHMIDT, R.L. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 40, p. 403-410, 1993.
- SHANG, J.S.; TJADER, Y.; DING, Y. A unified framework for multicriteria evaluation of transportation projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 51, p. 300-313, 2004.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. EUA: The Iowa State University Press, 1967.
- SOLAK, S.; CLARKE, J.; JOHNSON, E.; BARNES, E. Optimization of R&D project portfolios under endogenous uncertainty. **European Journal of Operational Research**, vol. 207, p. 420-433, 2010.
- STUMMER, C.; HEIDENBERGER, K. Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 175-183, 2003.
- SUN, H.; MA, T. A packing-multiple-boxes model for R&D project selection and scheduling. **Technovation**, vol. 25, p. 1355-1361, 2005.
- TOHUMCU, Z.; KARASAKAL, E. R&D project performance evaluation with multiple and interdependent criteria. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 57, p. 620-633, 2010.
- VERBANO, C.; NOSELLA, A. Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. **European Journal of Innovation Management**, vol. 13, p. 355-380, 2010.
- VERMA, D.; SINHA, K. Toward a theory of project interdependencies in high tech R&D environments. **Journal of Operations Management**, vol. 20, p. 451-468, 2002.
- WEI, C.-C.; LIANG, G.-S.; WANG, M.-J.J. A comprehensive supply chain management project selection framework under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, vol. 25, p. 627-636, 2007.
- WEY, W.-M.; WU, K.-Y. Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation. **Mathematical and Computer Modelling**, vol. 46, p. 985-1000, 2007.
- YANG, T.; HSIEH C.-H. Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, p. 7594-7603, 2009.

4 ARTIGO 3 – Um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos

Camila Costa Dutra
José Luis Duarte Ribeiro
Rogério Feroldi Miorando
Marly Monteiro de Carvalho

Versão em inglês do artigo aceita para apresentação na INFORMS Conference on Business Analytics and Operations Research (15-17 de Abril - Huntington Beach, Califórnia, EUA).

Resumo

Este artigo apresenta um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização do portfólio de projetos que busca quantificar os investimentos e benefícios e seus possíveis desvios, fornecendo uma análise dos retornos esperados para os projetos. Para o desenvolvimento do modelo foram seguidas três etapas: definição de critérios; definição do método mais apropriado para ser utilizado; e construção do modelo. Um teste prático para avaliar a aplicabilidade e utilidade do modelo foi realizado junto ao portfólio de projetos de investimento de uma empresa de distribuição de energia elétrica e revelou que: i) os critérios utilizados são suficientemente completos; ii) o uso da abordagem econômica e probabilística qualifica as informações disponibilizadas aos tomadores de decisão; iii) a linguagem financeira é mais facilmente compreendida e tem um significado concreto tanto para a área gerencial quanto para a área técnica.

Palavras-chave: Portfólio de projetos; Seleção de projetos; Priorização de projetos.

An economic-probabilistic model for projects selection and prioritization

Abstract

This paper presents an economic-probabilistic model for projects selection and prioritization that seeks to quantify the benefits and investments and their possible deviations, providing an analysis of expected returns for the projects. To develop the model were followed three steps: criteria definition; definition of the most appropriate method to be used; and model building. A practical test to evaluate the applicability and usefulness of the model was conducted with the investment projects portfolio of a distributing electricity company that revealed that: i) the criteria are sufficiently complete, ii) the use of economic and probabilistic approach qualifies the information available to decision makers, iii) the financial language is more easily understood and has a concrete meaning both for the management area and for the technical area.

Keywords: Project portfolio, Project selection, Project prioritization.

4.1 INTRODUÇÃO

As constantes mudanças na tecnologia e nas condições de mercado, associadas a clientes mais exigentes, geram nas empresas a busca por inovação, diferencial competitivo e melhores resultados. Nesse contexto, os projetos são essenciais para criar valor econômico e vantagem competitiva. No entanto, os projetos potenciais têm de competir por recursos escassos, já que normalmente não há recursos suficientes para realizar todos os investimentos propostos. Por isso, é necessário selecionar quais projetos serão implementados e quais são prioritários. Para garantir o máximo retorno sobre o conjunto de projetos selecionado, o

processo de seleção deve utilizar critérios consistentes e relacionar os mesmos com as estratégias de negócios da organização (MEADE; PRESLEY, 2002; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007; ALMEIDA, 2011).

Por ser um problema de decisão estratégica, o processo de seleção e priorização de projetos é complexo, frequentemente caracterizado por múltiplos objetivos, conflitantes e difíceis de mensurar. Além disso, geralmente as informações disponíveis para os tomadores de decisão não são completas, gerando incertezas no processo. Para Gorrod (2004) e Hubbard (2007), a incerteza associada ao curso de ação gera possibilidades de perda ou ganho, ou variação dos resultados desejados ou planejados (MEADE; PRESLEY, 2002; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007). Goldratt (1997) na teoria da Corrente Crítica reconhece a incerteza como um ponto importante dos projetos e sugere que a estratégia e a forma de gerenciar esta incerteza pode significar a diferença entre o sucesso e o fracasso de um projeto.

Para que as decisões sejam tomadas corretamente, é importante a definição clara de critérios e o uso de métodos que subsidiem os tomadores de decisão na análise de cada projeto potencial. As técnicas e procedimentos para seleção de portfólio somente serão utilizados pelas empresas se forem facilmente entendidos pelos tomadores de decisão gerenciais (KERZNER, 2006; LIESIÓ *et al.*, 2007; MEREDITH; MANTEL JR., 2008). Na literatura há diversos estudos que abordam a seleção e priorização de projetos (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999; POH *et al.*, 2001; COOPER *et al.*, 2001; MEADE; PRESLEY, 2002; PADOVANI *et al.*, 2010). Porém, não há consenso sobre quais critérios devem ser utilizados na seleção e priorização. Como resultado, cada organização tende a escolher um conjunto de critérios que consideram mais importantes. Contudo, o conjunto escolhido pode ser incompleto ou insuficiente para subsidiar decisões qualificadas. A escolha errada de critérios de tomada de decisão pode levar a organização a não atingir os seus objetivos estratégicos, bem como os das partes interessadas (PADOVANI *et al.*, 2008).

De modo geral, os critérios de avaliação não são peculiares a nenhum método de seleção de projetos particular. A maioria dos métodos tem flexibilidade para usar diferentes conjuntos de critérios. A avaliação de um projeto proposto considerando um conjunto de critérios elimina a concorrência desleal entre os projetos, que pode acontecer quando esses são avaliados um contra o outro, utilizando diferentes raciocínios a cada comparação. Para fazer a comparação direta de diferentes projetos é necessário estabelecer um sistema comum de medição (MARTINO, 1995; COOPER *et al.*, 2000; KERZNER, 2006; MEREDITH; MANTEL JR., 2008; CASTRO; CARVALHO, 2010).

A utilização de métodos formais de seleção de projetos amplia as chances de sucesso nos negócios, possibilitando, por exemplo, melhores resultados em vendas e lucratividade. Existem diversas técnicas na literatura que podem ser utilizadas para avaliar e selecionar projetos. Porém, não há consenso sobre quais são as mais eficazes, e muitas delas são complexas ou requerem muitos dados de entrada. Também existe pouca evidência sobre a possibilidade de utilização prática dessas técnicas, uma vez que a maioria é de difícil entendimento e utilização pelos tomadores de decisão (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999; COOPER et al., 1999; LAWSON et al. 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007, 2000; MEREDITH; MANTEL JR., 2008). Experiências relatadas nas aplicações de Liesjö et al. (2007) sugerem que as abordagens simples e transparentes que consideram múltiplos critérios, mesmo que acomodando informações incompletas, são mais propensas a serem aceitas pelos tomadores de decisão das empresas, e tendem a produzir melhores decisões.

Os métodos para seleção e priorização de projetos encontrados na literatura podem ser quantitativos e/ou qualitativos e variam de simples procedimentos de triagem até procedimentos matemáticos sofisticados (EILAT et al., 2008). O trabalho de Dutra e Ribeiro (2011) pesquisou, através de uma revisão sistemática, aplicações de métodos de seleção de projetos e encontrou 20 métodos distintos, que foram classificados em quantitativos, qualitativos e quanti/qualitativos. O estudo demonstrou que abordagens quantitativas são as mais utilizadas. O estudo de Cooper et al. (2001) destacou quais os métodos mais utilizados e quais são dominantes no processo decisório para a seleção e priorização de projetos. Os resultados demonstraram que os métodos financeiros são os mais utilizados, embora não sejam os mais indicados para serem utilizados isoladamente. Pontos fortes e fracos foram discutidos para todos os métodos. Em muitas situações, os métodos financeiros apresentam resultados superiores e, quando utilizados em conjunto com outros métodos, os resultados são ainda melhores. Verificaram ainda que os melhores negócios tendem a usar uma combinação ou uma abordagem híbrida de métodos de seleção de projetos do portfólio (uma média de 2,43 métodos por negócio).

Diversos autores destacam a tendência nas organizações de combinar os diferentes métodos para cumprir os requisitos que garantem o sucesso na seleção e priorização de projetos. Também é sugerida a utilização de em um sistema integrado, amigável ao gestor, interativo, baseado em sistema computacional de apoio à decisão. Um modelo genérico e abrangente a ser utilizado por organizações interessadas em gerenciamento do portfólio de projetos tem papel fundamental na difusão de práticas gerenciais. A proposição de um modelo deve considerar os problemas identificados na literatura em relação ao gerenciamento de

portfólio, ou seja: faltas de critérios formais e técnicas e procedimentos muito complexos, que requerem muitos dados de entrada e são de difícil entendimento e utilização pelos tomadores de decisão, ou não podem ser utilizados na forma de um processo organizado, entre outros (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999; COOPER et al., 1999; LAWSON et al. 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007, 2000; MEREDITH; MANTEL JR., 2008; VERBANO; NOSELLA, 2010).

Este artigo apresenta um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos que avalia o retorno econômico e o impacto das incertezas envolvidas no resultado de cada projeto. O modelo apresentado tem como foco uma estrutura de fácil compreensão e utilização por analistas e tomadores de decisão, contemplando múltiplos critérios de avaliação para a análise econômica.

A seguir, a próxima seção apresenta os procedimentos metodológicos deste trabalho. O modelo proposto é apresentado na seção três. Na quarta seção são apresentados os resultados do teste prático do modelo. Finalmente, a seção cinco aborda as conclusões do artigo.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Silva e Menezes (2001), este trabalho pode ser classificado, quanto a sua natureza, como uma pesquisa aplicada, pois é dirigido à solução de um problema específico. Dada a natureza exploratória desta pesquisa, adotou-se uma estratégia de pesquisa quantitativa. Como procedimentos técnicos, utilizou-se a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. O estudo de caso envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (YIN, 2005).

A construção do modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos foi realizada em quatro etapas: (1) seleção de critérios; (2) seleção do método, (3) integração de critérios e métodos e operacionalização do modelo; e (4) teste do modelo proposto. A seguir descrevem-se estas etapas.

4.2.1 Seleção de critérios

A primeira etapa para a criação de um modelo para seleção e priorização de projetos a serem incluídos no portfólio consiste em decidir sobre os critérios que serão utilizados na avaliação dos projetos. Nesta etapa é importante garantir que o conjunto de critérios seja completo, mas evitando superposições ou problemas de hierarquia. Para isso, utilizou-se como

referência o estudo desenvolvido por Dutra et al. (2011) que apresenta uma revisão sistemática sobre critérios de avaliação e seleção de projetos. Os resultados revelaram uma lista inicial de 443 critérios, que após a padronização da terminologia, eliminação de redundâncias, superposições e especificidades, gerou um conjunto de 35 critérios de seleção independentes. De acordo com os autores, o conjunto proposto é completo e genérico, podendo ser utilizado para analisar diferentes tipos de projetos e subsidiar decisões qualificadas.

4.2.2 Seleção do método

Para a identificação e seleção do método foi realizada uma pesquisa na literatura dos principais métodos utilizados para seleção e priorização de projetos, suas vantagens e limitações práticas. Para o estudo, teve-se como referência o trabalho de Dutra e Ribeiro (2011) que pesquisou, através de uma revisão sistemática, aplicações de métodos de seleção de projetos e encontrou 20 métodos distintos. Para a seleção do método, buscou-se atender as principais características sugeridas na literatura para viabilizar sua aplicação prática, que são: *i)* possibilidade de incorporar múltiplos critérios; *ii)* possibilidade de considerar incertezas; *iii)* facilidade de entendimento pelos tomadores de decisão gerenciais; e *iv)* habilidade de ser facilmente modificado, ou ser auto-ajustável em resposta às mudanças no ambiente da empresa (LIESIÖ et al., 2007; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007; MEREDITH; MANTEL JR., 2008). Também foi analisada a possibilidade de utilização de uma abordagem híbrida de métodos, uma vez que a literatura verificou que isto pode trazer melhores resultados e ajuda a cumprir os requisitos que garantem o sucesso da seleção e priorização de projetos (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999; COOPER et al., 1999, 2001).

A seleção recaiu sobre uma abordagem híbrida, que envolve procedimentos econômicos e probabilísticos. Essa abordagem foi utilizada por Miorando (2010) para análise de risco em projetos de TI. O modelo desenvolvido pelo autor avalia o retorno econômico de um único projeto ajustado ao risco, através da distribuição de probabilidades para o seu VPL, e a variabilidade que cada fator de risco analisado provoca no retorno do projeto.

Para a construção deste modelo, os procedimentos econômicos permitem analisar o retorno relativo, o retorno absoluto e o tempo de retorno dos projetos. O enfoque econômico é considerado amigável aos tomadores de decisão, uma vez que o seu procedimento é transparente, relativamente simples e o resultado financeiro é claro para todos os envolvidos. Além disso, os melhores projetos são facilmente identificados com os resultados calculados, dependendo das classes de projetos que estão sendo consideradas (VERBANO; NOSELLA, 2010; ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

O enfoque probabilístico, por sua vez, permite aos tomadores de decisão entender a extensão da incerteza associada aos critérios utilizados na tomada de decisão. O método selecionado contempla o uso da simulação de Monte Carlo que possibilita tratar a incerteza nos relacionamentos complexos entre entradas e saídas nos projetos através da exposição das muitas consequências possíveis de investir num projeto. A utilização da simulação propicia ao tomador de decisão não somente informações probabilísticas sobre o retorno dos projetos, mas também conhecimento sobre a viabilidade dessas estimativas, revelando o valor esperado do retorno financeiro e a respectiva dispersão. Tanto a expectativa quanto sua variabilidade são critérios de decisão importantes na seleção do projeto. (WAILER; MATHIAS, 1996; EVANS; OLSON, 2002; HUBBARD, 2007; VOSE, 2008; MEREDITH; MANTEL JR., 2008). Adicionalmente, a combinação dos procedimentos econômicos e probabilísticos atende uma das limitações apontadas na literatura, que indica que métodos econômicos não deveriam ser utilizados isoladamente (COOPER et al., 2001).

4.2.3 Integração de critérios e métodos e operacionalização do modelo

Partindo dos critérios e método selecionados, iniciou-se a construção do modelo para seleção e priorização de projetos. No primeiro momento, foi desenvolvida a estrutura de avaliação, que terá interface com os tomadores de decisão. Na sequência, foi elaborado o procedimento de avaliação dos projetos, onde o resultado é utilizado para a seleção e priorização do portfólio de projetos.

Para facilitar o entendimento dos critérios e a avaliação dos projetos pelos tomadores de decisão, foi feita uma descrição de cada um dos critérios selecionados com base nos estudos da literatura de onde foram extraídos. Na sequência, os critérios foram classificados em critérios qualitativos, que contemplam aspectos que não são diretamente quantificáveis, mas cuja análise irá ajudar nos grupos subsequentes, que envolvem quantificação; e critérios quantitativos que contemplam aspectos referentes a investimentos (despesas) e benefícios. Os critérios classificados foram então divididos em três grupos principais: *i*) critérios de descrição do projeto; *ii*) critérios de quantificação do investimento; e *iii*) critérios de quantificação do benefício. Esse último grupo é composto por critérios mais difíceis de serem quantificados, desta forma, critérios qualitativos foram incluídos para facilitar a quantificação.

Uma vez que os critérios foram selecionados a partir de diversos estudos da literatura e sendo a maioria de fontes internacionais, a lista contendo os 35 critérios foi apresentada para análise a seis especialistas da área de gerenciamento de projetos. Esta atividade visa garantir que os critérios listados são genéricos para diferentes empresas e tipos de projetos e reflitam a

realidade da gestão de portfólio de empresas brasileiras. Ainda foi verificada a adequação da nomenclatura, descrição e agrupamento dos critérios. Optou-se pela seleção de três especialistas acadêmicos e três profissionais de empresas com envolvimento direto na gestão de portfólio de projetos.

A análise dos critérios foi feita através de reuniões presenciais com quatro especialistas e através de meio eletrônico com os dois restantes, uma vez que se encontravam em outras regiões do país. Os comentários dos especialistas foram transcritos na íntegra e, após a análise das observações feitas, foram excluídos e inseridos novos critérios e foi realizado o reagrupamento de alguns critérios. As alterações foram realizadas somente quando observações coincidentes eram feitas por mais de dois especialistas. A nova lista obtida após o aprimoramento está apresentada na Figura 4.1. Conforme pode ser observado na Figura 4.1, a nova lista contém 37 critérios, sendo destacados na tonalidade cinza clara os critérios qualitativos e em cinza escura os critérios quantitativos referentes aos investimentos e benefícios.

Para a elaboração do procedimento de avaliação que deverá quantificar o investimento e seu benefício, para permitir a construção dos indicadores econômicos globais de cada projeto (tais como: retorno absoluto, retorno relativo e tempo de retorno), é necessário que todos os critérios quantitativos sejam expressos na mesma base. Uma vez que os critérios que usualmente dominam a análise (aumento de faturamento e investimentos) são expressos em unidades monetárias, optou-se por utilizar essa medida para a parametrização dos critérios. Assim, para a avaliação dos projetos, todos os critérios quantitativos são apresentados em termos de Valor Presente (VP). Alguns critérios classificados como quantitativos são de difícil mensuração monetária, uma vez que sua natureza é subjetiva e os tomadores de decisão nem sempre possuem experiência para sua avaliação. Esse é o caso, tipicamente, dos critérios referentes a benefícios ambiental, social e intangíveis. Nesses casos, a atribuição de valores pode ser realizada através da estimativa de ordem de grandeza destes critérios, que pode ser considerada uma forma de ponderação. Esse esforço se justifica uma vez que permite a utilização de procedimentos econômicos. Cabe salientar, que nesses casos geralmente os valores envolvidos são pequenos e servem apenas como critérios de desempate na priorização.

Para implementar a análise probabilística, cada um dos critérios quantitativos é expresso na forma de uma distribuição triangular. Essa forma de distribuição foi escolhida em função de sua simplicidade. Assim, para cada critério quantitativo, é estimado seu valor monetário mínimo, mais provável e máximo, considerando as incertezas envolvidas nos

projetos. Adicionalmente, os valores atribuídos, correspondentes a investimentos ou benefícios, devem ser distribuídos ao longo do tempo de análise, para permitir o cálculo do tempo de retorno do investimento. A totalização do investimento e benefício é dada pela soma das variáveis estocásticas (critérios) consideradas, através do uso da simulação de Monte Carlo. O resultado é uma distribuição de probabilidade para o investimento total e outra para o benefício total do projeto.

DESCRIÇÃO DO PROJETO	
Escopo do projeto	Descreve o que será feito no projeto e suas características principais.
Prazo do projeto	Tempo (em meses) para desenvolvimento do projeto.
Complexidade do projeto	Classifica o projeto de acordo com a sua complexidade técnica (Considerar para classificação: localização, materiais, tecnologias, conhecimento, fornecedores e áreas envolvidas).
Facilidade de execução	Classifica o projeto de acordo com a facilidade de execução do projeto.
Facilidade de manutenção	Classifica o projeto de acordo com a facilidade de manutenção dos resultados.
Relacionamento com outros projetos	Identifica outros projetos do portfólio que apresentam interdependência com este.
Incertezas envolvidas	Identifica as incertezas (custo, técnicas, tempo, ...) envolvidas no desenvolvimento do projeto.
Clientes envolvidos	Identifica os clientes que serão beneficiados com os resultados do projeto.
Urgência na realização do projeto	Classifica a urgência do projeto: mandatório ou eletivo
Grau de inovação	Classifica o grau de inovação do projeto dentro da empresa. Considerando aspectos como: emprego de novos materiais, tecnologias, procedimentos e conhecimentos.
Patenteabilidade	Analisa se o resultado do projeto pode ser patenteado (ou outro mecanismo de proteção intelectual) e se existem benefícios pela venda de royalties.
Potencial de replicabilidade ou expansão	Analisa o potencial de replicabilidade ou expansão do projeto dentro da empresa.
Mercado potencial	Analisa a situação do mercado potencial da área do projeto
Melhoria da competitividade	Analisa se o desenvolvimento do projeto melhora a competitividade da empresa.
Atendimento a aspectos regulatórios	Analisa se a realização do projeto contribui para o atendimento de aspectos regulatórios (saúde e segurança, ambiental, qualidade(Ex.:INMETRO)).
Alinhamento estratégico	Analisa se o projeto está alinhado com as estratégias da empresa.
QUANTIFICAÇÃO DO INVESTIMENTO	
Investimento em infraestrutura	Quantifica os investimentos em infra-estrutura (espaço, desapropriações, compensações ambientais e sociais).
Investimento em tecnologia	Quantifica os investimentos em aquisição ou utilização de novas tecnologias.
Investimento em RH	Quantifica os investimentos em recursos humanos para planejamento, execução e finalização do projeto.
Investimento em fornecedores	Quantifica os investimentos em desenvolvimento, capacitação de fornecedores.
Investimento em logística e distribuição	Quantifica os investimentos em logística e distribuição.
Investimento em marketing	Quantifica os investimentos em marketing.
QUANTIFICAÇÃO DO BENEFÍCIO	
Benefício direto - Aumento de Faturamento	Quantifica o aumento do faturamento com a implantação do projeto (aumento de vendas, redução de custos pela melhoria do produto ou processo,...).
Redução do uso de recursos naturais	Analisa a redução de uso de recursos naturais pela implantação do projeto.
Reutilização de partes/sistemas	Analisa a possibilidade de reutilização de partes pela implantação do projeto.
Reciclagem de materiais	Analisa a possibilidade de reciclagem de materiais pela implantação do projeto.
Redução de poluentes	Analisa a redução de emissão de poluentes pela implantação do projeto
Benefício ambiental	Quantifica o benefício ambiental com o desenvolvimento do projeto.
Benefícios à comunidade	Avalia os benefícios gerados para a comunidade com a implantação do projeto.
Geração de emprego	Apura os empregos gerados a partir da implantação do projeto.
Benefício social	Quantifica o benefício social do projeto.
Atendimento às necessidades dos colaboradores	Analisa os benefícios gerados para os colaboradores com a implantação do projeto.
Aprendizagem e conhecimento	Analisa se o desenvolvimento do projeto aumenta a aprendizagem e conhecimento da equipe.
Melhoria na imagem da empresa	Analisa se o desenvolvimento do projeto melhora a imagem da empresa.
Benefício intangível	Quantifica o benefício intangível do projeto.
Impacto nos projetos relacionados	Analisa o impacto do projeto em outros projetos do portfólio em termos de recursos necessários e benefícios esperados.
Benefícios ampliados em outros projetos	Quantifica os benefícios do projeto sobre outros projetos do portfólio.

Figura 4.1 Estrutura para avaliação dos critérios de seleção e priorização de projetos

Os indicadores econômicos globais dos projetos, que servirão para a seleção e priorização, também são resultado da simulação de Monte Carlo. O retorno absoluto é calculado através da diferença entre o benefício total e o investimento total, variáveis estocásticas representadas por suas distribuições. Valores positivos indicam que o projeto possui um benefício maior que o investimento, quanto maior este valor mais interessante é o projeto.

Similarmente, o retorno relativo é estimado através da divisão do benefício total pelo investimento total. Valores acima de um (1) são desejáveis para os projetos, pois indicam benefícios superiores ao investimento. O tempo de retorno é calculado considerando a forma como os investimentos e benefícios ocorrem ao longo do tempo. Seguindo os procedimentos tradicionais, o tempo de retorno é aquele em que os benefícios equiparam-se ao valor do investimento. Para a seleção e priorização do portfólio de projetos para o próximo período são apresentadas aos tomadores de decisão listas que ordenam as alternativas a partir destes três indicadores.

4.2.4 Teste do modelo proposto

Após a construção do modelo, foi realizado um teste prático visando analisar sua aplicabilidade e utilidade. O teste foi realizado junto a uma empresa de distribuição de energia elétrica. Para isto, foi selecionado um portfólio de 120 projetos de investimento. A análise dos projetos foi realizada em 6 reuniões com a participação de uma equipe de tomadores de decisão de diferentes áreas da empresa, com conhecimento e dados suficientes para a avaliação dos diferentes critérios.

4.3 MODELO PROPOSTO

O modelo proposto neste trabalho representa uma nova abordagem para a seleção e priorização de projetos, seguindo procedimentos relativamente simples, capazes de considerar incertezas e de fácil entendimento pelos tomadores de decisão. O modelo, contendo suas atividades e resultados, é apresentado na Figura 4.2.

A primeira atividade do modelo propõe a análise de dezesseis critérios qualitativos que visa assegurar suficiente discussão e aprofundamento antes de iniciar a quantificação do projeto. Para isto, é feita uma breve descrição de cada um dos critérios na forma de texto livre. Desta atividade, tem-se como resultado o entendimento do projeto, seus custos e benefícios.

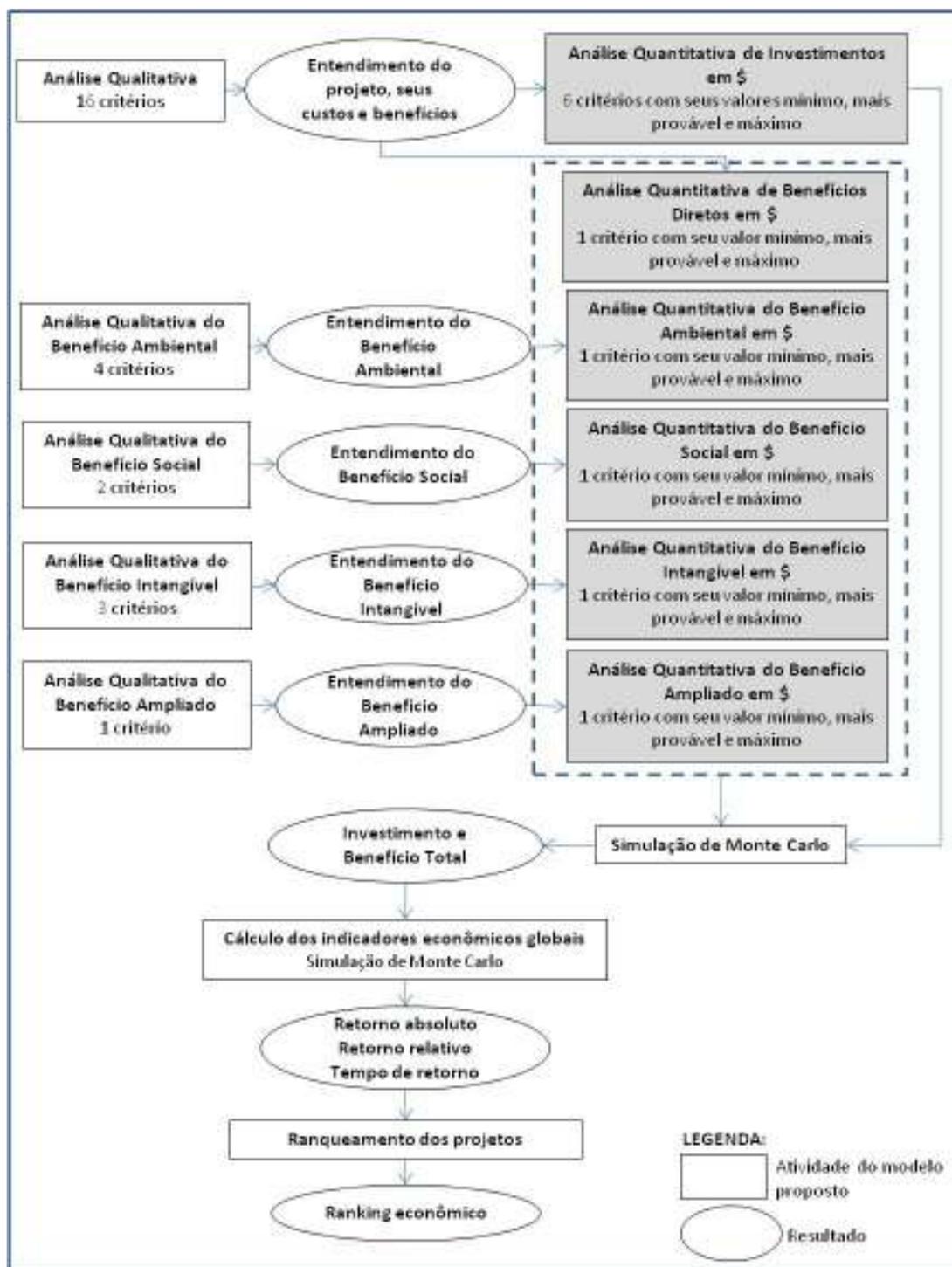


Figura 4.2 Modelo de avaliação e priorização de projetos

Na sequência, são avaliados os critérios quantitativos de investimentos e benefícios. Na quantificação de investimentos consideram-se seis critérios, onde devem ser estimados, pelo grupo de tomadores de decisão, seus valores mais provável, mínimo e máximo, considerando as incertezas envolvidas no projeto em análise. Adicionalmente, os valores atribuídos, devem ser distribuídos ao longo do tempo de análise.

Para a quantificação dos benefícios são considerados cinco critérios (benefício direto, ambiental, social, intangível e ampliado) onde, assim como nos investimentos, o grupo de tomadores de decisão estimam seus valores mais provável, mínimo e máximo, considerando as incertezas envolvidas no projeto em análise. Os valores atribuídos devem ser distribuídos ao longo do tempo de análise. A quantificação dos benefícios ambiental, social, intangível e ampliado é facilitada pela análise de critérios qualitativos que auxiliam no seu entendimento. Para o entendimento do benefício ambiental são considerados quatro critérios qualitativos. Na análise qualitativa do benefício social são considerados dois critérios. Para o benefício intangível, analisa-se três critérios qualitativos. Para o entendimento do benefício ampliado é considerado apenas um critério qualitativo.

Para a totalização do investimento total realiza-se a soma das variáveis estocásticas (seis critérios) consideradas, através do uso da simulação de Monte Carlo. Na totalização do benefício total também é utilizada a simulação de Monte Carlo para a soma dos cinco benefícios, representados por distribuições de probabilidade.

A atividade seguinte é o cálculo dos indicadores econômicos globais (retorno absoluto, retorno relativo e tempo de retorno) dos projetos também realizado através do uso de simulação de Monte Carlo. Os resultados dos indicadores são utilizados na próxima atividade de ranqueamento dos projetos. Nesta atividade são apresentadas aos tomadores de decisão listas que ordenam as alternativas a partir destes três indicadores. Uma vez que os resultados dos indicadores são distribuições de probabilidades, pode-se optar pela utilização da média ou por percentis dependendo do perfil dos tomadores de decisão para a incerteza. Perfis neutros tendem a utilizar o valor médio, enquanto os conservadores utilizam percentis abaixo da média, por exemplo, o percentil de 25% do retorno absoluto ou retorno relativo. No caso de tomadores de decisão com perfil agressivo, ou seja, que desejam selecionar projetos com maior retorno mesmo sujeitos a maiores incertezas, pode-se utilizar percentis acima da média, como por exemplo, o percentil de 75%.

Ao ordenar os projetos considerando o retorno absoluto, a empresa prioriza aqueles projetos que geram um maior lucro absoluto (maximizar retorno absoluto). No caso de ordenar os projetos utilizando o retorno relativo, a empresa prioriza os projetos que seguramente trarão retorno para a empresa, ou seja, com resultados substancialmente maiores que um (maximizar segurança). Os resultados do tempo de retorno servem para priorizar projetos em cenários que a empresa precisa de um rápido retorno do valor investido (maximizar retorno no curto prazo).

A seleção do portfólio para o próximo período é dado através da definição de um ponto de corte nos indicadores pelos tomadores de decisão ou pela quantidade de recursos disponíveis na organização para o próximo período. Serão priorizados os projetos que apresentarem melhor resultado nos indicadores.

Estima-se que para a análise de um projeto, leva-se aproximadamente uma hora. Os cálculos realizados através de Simulação de Monte Carlo estão programados em planilhas eletrônicas e são computados em poucos segundos.

4.4 TESTE PRÁTICO DO MODELO PROPOSTO

Para ilustrar os resultados do teste prático do modelo proposto, serão apresentados os resultados da avaliação de três projetos. A análise dos 120 projetos foi realizada em 6 reuniões de oito horas, com a participação de uma equipe de oito tomadores de decisão de diferentes áreas da empresa (diretoria, financeira, engenharia, ambiental, RH). Antes do início da aplicação do modelo, foi feita uma reunião para apresentação do modelo, definição do portfólio de projetos para aplicação e horizonte de tempo de análise da empresa.

A avaliação dos critérios qualitativos de descrição do projeto está apresentada no Apêndice A, a discussão desses critérios auxiliou na avaliação subsequente de critérios quantitativos. Os critérios quantitativos de investimento, determinados pelo grupo de tomadores de decisão, e representados pelos seus valores mais provável, mínimo e máximo estão apresentados nas células em cinza claro da Tabela 4.1. Os valores determinados para os critérios quantitativos de benefícios aparecem nas células cinza escuro.

Tabela 4.1 Valores determinísticos atribuídos aos projetos pelo grupo de analistas e tomadores de decisão

Critérios quantitativos		Projeto 1			Projeto 2			Projeto 3		
		Mín.	Prov.	Máx.	Mín.	Prov.	Máx.	Mín.	Prov.	Máx.
Investimento	Investimento em infraestrutura*	9.150	11.150	13.500	2.500	2.800	3.500	40	93	120
	Investimento em tecnologia*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Investimento em RH*	1.000	1.050	1.200	375	420	525	6	13,95	18
	Investimento em fornecedores*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Investimento em logística e distribuição*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Investimento em marketing*	4	6	8	-	-	-	-	-	-
Benefício	Aumento do Faturamento*	11.200	11.300	11.480	2.700	7.000	10.000	1	2	4
	Benefício ambiental*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benefício social*	990	1.000	1.100	30	120	200	-	80	120
	Benefício intangível *	3.200	3.250	3.350	15	17	17,5	1,2	2,79	3,6
	Benefícios ampliados em outros projetos*	120	150	180	25	55	70	-	-	-

* valores expressos em milhares de reais

A partir dos valores da Tabela 4.1 fez-se a totalização do investimento e benefício total através de simulação de Monte Carlo. A simulação de Monte Carlo para os projetos exemplificados no teste prático foi implementada através do software @Risk®. Porém, no

teste prático com o conjunto de projetos, esta simulação foi implementada através de programação no *Visual Basic for Application (VBA)* em planilha eletrônica. A Tabela 4.2 apresenta os resultados probabilísticos: média e percentis de 1% e 99% do investimento total e benefício total.

Tabela 4.2 Valores probabilísticos do resultado do investimento e benefício total dos projetos

Resultado	Projeto 1			Projeto 2			Projeto 3		
	P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}
Investimento total*	10.874	12.694	14.615	3.057	2.978	3.934	66	105	137
Benefício total*	15.479	15.623	15.792	3.397	6.699	9.660	14	71	117

* valores expressos em milhares de reais

Tendo-se o resultado do investimento e benefício total, partiu-se para o cálculo dos indicadores globais dos projetos, realizados através também de simulação de Monte Carlo. Na Tabela 4.3, aparecem os resultados probabilísticos (média e percentis de 1% e 99%) do retorno absoluto e relativo dos projetos. O tempo de retorno dos projetos não tem valor indicado neste artigo por questões de espaço, pois seria necessária a apresentação da distribuição dos valores ao longo de 10 anos, sendo esse o tempo de análise definido pela empresa. Os gráficos com as distribuições de probabilidade do retorno dos projetos estão apresentados nas Figuras 4.2 a 4.7.

Tabela 4.3 Valores probabilísticos dos indicadores globais dos projetos

Indicadores do projeto	Projeto 1			Projeto 2			Projeto 3		
	P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}
Retorno absoluto (benefício – investimento) *	1.014	2.929	4.773	-109	3.253	6.246	-103	-33	31
Retorno relativo (benefício / investimento)	1,06	1,23	1,44	0,97	1,95	2,90	0,14	0,69	1,4

* valores expressos em milhares de reais

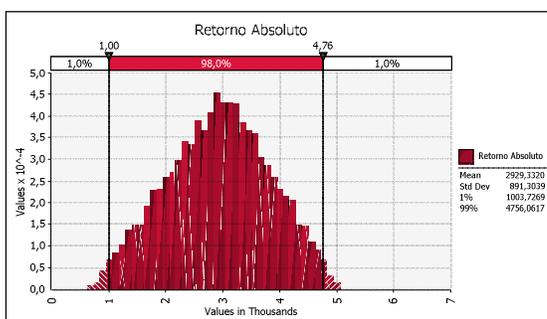


Figura 4.3 Distribuição do retorno absoluto Proj. 1

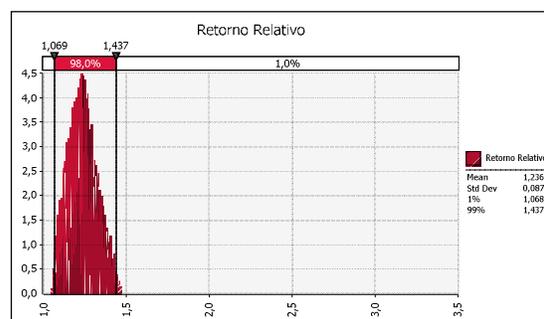


Figura 4.4 Distribuição do retorno relativo Proj. 1

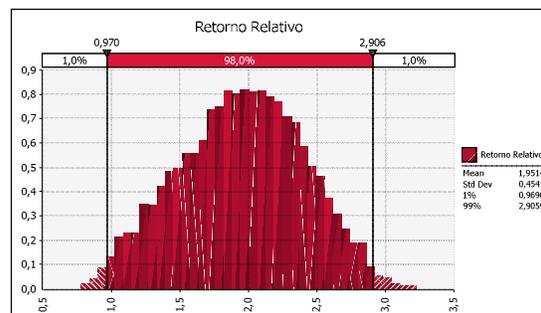
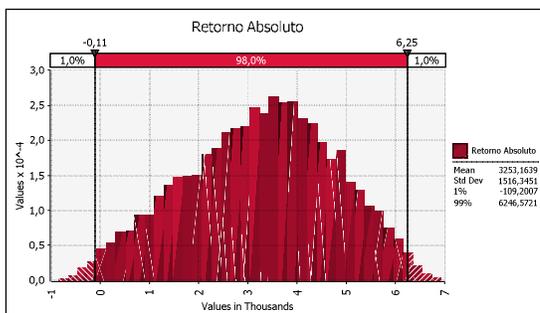


Figura 4.5 Distribuição do retorno absoluto Proj. 2

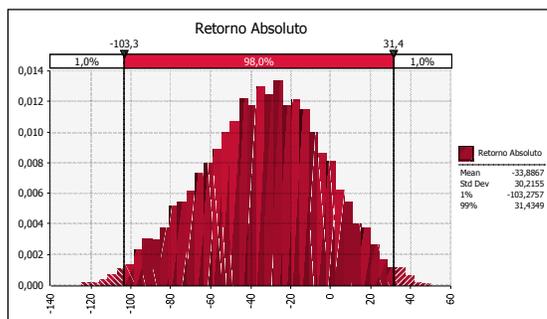


Figura 4.6 Distribuição do retorno relativo Proj. 2

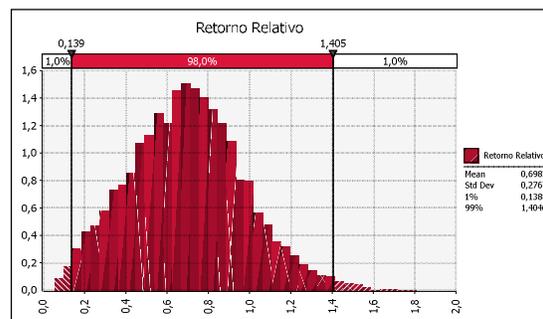


Figura 4.7 Distribuição do retorno absoluto Proj. 3

Figura 4.8 Distribuição do retorno relativo Proj. 3

A análise dos resultados da simulação e dos gráficos revelam que os projetos 1 e 2 apresentam valores médios de retorno absoluto positivo e retorno relativo maior que 1, que caracterizam projetos interessantes para as empresas. O projeto 3 apresenta valor negativo para retorno absoluto e menor que zero para o relativo, sendo desta forma menos interessante que os demais.

Ao observar-se a distribuição de probabilidade dos projetos, os resultados do projeto 1 possuem pouca dispersão, sendo sempre interessantes para a empresa. Na distribuição dos resultados do projeto 2, verifica-se uma maior dispersão dos valores, podendo o retorno absoluto ser negativo e o retorno relativo menor que zero. Isto demonstra a importância de se avaliar as distribuições de probabilidade, uma vez que se os analistas e tomadores de decisão fossem avaliar somente o valor médio, o projeto 2 seria mais interessante. No entanto, as incertezas envolvidas no projeto 2 são maiores, fazendo com que, conforme o cenário, o projeto não seja interessante para a empresa.

As informações referentes a investimento total, benefícios totais e retorno, estimadas através da simulação de Monte Carlo, eram apresentadas na forma de valores característicos, no caso: média e percentis de 1%, 5%, 25%, 50%, 75%, 95% e 99%. Isto facilita a percepção da distribuição de probabilidade encontrada, mesmo sem a apresentação do gráfico correspondente.

Para a priorização pelos analistas e tomadores de decisão, foram geradas três listas onde os projetos foram ordenados em ordem decrescente considerando o retorno absoluto na primeira, na segunda foi considerado o retorno relativo e na última o tempo de retorno. Em uma nova reunião deve ser feita para a definição do indicador que auxiliará na definição do portfólio de projetos para o próximo período.

O tempo de análise de cada projeto do portfólio teve uma variação considerável, podendo chegar até uma hora. O tempo mais longo aconteceu para a primeira vez que cada um dos tipos de projetos do portfólio foi analisado. Os demais projetos do mesmo tipo

tiveram seu tempo de análise reduzido, uma vez que muitos critérios apresentavam a mesma avaliação do anterior.

A utilização de planilhas eletrônicas com programação *VBA* tornaram os cálculos de investimento total, benefício total e dos indicadores globais do projeto extremamente simples. Desta forma, os analistas e tomadores de decisão puderam se concentrar apenas na avaliação dos critérios, uma vez que o cálculo dos resultados, expressos na forma de distribuição de probabilidade eram feitos automaticamente através da macro implementada.

O grupo de tomadores de decisão encontrou alguma dificuldade para estimar valores mínimos e máximos para os critérios quantitativos. Quando isto acontecia, era revisto o critério qualitativo de descrição do projeto que descreve as incertezas envolvidas no projeto, o que facilitava a quantificação. Outra forma encontrada para facilitar a determinação desses valores, era a indicação de um percentual de variação do valor mais provável do critério. A determinação de valores em unidades monetárias para os critérios de benefício ambiental, social e intangível foi outra dificuldade encontrada. Para auxiliar os tomadores de decisão, foram buscados parâmetros relacionados a estes critérios dentro da empresa (como o valor pago em multas ambientais) que ajudaram na sua quantificação.

4.5 CONCLUSÕES

Empresas que querem ser competitivas, selecionando os projetos mais adequados a sua estratégia de negócio, devem adotar a prática denominada gerenciamento de portfólio. O gerenciamento de um portfólio de projetos envolve a utilização de métodos que garantam ao tomador de decisão vencer os desafios inerentes a esta atividade, tais como recursos limitados para o número de projetos, dificuldade de priorização, tomada de decisões na ausência de informações claras e confiáveis e excesso de projetos em andamento. Modelos de seleção de projetos têm sido desenvolvidos por acadêmicos. Contudo, muitos deles foram desenvolvidos para situações específicas e outros são complexos e de difícil entendimento pelos tomadores de decisão. Além disso, poucos parecem ter sido testados em empresas (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; COOPER et al., 1999, 2000).

O presente artigo apresentou um modelo para seleção e priorização do portfólio de projetos, construído a partir de critérios qualitativos e quantitativos. O modelo busca quantificar os investimentos e benefícios e suas possíveis incertezas, fornecendo uma análise econômico-probabilística dos retornos esperados para o projeto. A utilização de um método econômico facilita o entendimento e utilização pelos tomadores de decisão, uma vez que estes

são indicadores usuais nas organizações. As informações probabilísticas qualificam a análise e informações disponibilizadas.

O modelo proposto utiliza critérios genéricos aplicáveis a maioria dos projetos e organizações. Além disso, existindo necessidade, podem ser excluídos ou adicionados novos critérios, específicos do tipo de projeto ou organização. O estudo prático do modelo proposto junto a uma empresa de distribuição de energia elétrica, onde foram analisados 120 projetos, revelou que: *i)* os critérios utilizados são suficientemente completos, fornecendo informações sobre todos os aspectos considerados importantes para os tomadores de decisão; *ii)* o uso da abordagem econômica e probabilística qualifica as informações disponibilizadas aos tomadores de decisão; *iii)* a parametrização dos critérios em unidades monetárias torna a avaliação inicial do projeto um pouco mais difícil, porém, todas as etapas subsequentes que irão conduzir a seleção e priorização do portfólio de projetos ficam facilitadas, uma vez que os critérios estão expressos de forma objetiva, compartilhando a mesma unidade; *iv)* a linguagem financeira é mais facilmente compreendida e tem um significado concreto tanto para a área gerencial quanto para a área técnica; *v)* a atribuição de valores financeiros mínimo, mais provável, e máximo para cada um dos critérios, permite a consideração da incerteza na avaliação dos projetos, aspecto considerado importante pelos tomadores de decisão. Vale mencionar que a incapacidade de considerar incerteza é uma das limitações apontadas pela literatura para a maioria das técnicas e procedimentos de seleção de projetos (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; LIN; CHEN, 2004).

Sugere-se para trabalhos futuros aplicar o modelo econômico-probabilístico em diferentes empresas e tipos de projetos para avaliar de forma mais intensa sua generalidade e eficiência.

4.6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N.O. **Gerenciamento de portfólio: alinhando o gerenciamento de projetos à estratégia da empresa e definindo sucesso e métricas em projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2011.
- AMIRI, M.P. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. **Expert Systems with Applications**, vol. 37, p. 6218-6224, 2010.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal of Project Management**, vol. 17, n.4, p. 207-216, 1999.
- ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. Project portfolio selection and management. In: MORRIS, P. W. G.; PINTO, J. K. **The Wiley guide to project program & portfolio management**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., Cap 5, p. 94-112, 2007.
- ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. Project portfolio selection techniques: a review and a suggested integrated approach. In: DYE, L.D.; PENNYPACKER, J. S. **Project Portfolio**

- Management: Selecting and Prioritizing Projects for Competitive Advantage.** EUA: Center for Business Practices, p. 207-238, 1999.
- AVINERI, E.; PRASHKER, J.; CEDER, A. Transportation projects selection process using fuzzy sets theory. **Fuzzy Sets and Systems**, vol. 116, p. 35-47, 2000.
- BADRI, M.A.; DAVIS, D.; DAVIS, D. A comprehensive 0 - 1 goal programming model for project selection. **International Journal of Project Management**, vol. 19, p. 243-252, 2001.
- BAI, S.; LI, S.; FENG, R.; GUO, Y. Organizational project selection based on fuzzy multi-index evaluation and BP Neural Network. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE (MASS), 2010. **Anais... IEEE**, p. 1-5, 2010.
- CÁÑEZ, L.; GARFIAS, M. Portfolio management at the Mexican Petroleum Institute. **Research Technology Management**, p. 46-55, vol. 49, 2006.
- CASTRO, H. G.; CARVALHO, M. M. Gerenciamento do Portfólio de Projetos: um estudo exploratório. **Gestão & Produção**, vol. 17, n.2, p. 1-15, 2010.
- CHANG, P.-T.; LEE, J.-H. A fuzzy DEA and knapsack formulation integrated model for project selection. **Computers & Operation Research**, p. 1-14, 2010.
- CHEN; C.-T.; CHENG H.-L. A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, vol. 27, p. 389-399, 2009.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management More Effective. **Research Technology Management**, vol. 43, n.2, p. 18-33, 2000.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New product portfolio management: practices and performance. **Journal of Product Innovation Management**, vol. 16, n.4, p. 333-351, 1999.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. **R&D Management**, vol. 31, n.4, p. 361-380, 2001.
- DUTRA, C.C.; RIBEIRO, J. L .D. Métodos de avaliação e seleção de projetos: uma revisão sistemática da literatura. Submetido à **Revista Produção**, 2011.
- DUTRA, C.C.; RIBEIRO, J.L.D; CARVALHO, M.M.. Critérios para seleção de projetos do portfólio: uma revisão sistemática da literatura. Submetido à **Revista Produção**, 2011.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach. **Omega**, vol. 36, p. 895-912, 2008.
- EVANS, J. R.; OLSON, D. L. **Introduction to Simulation and Risk Analysis**. New Jersey:Prentice Hall, 2002. 392 p.
- GHASEMZADEH, F.; ARCHER, N. Project portfolio selection through decision support. **Decision Support Systems**, vol. 29, p. 73-88, 2000.
- GOLDRATT, E. **Critical Chain**. Great Barrington: North River Press, 1997.
- GORROD, Martin. **Risk Management Systems: Process, Technology and Trends**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2004.
- GREINER, M.A.; FOWLER, J.W.; SHUNK, D.L.; CARLYLE, W.M.; MCNUTT, R.T. A hybrid approach using the analytic hierarchy process and integer programming to screen weapon systems projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 192-203, 2003.
- HENRIKSEN, A.; TRAYNOR, A. J. A practical R&D project-selection scoring tool. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 46, p. 158-170, 1999.
- HUBBARD, Douglas W. **How to Measure Anything**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

- HUBBARD, Douglas W. **How to Measure Anything: Finding the Value of “Intangibles” in Business**. John Wiley & Sons, Hoboken, 2007.
- KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- KIM, G.C.; EMERY, J. An application of zero-one goal programming in project selection and resource planning - a case study from the Woodward Governor Company. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 1389-1408, 2000.
- LAWSON, C. P.; LONGHURST, P.J.; IVEY, P. C. The application of a new research and development project selection model in SMEs. **Technovation**, vol. 26, n.2, p. 242-250, 2006.
- LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Preference programming for robust portfolio modeling and project selection. **European Journal of Operational Research**, vol. 181, p. 1488-1505, 2007.
- LIN C.; HSIEH, P.-J. A fuzzy decision support system for strategic portfolio management. **Decision Support Systems**, vol. 38, p. 383 – 398, 2004.
- LIN, C.-T.; CHEN, C.-T. New Product Go/No-Go Evaluation at the Front End: A Fuzzy Linguistic Approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 51, p. 197-207, 2004.
- LOCH, C.H.; PICH, M.T.; TERWIESCH, C.; URBSCHAT, M. Selecting R&D projects at BMW: a case study of adopting mathematical programming models. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 48, p. 70–80, 2001.
- MARTINO, J. P. **R&D Project Selection**. EUA: John Wiley & Sons, Inc., 1995. 266p.
- MEADE, L.M.; PRESLEY, A. (2002). R&D project selection using the Analytic Network Process. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 49, p. 59-66.
- MEREDITH, J.R.; MANTEL JR., S.J. **Project Management: A Managerial Approach**. 7th Edition. EUA: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- MIORANDO, R. F. Modelo econômico-probabilístico de análise de risco em projetos de TI. In: MIORANDO, R. F. Modelo econômico-probabilístico de análise de risco em projetos de TI. **Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**. Porto Alegre, 2010.
- PADOVANI, M.; CARVALHO, M.M.; MUSCAT, A. R. N. Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: estudo de caso no setor químico. **Gestão & Produção**, vol. 17, p. 157-180, 2010.
- PADOVANI, M.; MUSCAT, A. R. N.; CAMANHO, R.; CARVALHO, M. M. Looking for the right criteria to define projects portfolio: Multiple case study analysis. **Product: Management & Development**, vol. 6, n.2, p. 127-134, 2008.
- POH, K.; ANG, B.; BAI, F. A comparative analysis of R&D project evaluation methods. **R&D Management**, vol. 31, n.1, p. 63–75, 2001.
- SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.
- VERBANO, C.; NOSELLA, A. Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. **European Journal of Innovation Management**, vol. 13, n.3, p. 355-380, 2010.
- VOSE, David. **Risk Analysis: A quantitative guide**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- WEI, C.-C.; LIANG, G.-S.; WANG, M.-J.J. A comprehensive supply chain management project selection framework under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, vol. 25, p. 627-636, 2007.
- WOILER, S.; MATHIAS, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. São Paulo: Atlas, 1996.

YANG, T.; HSIEH C.-H. Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, p. 7594-7603, 2009.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamentos e métodos**. 3ª Edição. São Paulo: Bookman, 2005.

4.1 APÊNDICE A

Avaliação dos critérios qualitativos de descrição do projeto

Critérios qualitativos	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3
Descrição do projeto			
Escopo do projeto	Construção de nova subestação e nova linha de transmissão	Ampliação de subestação	Instalação de regulador de tensão
Prazo envolvido	36 meses	18 meses	10 meses
Complexidade do projeto	Complexidade média, maiores preocupações seriam a confiabilidade e nível de tensão.	Complexidade média, maior preocupação com carregamento excessivo da subestação.	Muito baixa.
Facilidade de execução	Fácil, linha passa próximo de uma reserva ambiental.	Média, o projeto será desenvolvido em área energizada.	Muito fácil, projeto simples.
Facilidade de manutenção	Fácil	Fácil	Fácil
Relacionamento com outros projetos	Relativamente independente, pode postergar o reforço em subestação de outro município.	Relacionado com projeto de distribuição de nova rede primária.	Não possui relacionamento
Incertezas envolvidas	Pequenas, o sistema irá usar cabo leve, que irá gerar redução de custos, mas não se sabe exatamente quanto.	Pequenas, eventuais atrasos no cronograma em função de empreiteiros.	Pequenas, processo de compra pode demorar gerar atrasos na entrega dos equipamentos.
Cliente envolvido	Residencial e Industrial	Residencial e Industrial	Residencial e Industrial
Urgência na realização do projeto	Mandatário	Mandatário	Eletivo
Grau de inovação	Inovador para a empresa, pois será usado pela primeira vez um cabo mais leve que reduz custos de infraestrutura.	Nenhuma inovação, uma vez que é uma replicação de projeto.	Nenhuma inovação, uma vez que é uma replicação de projeto.
Patenteabilidade	Não existe possibilidade de patenteamento.	Não existe possibilidade de patenteamento.	Não existe possibilidade de patenteamento.
Potencial de replicabilidade ou expansão	Grande potencial de replicação do padrão com cabo leve.	É uma replicação de outros projetos já desenvolvidos.	É uma replicação de outros projetos já desenvolvidos.
Mercado potencial	Pequena concorrência, eventualmente alguns consumidores poderiam mudar de lado, passando a utilizar energia de cooperativas ou outra concessionária.	Domínio de mercado pela empresa.	Domínio de mercado pela empresa.
Melhoria da competitividade	Não se aplica.	Não se aplica.	Não se aplica.
Atendimento a aspectos regulatórios	O projeto é importante para assegurar os índices de atendimento (DEC, FEC, DIC, FIC, DMIC, Nível de tensão)	O projeto é obrigatório uma vez que o órgão regulatório exige que a demanda seja atendida.	Adequação dos níveis de tensão. Melhora DIC e FIC.
Alinhamento estratégico	Alinhado as diretrizes da empresa, ampliação do sistema.	Alinhado as diretrizes da empresa, ampliação do sistema.	Alinhado com a estratégia de confiabilidade.
Benefício ambiental			
Redução do uso de recursos naturais	Não possui redução.	Não possui redução.	Não possui redução.
Reutilização de partes/sistemas	Não reutiliza.	Não reutiliza.	Não reutiliza.
Reciclagem de materiais	Não recicla.	Não recicla.	Não recicla.
Redução de poluentes	Não possui redução.	Não possui redução.	Não possui redução.
Benefício social			
Benefícios à comunidade	Melhora a qualidade de energia.	Não é perceptível pela comunidade.	Melhora qualidade da energia.
Geração de emprego	Região fica mais atrativa para novas empresas, pode gerar novos empregos.	Estão atrasados em relação ao desenvolvimento da região. Não tem impacto significativo.	Não existe.
Benefício intangível			
Atendimento às necessidades dos colaboradores	Diminui reclamações melhora a qualidade de vida dos colaboradores que atuam na região.	Aumenta disponibilidade de colaboradores para outras atividades. Hoje se envolvem na liberação de cargas.	Reduz incomodações.

Aprendizagem e conhecimento	Domínio da tecnologia de cabo leve, que pode ser replicada em próximos projetos.	Não existe.	Não existe.
Melhoria na imagem da empresa	Sim, melhora a imagem, maior qualidade e confiabilidade.	Sim, garantia de qualidade.	Sim, garantia de qualidade.
Benefícios ampliados em outros projetos			
Impacto nos projetos relacionados	Domínio da tecnologia de cabo leve, que pode ser replicada em próximos projetos.	Não existe.	Não existe.

5 ARTIGO 4 - Um modelo para seleção e priorização de projetos que apresentam interdependência

Camila Costa Dutra
José Luis Duarte Ribeiro
Rogério Feroldi Miorando
Marcelo Cortimiglia

Resumo

Este artigo apresenta um modelo composto de duas fases para a seleção e priorização de projetos com interdependências. A primeira fase avalia o retorno econômico considerando as incertezas envolvidas no resultado de cada projeto, através da utilização de métodos econômico e probabilísticos. A segunda fase contempla as interdependências entre projetos, utilizando simulação de Monte Carlo e programação linear para a definição do portfólio de novos projetos para o próximo período da organização. Para ilustrar o uso da segunda fase do modelo, é apresentado um exemplo aplicado ao setor de sistemas de informação, onde são analisados seis projetos, considerando as suas interdependências de recursos e benefícios, conduzindo a identificação do portfólio ótimo.

Palavras-chave: Gestão de projetos; Seleção de projetos; Interdependência; Simulação de Monte Carlo; Programação Linear.

A proposed model for selecting and prioritizing projects presenting interdependence

Abstract

This paper presents a model composed of two phases for projects selection and prioritization considering interdependencies. The first phase estimates the economic return considering the uncertainties involved in the outcome of each project, through the use of economic and probabilistic methods. The second phase addresses the interdependencies among projects using Monte Carlo simulation and linear programming to define the portfolio of new projects for the next period in the organization. To illustrate the use of the second phase of the model an illustrative example applied to the information system segment is presented. Six projects are analyzed, conducting to the identification of the optimum portfolio.

Keywords: Project Management, Project selection, interdependencies, Monte Carlo simulation, Linear Programming.

5.1 INTRODUÇÃO

No mercado atual, as organizações são exigidas a gerenciar e executar diferentes projetos ao mesmo tempo, sendo que o conjunto desses projetos representa o portfólio de projetos de cada empresa (ARTTO et al., 2001). O sucesso do processo de planejamento das empresas depende em grande parte da seleção ótima destes projetos (ZULUAGA et al., 2007). Muitos aspectos devem ser considerados durante a seleção de projetos e revisão do portfólio, a interdependência é um deles (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999). Uma vez que "nenhum projeto é uma ilha", torna-se necessário identificar as relações de cada projeto dentro do portfólio e também com o contexto externo (ENGWALL, 2003).

A interdependência, também chamada por alguns autores de inter-relação ou interação, é definida como uma relação entre os projetos (RUNGI; HILMOLA, 2011; (RUNGI, 2010b; MARTINO, 1995). Quando interdependências estão presentes, a tomada de decisão torna-se mais difícil, uma vez que os parâmetros associados a um projeto específico dependem e mudam de acordo com o conjunto dos projetos selecionados.

As interdependências geram sinergia para a empresa. Normalmente, esta sinergia é positiva (maior taxa de sucesso, valor adicional, economia de custos e de recursos), mas também pode ser negativa (substituição de parte de um produto já existente ou competição por recursos escassos) (SCHMIDT, 1993; ZULUAGA et al. 2007; RUNGI, 2010b).

Pesquisas realizadas por Elonen e Artto (2003) e Rungi (2010a) revelam que em geral as empresas estão cientes do efeito da interdependência, mas falta conhecimento detalhado para identificá-lo. Além disso, elas não consideram as interdependências regularmente, pois não possuem tempo suficiente para implementar os processos necessários e capacidade de avaliá-las (RUNGI, 2010b). Uma pesquisa realizada por Rungi (2009) com pequenas, médias e grandes empresas demonstrou que os principais métodos utilizados para avaliar as interdependências são métodos informais e visuais.

Na área acadêmica, a interdependência é uma questão emergente, e diversos pesquisadores da área de gerenciamento de projetos vêm dando atenção a este tema (SCHMIDT, 1993; ARTTO et al., 2001, 2008; CHIEN, 2002; VERMA; SINHA, 2002; EILAT et al., 2006; ZULUAGA et al., 2007; CHIESA; FRATTINI, 2009; COOPER et al., 2006, RUNGI, 2010b). Porém, a sua investigação efetiva ainda é escassa. As interdependências não são objeto de pesquisa primária, mas um produto secundário de pesquisas maiores, onde as tipologias de interdependências têm sido o maior foco (CHIESA; FRATTINI, 2009; RUNGI, 2010b).

Existem diferentes tipologias e taxonomias disponíveis para as interdependências entre projetos. Algumas tipologias são baseadas nas raízes/natureza das relações, tais como recursos, tecnologia e mercado (VERMA; SINHA, 2002). Embora as tipologias existentes possam parecer diferentes, muitas podem ser total ou parcialmente mapeadas entre si (RUNGI, 2010b). A Figura 5.1 resume as principais tipologias de interdependência apresentadas na literatura, que são: i) interdependências de recursos; ii) interdependências de mercado; iii) interdependências de benefício; iv) interdependências de resultado; v) interdependências em série.

As interdependências também podem ser classificadas como internas ou externas, dependendo da fonte da interação. As interdependências internas surgem de outros projetos

dentro do portfólio em oposição a fontes externas ao portfólio (SCHMIDT, 1993). Esta pesquisa concentra-se nas interdependências internas.

A maioria dos trabalhos sobre modelos de seleção de projetos ignoram as interdependências ou concentram-se principalmente nas interdependências de recurso e resultado (GUO et al., 2008). Segundo Chiesa e Frattini (2009), os métodos que consideram as interdependências podem ser distinguidos, de acordo com sua natureza, em duas categorias principais: i) modelos matemáticos de otimização; ii) modelos de heurísticas.

Tipo	Descrição	Autores
1. Interdependências de recursos	Também chamadas por alguns autores de interdependências de custo . Consideram a partilha de recursos (humanos, equipamentos, entre outros) escassos entre diferentes projetos. Ocorrem quando o custo total de recursos de um portfólio é diferente da soma dos custos individuais.	Chien (2002) Chiesa e Frattini (2009) Eilat et al. (2006) Lee e Kim (2000) Rungi (2010b) Schmidt (1993) Verma e Sinha (2002) Zuluaga et al. (2007)
2. Interdependências de mercado	Derivam da difusão de um novo produto em um mercado de produtos já existentes e da utilização do conhecimento de mercado de um produto atual para o desenvolvimento de um novo produto para um mercado totalmente diferente.	Rungi (2010b) Verma e Sinha (2002)
3. Interdependências de benefício	Também chamadas por alguns autores de interdependências de impacto . Quando estão presentes, o valor total de retornos ou impacto de um portfólio é maior (sinergismo) ou menor (antagonismo) do que a soma dos valores individuais dos projetos.	Chien (2002) Chiesa e Frattini (2009) Eilat et al. (2006) Lee e Kim (2000) Schmidt (1993) Zuluaga et al. (2007)
4. Interdependências de resultado	Também chamadas por alguns autores de interdependências técnicas ou tecnológicas . Referem-se ao efeito de um projeto sobre a probabilidade de sucesso de outro. Ocorrem quando o resultado ou algumas das etapas de um projeto estão relacionados com os resultados de um ou mais outros projetos.	Chien (2002) Chiesa e Frattini (2009) Eilat et al. (2006) Lee e Kim (2000) Rungi (2010b) Schmidt (1993) Verma e Sinha (2002) Zuluaga et al. (2007)
5. Interdependências em série	Ocorrem quando os tomadores de decisão consideram fatores de tempo na seleção de portfólio. Geralmente as relações de tempo entre diferentes projetos que não foram considerados na avaliação individual anterior, e neste caso um projeto (ou fase de desenvolvimento de um projeto) pode começar apenas quando um outro projeto do portfólio terminou.	Chien (2002) Chiesa e Frattini (2009)

Figura 5.1 Tipologias de interdependências encontradas na literatura

A classificação desenvolvida por Lee e Kim (2000) considera um número maior de categorias que são: Programação Dinâmica; Modelos de programação Quadrática Linear 0-1; Programação Quadrática 0-1; Programação não-linear 0-1; Programação por objetivos; e Algoritmo evolucionário com múltiplos objetivos.

O trabalho de Schmidt (1993) está entre os principais métodos encontrados na literatura para seleção de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) considerando interdependências. O método desenvolvido pelo autor possibilita a análise de no máximo 10 projetos e considera a combinação de três tipos de interdependências (recurso, benefício e resultado) entre projetos através da utilização de programação não-linear inteira com restrições quadráticas. Porém, o método foi testado em apenas cinco projetos de P&D hipotéticos. Eilat et al. (2006) utilizaram uma abordagem de *Balanced Scorecard* (BSC) para avaliar os projetos e generalizaram o modelo apresentado por Schmidt (1993) para considerar interdependências no caso de várias entradas e saídas. O modelo proposto explora todos os portfólios possíveis a partir de um conjunto reduzido de projetos candidatos e não se preocupa em achar um portfólio ótimo.

Zuluaga et al. (2007) desenvolveram um modelo para seleção e sequenciamento de projetos com interdependências que utiliza a programação linear inteira, porém o modelo não foi testado para um caso real, foi utilizada uma simulação computacional para testar dez projetos hipotéticos. O modelo de seleção de Liesio et al. (2008) utiliza de programação linear 0-1 com múltiplos objetivos para considerar interdependências, o modelo foi testado para seleção de características de um produto a serem consideradas no seu desenvolvimento. Porém, questionam a viabilidade de sua aplicação prática quando modificadas as restrições e critérios, pois o tempo para resolver o algoritmo em um computador pessoal pode ser muito longo. A abordagem desenvolvida por GUO et al. (2008) considera interdependências através da utilização de programação matemática não-linear 0-1. Um exemplo numérico do modelo que contém cinco projetos da área de Pesquisa e Desenvolvimento foi apresentado no trabalho.

Medaglia et al. (2007) utilizaram um algoritmo evolucionário com múltiplos objetivos para seleção de projetos com interdependência na função objetivo e uma estrutura linear para restrições de recursos. Um exemplo de otimização de portfólio de P&D foi apresentado com cinco projetos. Lee e Kim (2000) desenvolveram uma metodologia para seleção de projetos de sistemas de informação que reflete as interdependências entre critérios e projetos utilizando o processo de análise de rede (ANP) e programação por objetivos 0-1. A metodologia foi testada em um exemplo hipotético com seis projetos de sistemas de informação. Os autores concluíram que a metodologia necessita de um aprimoramento para que seja utilizada em problemas do mundo real.

Stummer e Heidenberger (2003) utilizaram a programação linear inteira com múltiplos objetivos para considerar as interdependências em um modelo que compreende três

fases e que pode considerar no máximo 30 projetos. O trabalho dos autores apresenta um exemplo numérico pequeno para determinação de um portfólio de projetos de P&D. Dickinson et al. (2001) apresentaram um modelo desenvolvido para a otimização da seleção de projetos de desenvolvimento de produtos na empresa Boeing, que utiliza uma matriz de dependência para quantificar as interdependências entre projetos. No entanto, este modelo considera apenas um tipo de interdependência e não pode ser resolvido em ferramentas de otimização específicas, dificilmente encontradas em empresas.

Os trabalhos encontrados na literatura, na sua maioria, não foram aplicados em problemas de seleção do projeto do mundo real e focam principalmente no detalhamento da modelagem da programação matemática. Observa-se também que os estudos práticos concentram-se em apenas um tipo de projeto e a maioria ignora as interdependências entre projetos. A desconsideração das interdependências prejudica a gestão de portfólio de projetos das organizações, de forma que os recursos disponíveis são limitados, porém podem ser compartilhados ou sequenciados para utilizar os recursos da melhor forma possível no tempo (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; MEADE; PRESLEY, 2002; LAWSON et al., 2006; GUO et al., 2008).

Este artigo apresenta um modelo composto de duas fases para a seleção e priorização de projetos com interdependências, capaz de resolver problemas de ordem prática com diferentes tipos de projetos. Este artigo complementa um trabalho anterior de Dutra et al. (2011) que avalia o retorno econômico e o impacto das incertezas envolvidas no resultado de cada projeto, através da utilização de métodos econômico e probabilísticos. Este trabalho está estruturado como descrito a seguir. Na próxima seção apresenta-se o modelo proposto para seleção e priorização de projetos com interdependências. A seção 3 fornece um exemplo ilustrativo que verifica a aplicabilidade do método. Por fim, a seção 4 sumariza as conclusões do trabalho.

5.2 MODELO PROPOSTO

Esta seção apresenta um modelo para seleção e priorização de projetos que permite a avaliação de interdependências em série de recursos e benefícios. O modelo possibilita a avaliação de critérios quantitativos, como o valor de investimento necessário aos projetos, e critérios qualitativos, como grau de inovação. Também são avaliadas restrições da empresa como: recursos humanos disponíveis, capital disponível para investimento, entre outros.

O modelo, estruturado em duas fases, é apresentado na Figura 5.2.

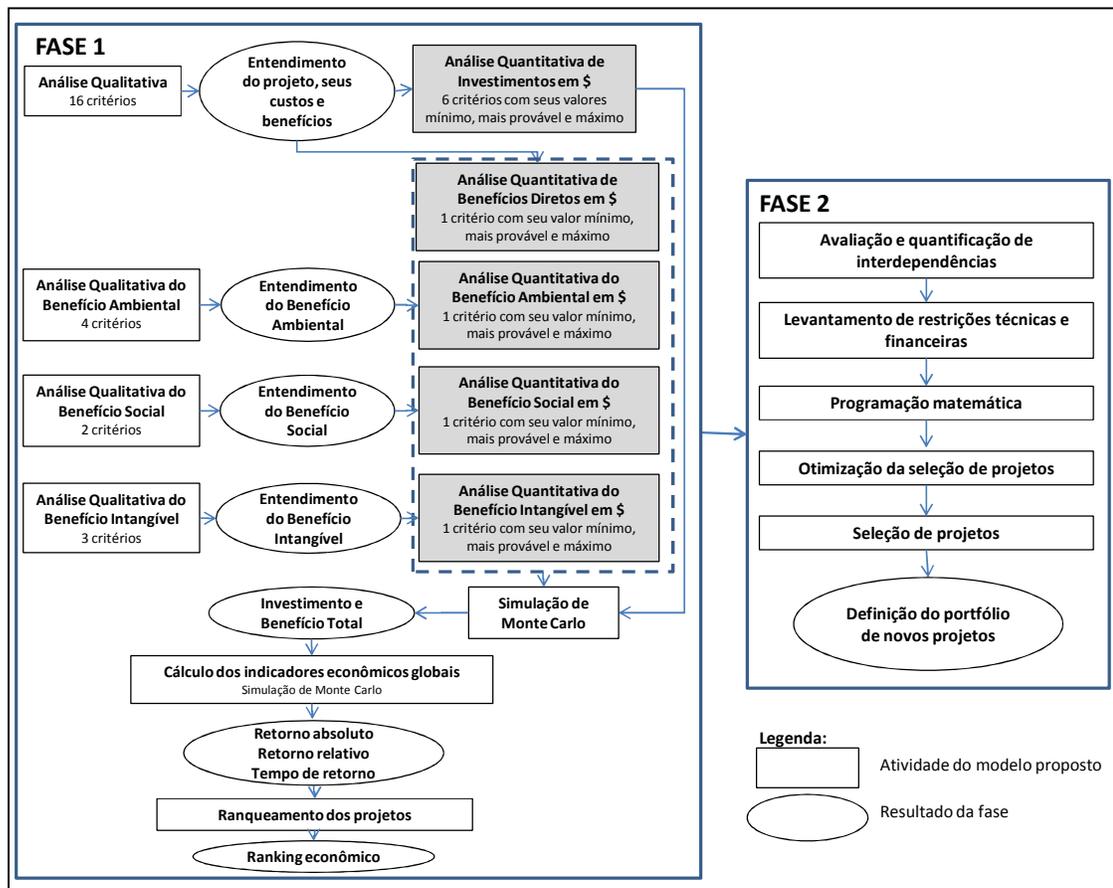


Figura 5.2 Modelo para seleção e priorização de projetos

5.2.1 Fase 1 – Análise econômico-probabilística

A primeira fase do modelo prevê a análise econômico-probabilística dos projetos, contemplando múltiplos critérios de avaliação. De acordo com o modelo desenvolvido por Dutra et al. (2011), estes critérios são classificados em três grupos: *i*) critérios de descrição do projeto; *ii*) critérios de quantificação do investimento; e *iii*) critérios de quantificação do benefício. Dentre os critérios classificados neste último grupo, foi excluído o subgrupo de “Outros benefícios”, uma vez que todos os critérios deste subgrupo referem-se à relação do projeto com outros projetos do portfólio. A relação entre os projetos será analisada na fase 2 do modelo. Para a

Na fase 1 é avaliada a urgência na realização dos projetos, ou seja, se os mesmos são eletivos ou mandatórios. Este modelo propõe a avaliação tanto dos projetos eletivos quanto dos projetos mandatórios, para que o impacto de cada um deles dentro na empresa seja conhecido. Os projetos classificados como eletivos serão aqueles que realmente concorrem

pelo orçamento disponível, podendo ou não serem implementados. Os projetos mandatórios são sinalizados com prioridade de implementação, muitas vezes podendo representar prejuízo ou nenhuma rentabilidade para a empresa.

Para permitir a construção dos indicadores econômicos globais de cada projeto (retorno absoluto, retorno relativo e tempo de retorno), todos os critérios quantitativos são expressos na mesma base (unidade monetária). Para implementar a análise probabilística, cada um dos critérios quantitativos é expresso na forma de uma distribuição triangular. Para isso, são estimados seu valor monetário mínimo, valor mais provável e valor máximo, considerando as incertezas envolvidas nos projetos. A fim de facilitar a estimativa dos cenários para cada critério quantitativo, seus valores são expressos em termos de Valor Presente (VP). Para fins de cálculo do tempo de retorno, os valores dos investimentos e dos benefícios são lançados ao longo do período de vida definido para o projeto, considerando o horizonte de tempo de análise desejado pela empresa. A totalização dos investimentos e benefícios é dada pela soma das variáveis estocásticas (critérios) consideradas, através do uso da simulação de Monte Carlo. O resultado é uma distribuição de probabilidade para o investimento total e outra para o benefício total do projeto.

A atividade seguinte é o cálculo dos indicadores econômicos globais dos projetos. O retorno absoluto é dado pela diferença entre o benefício total e o investimento total, variáveis estocásticas representadas por suas distribuições. Essa diferença também é computada através de simulação de Monte Carlo. Valores positivos indicam que o projeto possui um benefício maior que o investimento, quanto maior este valor mais interessante é o projeto.

Similarmente, o retorno relativo é estimado através da divisão do benefício total pelo investimento total. Valores acima de 1 (um) são desejáveis para os projetos, pois indicam benefícios superiores ao investimento. O tempo de retorno é calculado considerando a forma como os investimentos e benefícios ocorrem ao longo do tempo. Seguindo os procedimentos tradicionais, o tempo de retorno é aquele em que os benefícios equiparam-se ao valor do investimento no tempo.

Para a seleção dos projetos que passarão para a fase seguinte, são apresentadas aos tomadores de decisão listas que ordenam em ordem decrescente as alternativas de projetos a partir destes três indicadores. Uma vez que os resultados dos indicadores são distribuições de probabilidades, pode-se optar pela utilização da média ou por percentis dependendo do perfil dos tomadores de decisão para a incerteza. Perfis neutros tendem a utilizar o valor médio, enquanto os conservadores utilizam percentis abaixo da média, por exemplo, o percentil de 25% do retorno absoluto ou retorno relativo. No caso de tomadores de decisão com perfil

agressivo, ou seja, que desejam selecionar projetos com maior retorno mesmo sujeitos a maiores incertezas, pode-se utilizar percentis acima da média, como por exemplo, o percentil de 75%.

A quantidade de projetos em análise é importante, pois um número muito alto de projetos na etapa seguinte pode inviabilizar a utilização prática do modelo. Portanto, se o número de projetos em análise for elevado, pode-se decidir por um ponto de corte nos indicadores, onde seguirão em análise somente aqueles projetos que apresentarem um valor mínimo.

5.2.2 Fase 2: Análise de interdependências

O resultado da segunda fase é a definição do portfólio de novos projetos para o próximo período da organização. Para isto, é utilizado um modelo que combina simulação de Monte Carlo e programação linear considerando as interdependências entre projetos. Na aplicação descrita neste artigo, a função objetivo escolhida envolve maximizar o retorno absoluto da empresa.

O primeiro passo desta fase é a identificação de interdependências entre os projetos. São considerados três tipos de interdependências: interdependências em série, interdependências de recursos e interdependências de benefícios. As interdependências em série identificadas envolvem: (i) projetos que devem ser realizados conjuntamente, ou (ii) ou projetos redundantes, onde apenas um deles deve ser realizado, ou (iii) projetos (ou etapas de desenvolvimento de um projeto) que apenas poderão iniciar após o término de outro projeto (ou etapa do projeto) do portfólio. Essas interdependências em série são transformadas em restrições da programação matemática que define o portfólio ótimo.

Para a avaliação das interdependências de recursos e benefícios, os projetos são organizados nas colunas e linhas de duas matrizes. No interior dessas matrizes é realizada a quantificação dos valores envolvidos. Seguindo o mesmo procedimento da fase 1 do modelo que permite a análise probabilística, cada uma dessas interdependências identificadas (que podem envolver, por exemplo, redução de custos de infraestrutura ou ampliação de benefícios) são expressas na forma de uma distribuição triangular. Para isso, são estimados seus valores monetários mínimo, mais provável e máximo, considerando as incertezas envolvidas. A fim de facilitar a estimativa dos cenários, seus valores são expressos em termos de Valor Presente (VP).

A seguir são levantadas junto à empresa outras restrições a serem utilizadas no problema. As restrições podem ser de diversos tipos: desde técnicas, como quantidade de

recursos humanos, espaço e equipamentos disponíveis, até financeiras, como disponibilidade de capital para o período, entre outras. Para problemas de seleção de projetos, uma restrição usual é a necessidade de que projetos mandatórios sejam incorporados ao portfólio, a fim de considerar os limites do orçamento.

O passo seguinte desta fase é a programação matemática. Para isto, inicialmente é criada uma matriz final que contém valores extraídos das distribuições de probabilidade associadas ao retorno dos projetos concorrentes, assim como a quantificação estocástica das interdependências. Assim, a diagonal principal apresenta valores do retorno absoluto, conforme a distribuição de probabilidade obtida na primeira fase do modelo. A diagonal inferior e superior da matriz conterá o resultado da soma das distribuições triangulares indicadas nas células correspondentes das matrizes de interdependências de recurso e benefício. Esses valores são gerados utilizando simulação de Monte Carlo.

O estudo de Monte Carlo é realizado considerando, por exemplo, 100 simulações, que geram 100 cenários para a matriz final. O resultado de cada simulação é então submetido à programação matemática. O resultado da programação matemática, que indica portfólio de novos projetos para o próximo período da organização é registrado (100 soluções). A seguir, é feita a análise dos resultados e a solução mais freqüente é considerada o portfólio de projetos ideal. Este procedimento permite visualizar os casos em que existe uma solução dominante (quase todas ou mesmo todas as rodadas conduzem ao mesmo portfólio) ou casos em que mais de uma simulação concorrem entre si, apresentando frequências de ocorrência similares.

O modelo utiliza programação matemática linear e considera uma variável de decisão (x_j) binária, que assume valor 1 (um) sempre que o projeto j for selecionado e 0 (zero) quando o projeto não é selecionado para o portfólio ótimo. O valor de j varia de 1 a n , sendo n o número total de projetos analisados. Para os projetos mandatórios, é criada uma restrição na programação fixando o valor da variável x para estes projetos em 1 (um).

A programação também avalia algumas constantes que descrevem restrições para a seleção do portfólio: C_T – representa a disponibilidade de capital para investimento no período; G_T – o número de gerentes de projeto disponíveis; e E_T – disponibilidade de espaço na fábrica. Outras constantes podem ser adicionadas para representar restrições adicionais, tais como: L_T – disponibilidade de horas do laboratório para a realização de testes; e H_T – o número máximo de horas/homem disponível para a execução do portfólio.

Desta forma, a programação para identificação do portfólio ótimo é dada pela função objetivo apresentada na Equação (5.1). Nessa equação R_{ij} representa o resultado das interdependências entre os projetos i e j (impacto financeiro positivo ou negativo que o

projeto i impõe sobre o projeto j) ou o retorno absoluto do projeto quando $i = j$. A função objetivo busca maximizar o retorno absoluto para a empresa atendendo as restrições apresentadas de (a) até (g).

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i \times x_j \times R_{ij} \quad (5.1)$$

Restrições:

- i) $x_i = 1$, para os projetos mandatórios;
- ii) $x_i + x_j \leq 1$, para projetos redundantes, onde apenas um deles pode ser feito;
- iii) $x_i = x_j$, para projetos dependentes, que devem ser realizados em conjunto;
- iv) $x_i \leq x_j$, para projeto i só pode ser realizados se o projeto j for feito;
- v) $\sum_{i=1}^n c_i \times x_i \leq C_T$, restrição referente ao investimento disponível;
- vi) $\sum_{i=1}^n x_i \leq G_T$, restrição referente ao número de gerentes disponíveis;
- vii) $\sum_{i=1}^n l_i \times x_i \leq L_T$, restrição referente às horas de laboratório disponíveis.

A restrição (i) indica projetos mandatórios que devem ser selecionados. A relação de mútua exclusividade, ou seja, projeto i não é realizado se j for é representada por (ii); a restrição (iii) representa que os projetos i e j devem ser realizados em conjunto; enquanto a (iv) indica que o projeto i só pode ser realizados se o projeto j for feito. A disponibilidade de capital para investimento no período é restringida em (v), onde c_i e C_T representam o valor do investimento total do projeto i e a disponibilidade de capital para investimento no período, respectivamente. O número de gerentes de projetos disponível (G_T) é restringido em (vi), considerando-se que cada projeto utiliza apenas um gerente; enquanto (vii) limita a quantidade de horas disponível para o laboratório L_T , considerando a quantidade de horas de laboratório necessário em cada projeto (l_i). Vale observar que essas restrições são exemplos que ocorrem com certa frequência na prática empresarial. Outras restrições podem ser utilizadas sempre que necessário.

O retorno absoluto esperado com o portfólio de novos projetos selecionados para o próximo período da organização é calculado pela média dos resultados das simulações que geraram a solução mais frequente.

5.3 EXEMPLO ILUSTRATIVO

Para ilustrar o uso da segunda fase do modelo, a qual considera interdependências entre os projetos para a definição do portfólio de novos projetos através da combinação de

programação matemática e um método probabilístico, serão utilizados os dados de uma aplicação apresentada por Lee e Kim (2001). O problema consiste em selecionar um portfólio de novos projetos de sistemas de informação (SI) considerando interdependências de recursos e benefícios a partir de um conjunto de seis projetos.

O exemplo de Lee e Kim (2001) é composto por seis projetos de SI. Existem algumas restrições que devem ser consideradas na seleção dos projetos, que são: i) o número máximo de horas disponível para o programador é de 12.000 horas; ii) o número máximo de horas disponível para o analista é de 5.000 horas; iii) a disponibilidade de capital para investimento em hardware é de \$ 180.000; iv) o projeto 1 é mandatório; v) o número máximo de horas disponível do laboratório é de 3.000 horas. Os recursos necessários benefícios de cada projeto são apresentados na Tabela 5.1. Na Tabela 5.2 são apresentadas as interdependências de benefícios adicionais e recursos nos projetos de SI.

As quantidades de horas de recursos indicadas no exemplo foram convertidas em valores monetários, considerando-se que o custo da hora do programador (HP) é U\$ 20, da hora do analista (HA) é U\$ 30 e da hora do laboratório (HL) é U\$ 100. Tendo-se os recursos necessários aos projetos em valores monetários, foram calculados seus retornos absolutos, através da diferença entre os seus benefícios e o custo total (HP, HA, Hardware e HL).

Tabela 5.1 Benefícios e recursos disponíveis nos projetos de SI

Projeto	Mandatório	Custo HP (\$) ^a	Custo AH (\$) ^b	Custo Hard (\$) ^c	Custo HL (\$) ^d	Benefícios (\$)
1	Sim	100.000	45.000	60.000	75.000	1.500.000
2	Não	180.000	33.000	20.000	70.000	410.000
3	Não	20.000	45.000	50.000	45.000	210.000
4	Não	20.000	51.000	40.000	70.000	210.000
5	Não	31.000	48.000	55.000	65.000	950.000
6	Não	34.000	43.500	50.000	80.000	750.000
Limite disponível		240.000	150.000	180.000	300.000	

^aHP: horas do programador – Custo/hora = \$20.

^bHA: horas do analista – Custo/hora = \$30.

^cCusto Hard: custo de hardware.

^dHL: horas de laboratório – Custo/hora = \$100.

Tabela 5.2 Interdependências (benefícios e custos)

Projetos interdependentes	Benefício adicional	HP compartilhadas	HA compartilhadas	Custo Hardware compartilhado
2,3	35.000	∇ 10.000	∇ 18.000	∇ 10.000
2,4	50.000	∇ 6.000	∇ 13.500	∇ 16.000
3,4	75.000	∇ 9.000	∇ 16.500	∇ 10.000
4,5	40.000	∇ 4.000	∇ 18.000	∇ 20.000
5,6	10.000	∇ 11.000	∇ 13.800	∇ 14.000

∇: redução de custo.

Usando os dados das Tabelas 5.1 e 5.2, foi desenvolvido o modelo de programação matemática, seguindo os passos propostos neste trabalho. Para permitir a incorporação do procedimento probabilístico, os valores de retorno absoluto calculados deterministicamente foram considerados como valores mais prováveis. Os valores mínimo e máximo foram estimados em 20% abaixo e acima do valor mais provável, respectivamente.

A seguir foi criada uma matriz que contém na diagonal principal os valores mínimo, mais provável e máximo dos retornos absolutos dos projetos. A diagonal inferior e superior da matriz contém o resultado da soma das interdependências de recurso e benefício indicadas nos projetos correspondentes às células. Os valores mais prováveis referem-se a soma dos valores de interdependências fornecidos por Lee e Kim (2001). Os valores mínimo e máximo foram estimados em 20% abaixo e acima do valor mais provável. A Figura 5.3 apresenta a matriz elaborada.

		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6
Projeto 1	Min.	976.000					
	Prov.	1.220.000					
	Máx.	1.464.000					
Projeto 2	Min.		85.600	58.400	68.400		
	Prov.		107.000	73.000	85.500		
	Máx.		128.400	87.600	102.600		
Projeto 3	Min.			40.000	88.400		
	Prov.			50.000	110.500		
	Máx.			60.000	132.600		
Projeto 4	Min.				23.200	65.600	
	Prov.				29.000	82.000	
	Máx.				34.800	98.400	
Projeto 5	Min.					600.800	39.040
	Prov.					751.000	48.800
	Máx.					901.200	58.560
Projeto 6	Min.						434.000
	Prov.						542.500
	Máx.						651.000

Figura 5.3 Matriz com valores de retorno absoluto e interdependências entre projetos

A partir desta matriz, foi realizado um estudo de Monte Carlo considerando 100 simulações, que gerou 100 cenários para a matriz final. O resultado de cada simulação foi então submetido à programação matemática, que possui sua função objetivo maximizar o retorno absoluto para a empresa, conforme apresentado na Equação (5.1), onde i e j variam de um (1) a seis (6). As restrições deste exemplo na programação matemática são representadas a seguir:

$$\begin{aligned}
 \text{i) } & 100.000x_1 + 180.000x_2 + 20.000x_3 + 20.000x_4 + 31.000x_5 + \\
 & 34.000x_6 - 10.000x_2 \cdot x_3 - 6.000x_2 \cdot x_4 - 9.000x_3 \cdot x_4 - 4.000x_4 \cdot x_5 - \\
 & 11.000x_5 \cdot x_6 \leq 240.000, \text{ limite de horas do programador considerando} \\
 & \text{interdependências;}
 \end{aligned}$$

- ii) $45.000x_1 + 33.000x_2 + 45.000x_3 + 51.000x_4 + 48.000x_5 + 43.500x_6 - 18.000x_2 \cdot x_3 - 13.500x_2 \cdot x_4 - 16.500x_3 \cdot x_4 - 18.000x_4 \cdot x_5 - 13.800x_5 \cdot x_6 \leq 150.000$, limite de horas do analista considerando interdependências;
- iii) $60x_1 + 20x_2 + 50x_3 + 40x_4 + 55x_5 + 50x_6 \leq 180$, disponibilidade de capital para investimento em hardware;
- iv) $x_1 = 1$, projeto 1 é mandatório;
- v) $7.500x_1 + 7.000x_2 + 4.500x_3 + 7.000x_4 + 6.500x_5 + 8.000x_6 \leq 30.000$, limite de horas de laboratório.

Para a modelagem computacional do problema, foram utilizadas planilhas eletrônicas. O resultado da programação matemática, que indica portfólio de novos projetos para o próximo período da organização foi registrado considerando cada simulação (100 soluções). A seguir, foi feita a análise dos resultados, e a solução dominante (100%) foi a seleção dos projetos 1, 5 e 6, sendo esse o portfólio de projetos ideal. Com isso, foram utilizadas 7.700 horas do programador e 4.090 horas do analista, investidos \$165.000 em hardware e utilizadas 2.200 horas de laboratório. A seleção do portfólio teve como gargalo o investimento disponível para hardware e a quantidade de horas do analista. O benefício total dos três projetos selecionados é de US\$ 3.200.000. O retorno absoluto esperado com o portfólio de novos projetos selecionados para o próximo período da organização foi de US\$ 2.559.805.

5.4 CONCLUSÕES

A seleção e priorização de projetos constitui uma atividade crítica em muitas organizações. Portanto, empresas que querem ser competitivas, selecionando os projetos mais adequados, devem utilizar técnicas e procedimentos que atendam os requisitos necessários a essa atividade. Apesar do fato de que muitos modelos de seleção de projetos terem sido desenvolvidos por acadêmicos, muito poucos parecem terem sido testados em empresas, e a maioria ignora as interdependências entre projetos. Isso constitui um problema para a gestão de portfólio de projetos dentro das empresas, uma vez que os projetos competem por recursos limitados, que muitas vezes devem ser compartilhados ou sequenciados para utilizar os recursos da melhor forma possível no tempo (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999; MEADE; PRESLEY, 2002; LAWSON et al., 2006; GUO et al., 2008).

Assim, o presente trabalho apresentou um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização do portfólio de novos projetos que considera interdependências entre

projetos. O modelo é constituído de duas fases. A primeira busca quantificar os investimentos e benefícios e suas possíveis incertezas, fornecendo uma análise econômico-probabilística dos retornos esperados para o projeto. A segunda fase analisa as interdependências entre projetos e utiliza simulação de Monte Carlo e programação matemática linear para selecionar o portfólio ótimo que maximiza o retorno para empresa atendendo as restrições impostas.

A utilização de programação matemática aprimora o modelo para que seja capaz de incorporar as interdependências e restrições usualmente associadas a investimentos e recursos disponíveis. Pesquisas recentes indicam que o uso de modelos matemáticos está se tornando predominante com a disponibilidade de Sistemas de Apoio à Decisão ou pacotes de *software* comerciais, como Expert Choice, Lindo, MathPro e Microsoft Excel para integrar as técnicas de programação linear com planilhas eletrônicas (LEE; KIM, 2000).

A segunda fase do modelo proposto foi testada em um exemplo utilizado no estudo de Lee e Kim (2001), onde foram analisados seis projetos. O portfólio de projetos ideal para o próximo período inclui os projetos 1, 5 e 6, que fornece um benefício total de US\$ 3.200.000. Esses resultados diferem-se dos encontrados no modelo de Lee e Kim (2001), que encontraram como solução ótima a seleção dos projetos 1, 4, 5 e 6 que geram um benefício de US\$ 3.470.000. As diferenças podem ser decorrentes do tipo de programação matemática utilizada por estes autores, que considerou folgas para os recursos e utilizou a programação por objetivos. Vale observar que o benefício 8% superior alcançado nos estudos de Lee e Kim foram obtidos violando as restrições iniciais.

Sugere-se para trabalhos futuros aplicar o modelo em casos reais de empresa para avaliar sua utilidade e aplicabilidade. O exemplo ilustrativo considerou um número pequeno de projetos, portanto é importante realizar novas aplicações onde o número de projetos seja maior. A incorporação de outros tipos de interdependências no modelo também pode ser alvo de pesquisa futura.

5.5 REFERÊNCIAS

- ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal of Project Management**, vol. 17, p. 207-216, 1999.
- ARTTO, K.A.; MARTINSUO, M.; AALTO, T. **Project Portfolio Management: Strategic Business Management through Projects**. Finland: Project Management Association Finland, 2001.
- CHIEN; C.-F. A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects. **R&D Management**, vol. 32, p. 359-368, 2002.
- CHIESA, V.; FRATTINI, F. **Evaluation and Performance Measurement of Research and Development**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2009.

- COOPER, R. G. **Winning at New Products Accelerating the Process from Idea to Launch**. 3 Edição. Cambridge, Mass: Perseus Books, 2001.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. Portfolio Management for new product development: results of an industry. Working paper n. 13, The Product Development Institute, 2006. Disponível em: <www.state-gate.com/downloads/Results_of_an_Industry_Practices_Study.pdf>. Acesso em 27 de dezembro de 2011.
- DUTRA, C.C.; RIBEIRO, J.L.D; MIORANDO, R.F.. An Economic-Probabilistic Model for Projects Selection and Prioritization. In: INFORMS Conference on Business Analytics and Operations Research, 2012, Huntington Beach, Califórnia, EUA. **Proceedings...** Califórnia: INFORMS, 2012.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**, vol. 172, p. 1018-1039, 2006.
- ELONEN, S.; ARTTO, K. Problems in managing internal development projects in multi-projects environments. **International Journal of Project Management**, vol. 21, p. 395-402, 2003.
- ENGWALL, M. No project is an island: linking projects to history and context. **Research Policy**, vol. 32, p. 789-808, 2003.
- GUO, P.; LIANG, J.J.; ZHU, Y.M.; HU, J.F. R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM), 2008, China. **Proceedings...** Singapore: IEEE, 2008, p. 994-998.
- LEE, J.W.; KIM, S.H. Using Analytic Network Process and Goal Programming for interdependent information system project selection. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 367-382, 2000.
- MARTINO, J.P. **R&D Project Selection**. New York: Wiley, 1995
- MEDAGLIA, A.; GRAVES, S.; RINGUEST, J. A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, vol. 179, p. 869-894, 2007.
- RUNGI, M. Interdependency Management in Project Portfolio Management: How to implement required procedures. In: Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010, Tailândia. **Proceedings of PICMET'10**. Phuket: IEEE, 2010a.
- RUNGI, M. Interdependency Management: survey comparison between small, medium and large companies. In: 9th European Academy of Management Annual Conference, 2009, UK. **Proceedings ...** Liverpool: 2009.
- RUNGI, M. Success rate and resource consumption from project interdependencies. **Industrial Management & Data Systems**, vol. 110, n.1, p. 93-110, 2010b.
- RUNGI, M.; HILMOLA, O.-P. Interdependency management of projects: survey comparison between Estonia and Finland. **Baltic Journal of Management**, vol. 6, n.2, p. 146-162, 2011.
- SCHMIDT, R.L. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 40, p. 403-410, 1993.
- STUMMER, C.; HEIDENBERGER, K. Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 175-183, 2003.
- VERMA, D.; SINHA, K. Toward a theory of project interdependencies in high tech R&D environments. **Journal of Operations Management**, vol. 20, p. 451-468, 2002.
- ZULUAGA, A.; SEFAIR, J.A.; MEDAGLIA, A.L. Model for the Selection an Scheduling of Interdependent Projects. In: SYSTEMS AND INFORMATION ENGINEERING DESIGN SYMPOSIUM (SIEDS), 2007, EUA. **Proceedings...** Charlottesville, VA: IEEE, 2007.

6 ARTIGO 5 – Seleção e priorização de projetos que apresentam interdependências: resultados de um estudo prático em empresas dos setores naval e petrolífero

Camila Costa Dutra
José Luis Duarte Ribeiro

Resumo

Este artigo apresenta um estudo prático do modelo para a seleção e priorização de projetos com interdependências proposto por Dutra et al. (2012b) em empresas dos setores naval e petrolífero. Para isto, foram feitas reuniões com os tomadores de decisão nas quais foram avaliados seis projetos concorrentes de cada empresa. Os resultados das aplicações práticas contribuem para a validação da aplicabilidade, utilidade e abrangência do modelo desenvolvido por esses autores. O modelo proposto mostrou-se eficiente para a utilização em casos reais, oferecendo aos gestores uma estrutura para o tratamento de incertezas e interdependências entre os projetos, fornecendo suporte à decisão. Verificou-se também que o modelo é capaz de considerar diferentes tipos de projetos e de diferentes setores industriais.

Palavras-chave: Gestão de projetos; Seleção de projetos; Interdependência; Simulação de Monte Carlo; Programação linear.

Selection and prioritization of projects presenting interdependencies: results of a case study in companies of the naval and petroleum sector

Abstract

This paper presents a practical study of the model for selecting and prioritizing projects presenting interdependence proposed by Dutra et al. (2012b) in companies of the naval and petroleum sector. For this, meetings with decision makers were held and six projects were evaluated for each company. The results of the practical applications contribute to the validation of the applicability, usefulness and coverage of the model developed by these authors. The model proposed by the authors was efficient for use in real cases, giving managers a framework for treatment of uncertainties and interdependencies among projects, providing decision support. It was also found that the model is able to consider various types of projects and different industrial sectors.

Keywords: Project management, Project selection, Interdependencies, Monte Carlo simulation, Linear Programming.

6.1 INTRODUÇÃO

É crescente o número de projetos nas organizações e, geralmente, o número de propostas de projetos é superior aos recursos financeiros, físicos e humanos disponíveis para atendê-las. Por isso, é necessário escolher quais projetos devem ser implementados e quais são os projetos prioritários. Por ser um problema de decisão estratégica, a seleção de projetos é muitas vezes caracterizada por múltiplos objetivos, conflitantes e difíceis de mensurar. Além disso, contam com incertezas inerentes ao sucesso de um projeto, seu valor de mercado e seu custo total. A tomada de decisão torna-se ainda mais difícil, quando interdependências estão presentes, uma vez que os parâmetros associados a um projeto específico dependem e

mudam de acordo com o conjunto dos projetos selecionados (MARTINO, 1995; KERZNER, 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007, 1999; LIESIÖ et al., 2007; MEREDITH; MANTEL JR., 2008; RUNGI; HILMOLA, 2011).

Existem diversas técnicas na literatura que podem ser utilizadas para avaliar e selecionar projetos (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999; COOPER et al., 1999; LAWSON et al. 2006; ARCHER; GHASEMZADEH, 2007, 2000; MEREDITH; MANTEL JR., 2008). Experiências relatadas nas aplicações de Liesiö et al. (2007) sugerem que as abordagens simples e transparentes que consideram múltiplos critérios, mesmo que acomodando informações incompletas, são mais propensas a serem aceitas pelos tomadores de decisão das empresas, e tendem a produzir melhores decisões. Archer e Ghasemzadeh (2007) apontam para a necessidade de reconhecerem interdependências entre projetos.

O estudo de Cooper et al. (2001) destacou quais os métodos mais utilizados e quais são dominantes no processo decisório para a seleção e priorização de projetos. Os resultados demonstraram que os métodos financeiros são os mais utilizados, embora não sejam os mais indicados para serem utilizados isoladamente. Os trabalhos de Henriksen e Traynor (1999), Cooper et al. (1999), Lawson et al. (2006), Archer e Ghasemzadeh (2007, 2000), Meredith e Mantel Jr. (2008) e Verbano e Nosella (2010) destacam a tendência nas organizações de combinar os diferentes métodos para cumprir os requisitos que garantem o sucesso na seleção e priorização de projetos. Também é sugerida a utilização de um sistema integrado, amigável ao gestor, interativo, baseado em sistema computacional de apoio à decisão. Contudo, nenhum desses autores considerou a questão da interdependência entre os projetos.

O trabalho de Schmidt (1993) está entre os métodos encontrados na literatura para seleção de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que considera interdependências. Outros trabalhos como o de Lee e Kim (2000), Dickinson et al. (2001), Stummer e Heidenberger (2003), Eilat et al. (2006), Zuluaga et al. (2007), Medaglia et al. (2007), Liesio et al. (2008) e GUO et al. (2008) também abordam a seleção de portfólio de projetos considerando diferentes tipos de interdependências. Porém, estes estudos na sua maioria não foram aplicados em problemas de seleção do projeto do mundo real, consideram um número pequeno de projetos e são complexos, a ponto de inviabilizarem a sua utilização prática. Observa-se também que os estudos focam no detalhamento da modelagem da programação matemática e em apenas um tipo de projeto.

Dutra et al. (2012) desenvolveram um modelo para a seleção e priorização de projetos que apresentam interdependências. O modelo propõe critérios para avaliação dos projetos e quantifica, através de uma abordagem que combina os métodos econômicos e

probabilísticos, o impacto das incertezas envolvidas e o retorno esperado para um conjunto de projetos. O modelo também utiliza métodos probabilísticos e programação matemática linear para considerar interdependências na seleção do portfólio de novos projetos. Visando contribuir para validação da aplicabilidade, utilidade e abrangência do modelo desenvolvido por esses autores, este trabalho apresenta a aplicação do modelo em duas empresas de diferentes setores. A primeira empresa fabrica produtos para o setor naval. A segunda empresa atua no setor petrolífero.

O trabalho está organizado em quatro seções. Após esta introdução, a abordagem metodológica é apresentada na segunda seção. A seção 3 relata e discute os resultados da aplicação prática do modelo, enquanto a seção 4 sumariza as conclusões do trabalho.

6.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Silva e Menezes (2001), este trabalho pode ser classificado, quanto a sua natureza, como uma pesquisa aplicada, pois é dirigido à solução de um problema específico. Dada a natureza exploratória desta pesquisa, adotou-se uma estratégia de pesquisa quantitativa, com abordagem de estudo de caso, conforme sugerido por Yin (2005). O estudo de caso envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Os critérios para seleção das empresas para a aplicação prática foram a diversidade dos projetos do portfólio, interesse em participar do estudo e disponibilidade dos tomadores de decisão para reuniões. Para a escolha dos tomadores de decisão que fariam parte da equipe da pesquisa se considerou o cargo dos participantes, de tal forma que estivessem presentes profissionais com cargos gerenciais (coordenadores, gerentes e diretores). Isto se deve ao fato que geralmente os profissionais nesses cargos são responsáveis pela tomada de decisão em relação à definição de critérios e recursos para seleção do portfólio de projetos, classificação, avaliação, seleção, priorização e alocação de recursos em projetos.

Após a seleção das empresas e do grupo de profissionais que participariam da pesquisa, o modelo desenvolvido por Dutra et al. (2012) foi apresentado aos tomadores de decisão para facilitar o seu entendimento e identificar possíveis ajustes necessários para a realidade das empresas. Neste momento também foi definido o conjunto de projetos onde o modelo seria aplicado e o horizonte de tempo de análise. A Figura 6.1 apresenta as fases do modelo para a seleção e priorização de projetos com interdependências.

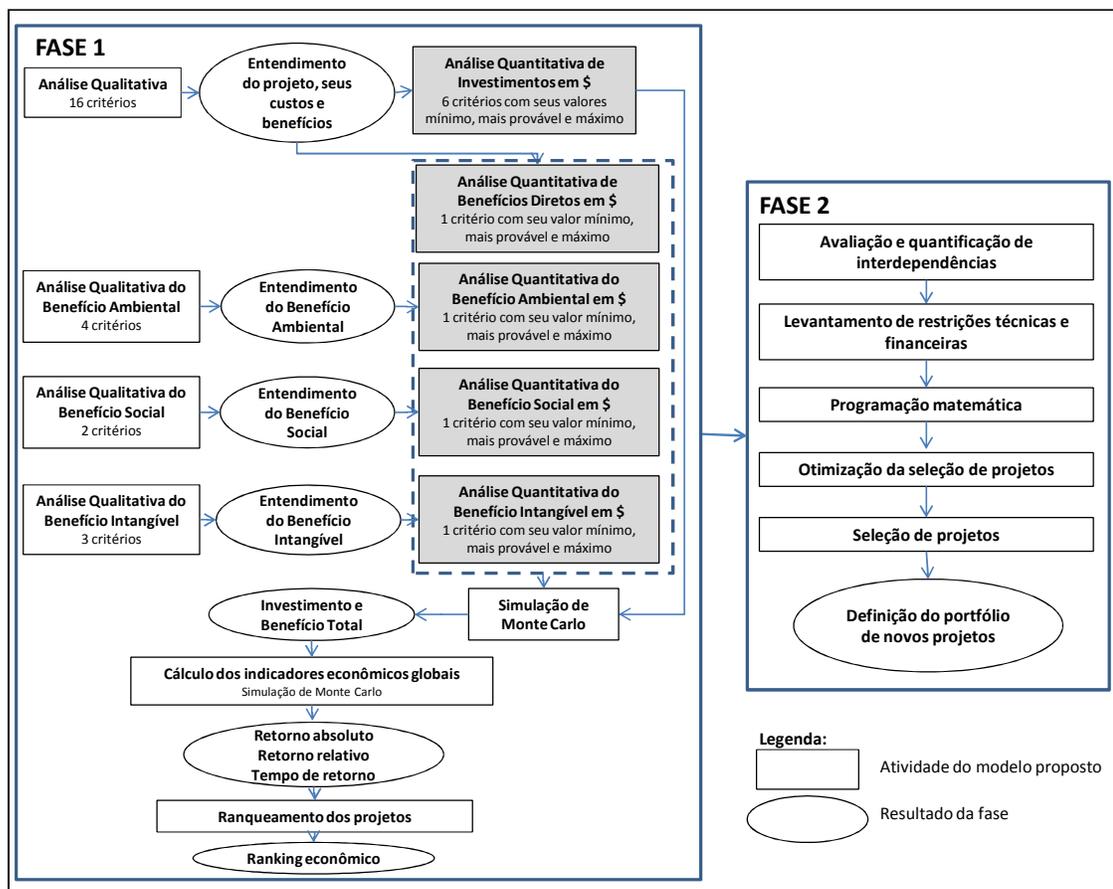


Figura 6.1 Modelo para seleção e priorização de projetos

A primeira atividade da **Fase 1** consiste na análise econômico-probabilística dos projetos, individualmente, contemplando múltiplos critérios de avaliação. Os critérios da análise são classificados em três grupos: *i*) critérios de descrição do projeto; *ii*) critérios de quantificação do investimento; e *iii*) critérios de quantificação do benefício. Para permitir o cálculo dos indicadores econômicos globais de cada projeto (retorno absoluto, retorno relativo e tempo de retorno), todos os critérios quantitativos (investimento e benefício) são expressos na mesma base (unidade monetária). Para implementar a análise probabilística, cada um dos critérios quantitativos é expresso na forma de uma distribuição triangular. Para isso, são estimados seu valor monetário mínimo, mais provável e máximo, considerando as incertezas envolvidas nos projetos.

Para melhorar a precisão e facilitar a análise, os valores estimados são expressos em termos de Valor Presente (VP). A quantificação dos benefícios ambiental, social e intangível é facilitada pela análise de critérios qualitativos que auxiliam no seu entendimento.

A totalização dos investimentos e benefícios é dada pela soma das variáveis estocásticas (critérios) consideradas, através do uso da simulação de Monte Carlo. O resultado

é uma distribuição de probabilidade para o investimento total e outra para o benefício total do projeto. Para o cálculo dos indicadores econômicos globais dos projetos, também realizada através de simulação de Monte Carlo. O retorno absoluto é calculado através da diferença entre o benefício total e o investimento total, variáveis estocásticas representadas por suas distribuições. Similarmente, o retorno relativo é estimado através da divisão do benefício total pelo investimento total. O tempo de retorno é calculado considerando a forma como os investimentos e benefícios ocorrem ao longo do tempo. Seguindo os procedimentos tradicionais, o tempo de retorno é aquele em que os benefícios equiparam-se ao valor do investimento no tempo.

Para a seleção dos projetos que passarão para a fase seguinte, são apresentadas aos tomadores de decisão listas que ordenam em ordem decrescente as alternativas de projetos a partir destes três indicadores. Uma vez que os resultados dos indicadores são distribuições de probabilidades, pode-se optar pela utilização da média ou por percentis dependendo do perfil dos tomadores de decisão para a incerteza. Perfis neutros tendem a utilizar o valor médio, enquanto os conservadores utilizam percentis abaixo da média, por exemplo, o percentil de 25% do retorno absoluto ou do retorno relativo. No caso de tomadores de decisão com perfil agressivo, ou seja, que desejam selecionar projetos com maior retorno mesmo sujeitos a maiores incertezas, pode-se utilizar percentis acima da média, como por exemplo, o percentil de 75%.

Na **Fase 2** são analisadas as interdependências entre os projetos para definição do portfólio de novos projetos para o próximo período. São considerados três tipos de interdependências: interdependências em série, interdependências de recursos e interdependências de benefícios. . As interdependências em série identificadas envolvem: (i) projetos que devem ser realizados conjuntamente, ou (ii) ou projetos redundantes, onde apenas um deles deve ser realizado, ou (iii) projetos (ou etapas de desenvolvimento de um projeto) que apenas poderão iniciar após o término de outro projeto (ou etapa do projeto) do portfólio. Essas interdependências em série são transformadas em restrições da programação matemática que define o portfólio ótimo.

Para a avaliação das interdependências de recursos e benefícios, os projetos são organizados nas colunas e linhas de duas matrizes. No interior dessas matrizes é realizada a quantificação dos valores envolvidos. Seguindo o mesmo procedimento da fase 1 do modelo que permite a análise probabilística, cada uma dessas interdependências identificadas (que podem envolver, por exemplo, redução de custos de infraestrutura ou ampliação de benefícios) são expressas na forma de uma distribuição triangular. Para isso, são estimados

seus valores monetários mínimo, mais provável e máximo, considerando as incertezas envolvidas. A fim de facilitar a estimativa dos cenários, seus valores são expressos em termos de Valor Presente (VP).

A seguir são levantadas junto à empresa outras restrições a serem utilizadas no problema. As restrições podem ser de diversos tipos: técnicas, como quantidade de recursos humanos, espaço e equipamentos disponíveis; ou financeiras, como disponibilidade de capital para o período, ou outras.

O passo seguinte desta fase é a programação matemática. Para isto, inicialmente é criada uma matriz final que contém valores extraídos das distribuições de probabilidade associadas ao retorno dos projetos concorrentes, assim como a quantificação estocástica das interdependências. Assim, a diagonal principal apresenta valores do retorno absoluto, conforme a distribuição de probabilidade obtida na primeira fase do modelo. A diagonal inferior e superior da matriz conterá o resultado da soma das distribuições triangulares indicadas nas células correspondentes das matrizes de interdependências de recurso e benefício. Esses valores são gerados utilizando simulação de Monte Carlo.

O estudo de Monte Carlo é realizado considerando, por exemplo, 100 simulações, que geram 100 cenários para a matriz final. O resultado de cada simulação é então submetido à programação matemática. O resultado da programação matemática, que indica portfólio de novos projetos para o próximo período da organização é registrado (100 soluções).

O modelo utiliza programação matemática linear e considera uma variável de decisão (x_j) binária, que assume valor 1 (um) sempre que o projeto j for selecionado e 0 (zero) quando o projeto não é selecionado para o portfólio ótimo. O valor de j varia de 1 a n , sendo n o número total de projetos analisados.

Desta forma, a programação para identificação do portfólio ótimo é dada pela função objetivo apresentada na Equação (6.1). Nessa equação R_{ij} representa o resultado das interdependências entre os projetos i e j (impacto financeiro positivo ou negativo que o projeto i impõe sobre o projeto j) ou o retorno absoluto do projeto quando $i = j$. A função objetivo busca maximizar o retorno absoluto para a empresa atendendo as restrições apresentadas de (a) até (k).

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i \times x_j \times R_{ij} \quad (6.1)$$

Para a modelagem computacional do problema são utilizadas planilhas eletrônicas e a ferramenta de otimização disponível neste tipo de planilha. A seguir, é feita a análise dos resultados e a solução mais freqüente é considerada o portfólio de projetos ideal. Este

procedimento permite visualizar os casos em que existe uma solução dominante (quase todas ou mesmo todas as rodadas conduzem ao mesmo portfólio) ou casos em que mais de uma simulação concorrem entre si, apresentando frequências de ocorrência similares.

6.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO PRÁTICA

Nesta seção serão apresentados os resultados da aplicação do modelo de seleção e priorização de projetos proposto por Dutra et al (2012) nas duas empresas selecionadas.

6.3.1 Caso A: empresa do setor naval

Esta empresa é 100% brasileira e atua principalmente no setor naval. De forma menos expressiva, também atua nos setores náutico, esportivo, pesqueiro e agropecuário. Considerada de médio porte, conta com aproximadamente 130 colaboradores. A empresa conta com um programa de gerenciamento de projetos que possui duas ênfases: i) projetos de clientes, que geram receita para a organização; e ii) projetos internos, como desenvolvimento de produtos e expansão de fábrica. O estudo desenvolvido neste caso trata apenas do portfólio de projetos internos, sendo considerados seis projetos deste tipo.

Para a apresentação e aplicação do modelo, foram realizadas duas reuniões de 4 horas cada, com um grupo de tomadores de decisão da empresa composto pelos diretores comercial e industrial, o gerente de Pesquisa e Desenvolvimento e o responsável pelo gerenciamento de projetos da empresa. Na apresentação do modelo, identificou-se que o modelo se ajusta às características dos projetos e da empresa, não sendo necessárias alterações. O horizonte de tempo de análise definido pela empresa foi de cinco anos.

Portanto, partiu-se para a **Fase 1** que inicia com a análise econômico-probabilística dos projetos, contemplando múltiplos critérios de avaliação. O resultado da avaliação dos critérios qualitativos, como os de descrição dos projetos, estão apresentados no Apêndice A. Por questões de sigilo, parte dos dados fornecidos pela empresa foram modificados de forma que sua identidade não fosse reconhecida. A discussão destes critérios auxiliou na avaliação subsequente de critérios quantitativos. O Apêndice B apresenta os valores mínimo, mais provável e máximo determinados pelo grupo de tomadores de decisão, referentes aos critérios quantitativos de investimento e benefício dos seis projetos. O investimento e o benefício total de cada projeto foram calculados pela soma das variáveis estocásticas (critérios quantitativos). O cálculo foi realizado através de simulação de Monte Carlo, utilizando-se linguagem *Visual Basic for Application* (VBA) em planilhas eletrônicas.

A atividade seguinte desta fase foi o cálculo dos indicadores econômicos globais dos projetos. A partir dos resultados de investimento e benefício total, foram calculados o retorno absoluto e relativo e o tempo de retorno dos projetos, através também de simulação de Monte Carlo. O resultado da média do investimento e benefício total e os resultados probabilísticos (média e percentis de 1% e 99%) encontrados para os indicadores econômicos globais dos projetos estão apresentados na Tabela 6.1. A etapa de seleção de projetos que passariam para a fase seguinte do modelo não foi necessária, uma vez que a quantidade de projetos em análise era pequena.

Tabela 6.1 Indicadores econômicos globais dos projetos da empresa A

Proj.	Média do Investimento	Média dos Benefícios	Retorno absoluto			Retorno relativo			Tempo de retorno (anos)		
			P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}
1	292.676	7.133.166	1.492.581	6.840.491	15.888.235	5,6	26,7	81,2	3,1	3,3	3,9
2	87.000	2.885.500	1.603.353	2.798.499	4.000.854	15,7	35,4	75,8	3,1	3,2	3,3
3	1.155.737	1.302.133	-1.894.253	146.396	1.794.981	-6,3	1,7	6,2	-	3,8	7,6
4	1.750.036	38.394.599	25.875.970	36.644.563	46.311.375	15,4	22,2	30,1	3,2	3,2	3,3
5	43.335	7.459.394	3.796.820	7.416.059	12.880.379	86,8	177,9	374,4	3,0	3,0	3,1
6	64.536	637.723	166.457	573.187	1.077.500	3,6	10,1	19,5	3,3	3,6	4,4

A segunda fase do modelo iniciou com a identificação de interdependências entre os projetos. Iniciou-se com a análise das interdependências em série que não foram encontradas para os projetos concorrentes. Na avaliação e quantificação dos valores envolvidos das interdependências de recursos e benefícios, os projetos foram organizados nas colunas e linhas de duas matrizes. Para interdependências identificadas foram estimados, em termos de Valor Presente (VP), seus valores monetários mínimo, mais provável e máximo, considerando as incertezas envolvidas. Não foram identificadas interdependências de benefícios entre os projetos, somente interdependências de recursos, conforme apresentado na Tabela 6.2. O projeto 2 e 4 terão seus custos reduzidos se o projeto 3 for executado. A execução do projeto 5 também diminui os custos do projeto 4.

Tabela 6.2 Interdependências de recursos nos projetos da empresa A

Projetos interdependentes	Custo compartilhado		
	Mín.	Prov.	Máx.
3, 2	∇ 100.000	∇ 150.000	∇ 180.000
3, 4	∇ 2.500.000	∇ 3.000.000	∇ 6.000.000
5, 4	∇ 300.000	∇ 600.000	∇ 650.000

∇: redução de custo.

A seguir foram levantadas as restrições a serem utilizadas no problema. A empresa restringiu somente a disponibilidade de capital para o próximo período que não pode ultrapassar dois milhões de reais (R\$ 2.000.000).

O passo seguinte desta fase foi a programação matemática. Para isto, inicialmente foi criada uma matriz que contém valores extraídos das distribuições de probabilidade associadas ao retorno dos projetos concorrentes, assim como a quantificação estocástica das interdependências. A Figura 6.2 apresenta a matriz elaborada a partir destes valores. A diagonal principal apresenta valores do retorno absoluto, as diagonais inferior e superior os valores das interdependências de recurso.

		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6
Projeto 1	Mín.	1.492.581					
	Prov.	6.840.491					
	Máx.	15.888.235					
Projeto 2	Mín.		1.603.353				
	Prov.		2.798.499				
	Máx.		4.000.854				
Projeto 3	Mín.		100.000	-1.894.253	2.500.000		
	Prov.		150.000	146.396	3.000.000		
	Máx.		180.000	1.794.981	6.000.000		
Projeto 4	Mín.				25.875.970		
	Prov.				36.644.563		
	Máx.				46.311.375		
Projeto 5	Mín.				300.000	3.796.820	
	Prov.				600.000	7.416.059	
	Máx.				650.000	12.880.379	
Projeto 6	Mín.						166.457
	Prov.						573.187
	Máx.						1.077.500

Figura 6.2 Matriz com valores de retorno absoluto e interdependências entre projetos

Na sequência foi realizado o estudo de Monte Carlo considerando 100 simulações, que geram 100 cenários para a matriz final. O resultado de cada simulação foi então submetido à programação matemática, que utiliza para a identificação do portfólio ótimo a função objetivo apresentada na Equação (6.1), onde i e j variam de um a seis. A função objetivo busca maximizar o retorno absoluto para a empresa atendendo a restrição de disponibilidade de capital, representada pela Equação (6.2).

$$292.676 x_1 + 87.000 x_2 + 1.155.737 x_3 + 1.750.036 x_4 + 43.335 x_4 + 64.536 x_6 \leq 2.000.000 \quad (6.2)$$

O resultado da programação matemática, que indica portfólio de novos projetos para o próximo período da organização foi registrado (100 soluções). A seguir, foi feita a análise dos resultados, e a solução dominante (100%) o portfólio que contempla os projetos 2, 4, 5 e 6. O total de investimento para este portfólio foi de R\$ 1.944.907,00, que atende a restrição orçamentária. O retorno absoluto esperado com o portfólio de novos projetos selecionados para o período analisado (5 anos) foi de R\$ 48.193.944,00.

6.3.2 Caso B: empresa do setor petrolífero

Esta empresa é composta por diversas unidades de negócios que atuam no setor petrolífero. O foco deste estudo é uma unidade centralizada que desenvolve atividades de

pesquisa e desenvolvimento (P&D) para as demais unidades da empresa. Esta unidade está implantando um escritório de projetos com uma metodologia para o gerenciamento do portfólio de projetos de P&D. Para aplicação do modelo serão considerados seis projetos de P&D de diferentes unidades.

A primeira atividade desenvolvida junto à empresa foi a apresentação do modelo ao grupo de tomadores de decisão da empresa composto pelo gerente da unidade, o coordenador do escritório de projetos e o responsável pela gestão de portfólio de projetos de P&D da empresa. Neste momento, verificou-se que o modelo atende as características dos projetos e da empresa, não sendo necessários ajustes. O horizonte de tempo de análise definido pela empresa foi de cinco anos.

A atividade seguinte foi a aplicação do modelo, que inicia com a análise econômico-probabilística dos projetos. O resultado da avaliação dos critérios qualitativos, como os de descrição dos projetos, estão apresentados no Apêndice A. Para manter o sigilo dos dados fornecidos, os mesmos foram parcialmente modificados. O Apêndice B apresenta os valores mínimo, mais provável e máximo determinados pelo grupo tomadores de decisão aos critérios quantitativos de investimento e benefício dos seis projetos. O investimento e o benefício total de cada projeto foram calculados pela soma das variáveis estocásticas (critérios quantitativos). O cálculo foi realizado através de simulação de Monte Carlo, utilizando-se linguagem *Visual Basic for Application* (VBA) em planilhas eletrônicas.

A partir dos resultados de investimento e benefício total, foram calculados os indicadores econômicos globais dos projetos (retorno absoluto e relativo e o tempo de retorno), através de simulação de Monte Carlo. O resultado da média do investimento e benefício total e os resultados probabilísticos (média e percentis de 1% e 99%) encontrados para os indicadores econômicos globais dos projetos estão apresentados na Tabela 6.3. A etapa de seleção de projetos que passariam para a fase seguinte do modelo não foi necessária, uma vez que a quantidade de projetos em análise era pequena.

Tabela 6.3 Indicadores econômicos globais dos projetos da empresa B

Proj.	Média do Investimento	Média dos Benefícios	Retorno absoluto			Retorno relativo			Tempo de retorno (anos)		
			P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}	P _{1%}	Média	P _{99%}
1	1.751.165	33.454.261	29.130.567	31.703.096	34.420.539	17,2	19,1	21,6	3,2	3,3	3,3
2	55.704	808.534	541.089	752.830	1.021.477	10,7	14,6	20,1	3,2	3,4	3,5
3	84.670	330.193	216.832	245.523	274.526	3,5	3,9	4,4	4,1	4,3	4,4
4	1.842.999	5.729.000	- 1.145.383	3.886.001	10.059.017	-0,6	4,4	18,7	-	4,5	7,8
5	1.712.747	4.079.644	- 1.062.792	2.366.897	6.126.349	-0,7	3,5	17,8	-	4,6	7,8
6	95.493	301.334	178.261	205.841	233.682	2,7	3,2	3,6	4,4	4,6	4,8

A segunda fase do modelo iniciou com a identificação de interdependências entre os projetos. Iniciou-se com a análise das interdependências em série que não foram encontradas para os projetos concorrentes. Na avaliação e quantificação dos valores envolvidos das interdependências de recursos e benefícios, os projetos foram organizados nas colunas e linhas de duas matrizes. Para interdependências identificadas foram estimados, em termos de Valor Presente (VP), seus valores monetários mínimo, mais provável e máximo, considerando as incertezas envolvidas. A Tabela 6.4 apresenta os valores das interdependências entre os projetos da empresa, que são: projeto 3 aumenta os benefícios de 1; projeto 4 terá redução de custo pela execução do 3; e projeto 5 terá seu custo reduzido se o 6 for executado.

Tabela 6.4 Interdependências de recursos nos projetos da empresa B

Projetos interdependentes	Custo compartilhado			Benefício adicional		
	Mín.	Prov.	Máx.	Mín.	Prov.	Máx.
3,1	-	-	-	4.370.000	4.800.000	5.200.000
3,4	∇ 500.000	∇ 585.000	∇ 672.000	-	-	-
6,5	∇ 300.000	∇ 355.000	∇ 420.000	-	-	-

∇: redução de custo.

Nas restrições levantadas junto a empresas estão que o limite de capital para investimento no próximo período é de três milhões, seiscentos e cinquenta mil reais (R\$ 3.650.000) e o projeto 1 é mandatório.

O passo seguinte foi a programação matemática. Para isto, inicialmente foi criada uma matriz que contém valores extraídos das distribuições de probabilidade associadas ao retorno dos projetos concorrentes, assim como a quantificação estocástica das interdependências. A Figura 6.3 apresenta a matriz elaborada a partir destes valores. A diagonal principal apresenta valores do retorno absoluto, a diagonal inferior os valores das interdependências de recurso.

		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6
Projeto 1	Mín.	29.130.567	0	0	0	0	0
	Prov.	31.703.096	0	0	0	0	0
	Máx.	34.420.539	0	0	0	0	0
Projeto 2	Mín.	0	541.089	0	0	0	0
	Prov.	0	752.830	0	0	0	0
	Máx.	0	1.021.477	0	0	0	0
Projeto 3	Mín.	4.370.000		216.832	500.000	0	0
	Prov.	4.800.000		245.523	585.000	0	0
	Máx.	5.200.000		274.526	672.000	0	0
Projeto 4	Mín.	0	0	0	-1.145.383	0	0
	Prov.	0	0	0	3.886.001	0	0
	Máx.	0	0	0	10.059.017	0	0
Projeto 5	Mín.	0	0	0	0	-1.062.792	0
	Prov.	0	0	0	0	2.366.897	0
	Máx.	0	0	0	0	6.126.349	0
Projeto 6	Mín.	0	0	0	0	300.000	178.261
	Prov.	0	0	0	0	355.000	205.841
	Máx.	0	0	0	0	420.000	233.682

Figura 6.3 Matriz com valores de retorno absoluto e interdependências entre projetos

Na sequência foi realizado o estudo de Monte considerando 100 simulações, que geram 100 cenários para a matriz final. O resultado de cada simulação foi então submetido à programação matemática, que utiliza para a identificação do portfólio ótimo a função objetivo apresentada na Equação (6.1), onde i e j variam de um a seis. A função objetivo busca maximizar o retorno absoluto para a empresa atendendo as restrições de disponibilidade de capital, representada pela Equação 6.3, e de obrigatoriedade de execução do projeto 1 ($x_1 = 1$).

$$1.151.165 x_1 + 55.704 x_2 + 84.670 x_3 + 1.842.999 x_4 + 1.712.747 x_4 + 95.493 x_6 \leq 3.650.000 \quad (6.3)$$

O resultado da programação matemática, que indica portfólio de novos projetos para o próximo período da organização foi registrado considerando cada simulação (100 soluções). A seguir, foi feita a análise dos resultados, e a solução mais frequente (81%) foi a seleção dos projetos 1, 2, 3 e 5, sendo esse o portfólio de projetos ideal. Com isso, foram investidos R\$ 3.604.287 e as restrições de orçamento e obrigatoriedade de execução do projeto 1 foram cumpridas. O retorno absoluto esperado com o portfólio de novos projetos selecionados para o próximo período (5 anos) foi de R\$ 40.123.582.

Nas duas empresas onde o modelo foi aplicado (A e B) o tempo de análise de cada projeto do portfólio foi de aproximadamente 1 hora cada. A utilização de planilhas eletrônicas com programação *VBA* tornaram os cálculos de investimento total, benefício total e dos indicadores globais do projeto extremamente simples. Desta forma, os analistas e tomadores de decisão puderam se concentrar apenas na avaliação dos critérios, uma vez que o cálculo dos resultados, expressos na forma de distribuição de probabilidade eram feitos automaticamente através da macro implementada.

O grupo de tomadores de decisão encontrou alguma dificuldade para estimar valores mínimos e máximos para os critérios quantitativos. Quando isto acontecia, era revisto junto ao grupo, o critério qualitativo de descrição do projeto que descreve as incertezas envolvidas no projeto. Esse procedimento auxiliou na quantificação, assim como a indicação de um percentual de variação do valor mais provável do critério ao invés de um número exato. A determinação de valores em unidades monetárias para os critérios de benefício ambiental, social e intangível foi outra dificuldade encontrada. Para auxiliar os tomadores de decisão, foram buscados parâmetros relacionados a estes critérios dentro da empresa (como o valor pago em multas ambientais) que ajudaram na sua quantificação.

6.4 CONCLUSÕES

O presente artigo examinou a aplicação do modelo para a seleção e priorização de projetos com interdependências proposto por Dutra et al (2012b). A primeira fase do modelo avalia o retorno econômico considerando as incertezas envolvidas no resultado de cada projeto, através da utilização de métodos econômico e probabilísticos. A segunda fase contempla as interdependências entre projetos, utilizando simulação de Monte Carlo e programação linear para a definição do portfólio de novos projetos para o próximo período da organização.

Um estudo prático do modelo foi realizado em duas empresas de dois setores industriais. A primeira fabrica produtos para o setor naval, enquanto a segunda atua no setor petrolífero. Para isto, foram feitas reuniões com os tomadores de decisão nas quais foram avaliados seis projetos concorrentes de cada empresa.

Os resultados das aplicações práticas visam contribuir para a validação da aplicabilidade, utilidade e abrangência do modelo desenvolvido por esses autores. O modelo proposto por Dutra et al. (2012b) mostrou-se eficiente para a utilização em casos reais, oferecendo aos gestores o tratamento de incertezas e interdependências entre os projetos e suporte à decisão. Verificou-se também que o modelo é capaz de considerar diferentes tipos de projetos e de diferentes setores industriais.

Observou-se que o tempo de análise e a precisão da análise dependem do conhecimento dos participantes designados. Nesse sentido, é importante envolver participantes que possuam experiência e informações detalhadas sobre os projetos. O estudo mostrou ainda que o modelo proposto será difícil de ser utilizado quando o número de projetos for elevado (por exemplo, maior que 100), pois a identificação e quantificação das interdependências exigem tempo considerável.

Como principais implicações teóricas e práticas, podem ser mencionadas a contribuição dos resultados obtidos com as pesquisas desenvolvidas para área de gestão de portfólio de projetos, especificamente na etapa de seleção e priorização de projetos. Além disso, o modelo desenvolvido apresentou fácil entendimento e utilização pelos tomadores de decisão, uma vez que os indicadores econômicos são usuais nas organizações e as informações probabilísticas qualificam a análise e informações disponibilizadas. A consideração das interdependências entre projetos auxilia na resolução de problemas reais da área de gestão de portfólio de projetos, uma vez que a presença de interdependências é um

fato frequente. Usualmente, os projetos competem por recursos limitados, que muitas vezes devem ser compartilhados ou sequenciados (GUO et al., 2008).

Entre as principais limitações deste estudo, devem ser destacadas (i) a avaliação de um número limitado de projetos de apenas dois setores industriais; e (ii) a aplicação do modelo em ambiente com poucas restrições. De qualquer forma, os resultados parecem indicar que o modelo testado neste trabalho seja válido para qualquer tipo de portfólio de projetos, talvez exigindo alguns ajustes na lista de critérios e demandando a adequação das restrições ao problema específico. Entretanto, sugere-se para trabalhos futuros a realização de um estudo com um maior número de empresas e projetos para que esta suspeita seja comprovada.

6.5 REFERÊNCIAS

- ARCHER, N.P.; GHASEMZADEH, F. Project portfolio selection and management. In: MORRIS, P. W. G.; PINTO, J. K. **The Wiley guide to project program & portfolio management**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., Cap 5, p. 94-112, 2007.
- ARTTO, K.A.; MARTINSUO, M.; AALTO, T. **Project Portfolio Management: Strategic Business Management through Projects**. Finland: Project Management Association Finland, 2001.
- ARTTO, K.A.; MARTINSUO, M.; GEMUNDEN, H. G. Foundations of program management: a bibliometric view. **International Journal of Project Management**, vol. 27, n.1, p. 1-18, 2008.
- CHIEN; C.-F. A portfolio-evaluation framework for selecting R&D projects. **R&D Management**, vol. 32, p. 359-368, 2002.
- CHIESA, V.; FRATTINI, F. **Evaluation and Performance Measurement of Research and Development**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2009.
- COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. Portfolio Management for new product development: results of an industry. Working paper n. 13, The Product Development Institute, 2006. Disponível em: <www.state-gate.com/downloads/Results_of_an_Industry_Practices_Study.pdf>. Acesso em 27 de dezembro de 2011.
- DICKINSON, M. W.; THORNTON, A. C.; GRAVES, S. Technology Portfolio Management: Optimizing Interdependent Projects Over Multiple Time Periods. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 48, p. 518-527, 2001.
- DUTRA, C.C.; RIBEIRO, J.L.D; MIORANDO, R.F An Economic-Probabilistic Model for Projects Selection and Prioritization. In: INFORMS Conference on Business Analytics and Operations Research, 2012, Huntington Beach, Califórnia, EUA. **Proceedings...** Califórnia: INFORMS, 2012a.
- DUTRA, C.C.; RIBEIRO, J.L.D; MIORANDO, R.F Um modelo para seleção e priorização de projetos que apresentam interdependência. In: DUTRA, C. C. Modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos. 2012. **Tese** (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012b.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**, vol. 172, p. 1018-1039, 2006.

- GUO, P.; LIANG, J.J.; ZHU, Y.M.; HU, J.F. R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM), 2008, China. **Proceedings...** Singapore: IEEE, 2008, p. 994-998.
- LEE, J.W.; KIM, S.H. Using Analytic Network Process and Goal Programming for interdependent information system project selection. **Computers & Operations Research**, vol. 27, p. 367-382, 2000.
- LIESIÖ, J.; MILD, P.; SALO, A. Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. **European Journal of Operational Research**, vol. 190, p. 679-695, 2008.
- MEDAGLIA, A.; GRAVES, S.; RINGUEST, J. A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, vol. 179, p. 869-894, 2007.
- RUNGI, M. Success rate and resource consumption from project interdependencies. **Industrial Management & Data Systems**, vol. 110, n.1, p. 93-110, 2010.
- RUNGI, M.; HILMOLA, O.-P. Interdependency management of projects: survey comparison between Estonia and Finland. **Baltic Journal of Management**, vol. 6, n.2, p. 146-162, 2011.
- SCHMIDT, R.L. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 40, p. 403-410, 1993.
- SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.
- STUMMER, C.; HEIDENBERGER, K. Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 50, p. 175-183, 2003.
- VERMA, D.; SINHA, K. Toward a theory of project interdependencies in high tech R&D environments. **Journal of Operations Management**, vol. 20, p. 451-468, 2002.
- YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamentos e métodos**. 3ª Edição. São Paulo: Bookman, 2005.
- ZULUAGA, A.; SEFAIR, J.A.; MEDAGLIA, A.L. Model for the Selection and Scheduling of Interdependent Projects. In: SYSTEMS AND INFORMATION ENGINEERING DESIGN SYMPOSIUM (SIEDS), 2007, EUA. **Proceedings...** Charlottesville, VA: IEEE, 2007.

6.6 APÊNDICE A

Avaliação dos critérios qualitativos na empresa A

Crítérios qualitativos	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6
Descrição do projeto						
Escopo do projeto	Desenvolvimento de produto para mercado esportista	Desenvolvimento de produto para mercado da construção civil	Implementação de norma	Desenvolvimento de produto para mercado naval e petroleiro	Expansão da fábrica	Desenvolvimento de produto para mercado petroleiro
Prazo envolvido	36	18	12	36	10	18
Complexidade do projeto	Alta, envolve a compra de equipamentos importados, desenvolvimento da tecnologia, pouco conhecimento interno.	Média, falta de conhecimento da área e do mercado (construção civil)	Difícil, a implementação será feita pelos colaboradores da empresa que não tem conhecimento aprofundado da norma.	Alta, matéria prima nova com várias peculiaridades	Baixa, estudo de layout	Alta, envolve a identificação de matéria-prima com características muito específicas
Facilidade de execução	Difícil, produto deve atender a requisitos de qualidade rigorosos	Fácil, equipamentos reaproveitados	Difícil, envolve mudança de muitos processos	Difícil, em função da característica da matéria prima (cara, testes em pequena escala)	Fácil	Difícil, processo de fabricação complexo, de grande dimensão, testes de campo difíceis
Facilidade de manutenção	Fácil, as necessidades serão supridas no desenv. do projeto	Médio, matéria prima pode variar de características	Difícil, mudança de uma cultura de 80 anos	Fácil, as necessidades foram supridas no desenv. do projeto	Fácil	Fácil
Relacionamento com outros projetos	Não	Sim, redução de seu custo pela execução do proj. 3.	Sim, reduz custos proj. 2 e 4.	Sim, proj. 3 reduz seu custo e é necessária a expansão da fábrica (proj. 5)	Sim, Proj. 4 depende deste.	Não
Incertezas envolvidas	Grandes, desenvolvimento de tecnologia, custos podem variar, mercado exigente, não há conhecimento na empresa	Grandes, tecnologias desconhecida, mercado desconhecido.	Grande, necessários investimentos altos, aceitação da equipe.	Grandes, desenvolvimento de tecnologia, custos podem variar, não há conhecimento na empresa sobre a tecnologia.	Pequenas, poucas contratações sem variação de preços.	Grandes, matéria prima incerta, processo incerto, custos incertos.
Cliente envolvido	Lojas de esportes e aventuras	Revendedores de materiais de construção	Interno	Indústria marítima e petroleira	Interno	Indústria petroleira
Urgência na realização do projeto	Prioridade alta	Prioridade baixa	Prioridade alta	Prioridade alta	Prioridade alta	Prioridade média
Grau de inovação	Inovador, primeiro produto no país.	Média, produto nunca usado para este fim e na construção civil.	Baixo, norma conhecida.	Inovador, único produto no país. Possui grandes diferenciais em relação ao produto equivalente do mercado	Não se aplica.	Alto.
Patenteabilidade	Sem interesse de patentear.	Sem interesse de patentear.	Não se aplica	Sem interesse de patentear.	Não se aplica	Sem interesse de patentear.
Potencial de replicabilidade ou expansão	O produto pode ser remodelado para outros fins e equipamento pode ser aproveitado em outros projetos.	Não	Não	O conhecimento adquirido com a matéria prima pode auxiliar no desenvolvimento de outros produtos.	Não se aplica	Não.
Mercado potencial	Mercado em crescimento,	Mercado potencial grande, construção	Não se aplica	Mercado em crescimento,	Não se aplica	Auxilia a manter o mercado atual

	concorrência somente de fornecedores externos.	civil está em crescimento.		pode substituir em grande número de aplicações produto similar		
Melhoria da competitividade	Sim, empresa diversifica o portfólio e nicho de mercado	Sim, empresa diversifica o portfólio e nicho de mercado	Sim, clientes podem solicitar a certificação	Sim, empresa entra em um novo nicho de mercado	Sim, permite o aumento da produtividade	Sim, melhora na qualidade e na tecnologia envolvida no produto
Atendimento a aspectos regulatórios	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Alinhamento estratégico	Sim, de expansão de mercados	Sim, de expansão de mercados, porém foge um pouco do escopo do negócio	Sim, atender as necessidades dos clientes	Sim, de expansão de mercados	Sim, expansão de mercados	Sim, melhoria continua dos produtos
Benefício ambiental						
Redução do uso de recursos naturais	Não	Não	Sim, ações internas de conscientização de redução de água e energia.	Não	Não	Não
Reutilização de partes/sistemas	Não	Sim, reaproveitamento de máquinas obsoletas.	Não	Não	Não	Não
Reciclagem de materiais	Não	Sim, reaproveitamento de matéria-prima.	Sim, implantação da coleta seletiva.	Não	Não	Não
Redução de poluentes	Não	Não	Sim, ações internas de conscientização de redução de água e energia.	Não	Não	Não
Benefício social						
Benefícios à comunidade	Sim, o crescimento da empresa melhora a comunidade da cidade	Não	Sim, redução de ruído e melhoria do ambiente de trabalho	Sim, o crescimento da empresa melhora a comunidade da cidade	Sim, o crescimento da empresa melhora a comunidade da cidade	Não
Geração de emprego	Sim, serão contratados funcionários para o novo setor	Não	Não	Contratação de funcionários para operação das novas máquinas	Não	Não
Benefício intangível						
Atendimento às necessidades dos colaboradores	Motiva o pessoal com o desenvolvimento de um produto inovador e desafiante	Sim, realocamento de pessoal que faziam atividades sem importância	Sim, melhora o ambiente de trabalho	Motivação do pessoal com um produto inexistente no Brasil	Não	Não
Aprendizagem e conhecimento	Grande, nova área para a empresa	Médio, conhecimento de um mercado desconhecido	Grande, o projeto será desenvolvido sem o auxílio de uma consultoria	Grande, nova tecnologia desenvolvida dentro da empresa	Não	Sim, desenvolvimento interno de nova tecnologia
Melhoria na imagem da empresa	Melhora a imagem nesse setor de mercado	Não	Grande, facilita renovação de contratos com clientes	Grande, indústria naval passa a ver a empresa como pioneira	Não	Sim, produto de melhor qualidade e inovador

Avaliação dos critérios qualitativos na empresa B

Critérios qualitativos	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6
Descrição do projeto						
Escopo do projeto	Homologação de norma técnica	Reciclagem de resíduo de processo	Novo revestimento – tipo 1	Desenvolvimento equipamento mecânico 1	Desenvolvimento equipamento mecânico 2	Novo revestimento – tipo 2
Prazo envolvido	60	12	12	18	18	12
Complexidade do projeto	Média, custos e prazos podem variar.	Alta, tentativas anteriores frustradas.	Média, exige um pouco de pesquisa.	Alta, não possuem conhecimento interno da tecnologia.	Alta, nova tecnologia envolvida	Média, novo material que a equipe desconhece.
Facilidade de execução	Difícil, exige uma mudança de cultura da fábrica.	Difícil, tentativas anteriores frustradas.	Média, necessita desenvolvimento de fornecedor.	Difícil, equipamentos para fabricação novos e grandes exigências de qualidade.	Difícil, tecnologia nova.	Média, necessita desenvolvimento de fornecedor.
Facilidade de manutenção	Difícil, exige uma mudança de cultura da fábrica.	Fácil, dificuldade está no estabelecimento do processo.	Médio, necessita desenvolvimento de processo interno e no fornecedor.	Difícil, requisitos de qualidade rigorosos.	Difícil, equisitos de qualidade rigorosos.	Médio, necessita desenvolvimento de processo no fornecedor.
Relacionamento com outros projetos	Sim, proj. 3 aumenta benefícios deste	Não	Sim, proj. 1 e 4	Sim, custos reduzidos pela execução do proj. 3	Sim, custos reduzidos pela exec. do proj. 6	Sim, proj. 5
Incertezas envolvidas	Grandes, custo e prazos podem variar bastante	Grandes, falta conhecimento na empresa	Médias, tecnologia desconhecida, custos incertos.	Grandes, custo, prazo, fornecedor, mercado, tecnologia.	Grandes, custo, prazo, fornecedor, mercado, tecnologia.	Média, tecnologia desconhecida, custos incertos.
Cliente envolvido	Grande e importante cliente	Interno	Grande e importante cliente	Único cliente	Único cliente	Grande e importante cliente
Urgência na realização do projeto	Urgente	Urgente, passivo ambiental	Sem urgência	Média, pressão do cliente.	Média, pressão do cliente.	Sem urgência
Grau de inovação	Grande, não existe norma tão exigente como esta no momento.	Grande para a empresa.	Grande, equipamento inexistente no mercado.	Pequena, porém torna o produto um pouco mais atrativo	Pequena, que tornasse o produto um pouco mais atrativo	Grande, equipamento inexistente no mercado.
Patenteabilidade	Não	Não, processo não são patenteados pela empresa.	Possível patente	Possível patente	Possível patente	Possível patente
Potencial de replicabilidade ou expansão	Não se aplica	Sim, para outra unidade	Sim, para mais uma unidade	Nenhum	Nenhum	Sim, para mais uma unidade
Mercado potencial	O desenv. do mercado gera uma barreira tecnológica para os concorrentes	Projeto só resolve uma questão ambiental	Médio, mercado pequeno	Pequeno, abertura de mercado	Pequeno, abertura de mercado	Médio, mercado pequeno
Melhoria da competitividade	Sim, serão os primeiros no Brasil a atender esta norma. Possível abertura de mercado externo.	Diminui custo de matéria-prima	Sim, melhora qualidade do produto.	Entrada em novo mercado.	Entrada em novo mercado.	Sim, melhora qualidade do produto.
Atendimento a aspectos regulatórios	Não, é norma eletiva.	Sim, podem perder licença operacional.	Não	Não	Não	Não
Alinhamento estratégico	Sim, mercado com maior margem de lucro, inovação, aumenta portfólio de	Sim, preservação do meio ambiente.	Sim, produtos inovadores.	Sim, diversificação do portfólio de produtos, produto de maior valor	Sim, diversificação do portfólio de produtos, produto de maior valor	Sim, produtos inovadores.

	produtos			agregado	agregado	
Benefício ambiental						
Redução do uso de recursos naturais	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Reutilização de partes/sistemas	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Reciclagem de materiais	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Redução de poluentes	Aumento de durabilidade do produto	Sim	Aumento de durabilidade do produto	Não	Aumento de durabilidade do produto	Não
Benefício social						
Benefícios à comunidade	Desenvolvimento das comunidades onde estão implantadas as fábricas	Desenvolvimento da empresa parceiro	Não	Nova unidade para a produção	Não	Nova unidade para a produção
Geração de emprego	Sim, aumenta faturamento, aumenta empregos	Aumento de empregos	Não	Geração de 20 empregos	Não	Aumento de empregos
Benefício intangível						
Atendimento às necessidades dos colaboradores	Exige mão de obra mais qualificada, salários melhores	Motivação da equipe	Não	Motivação da equipe	Não	Motivação da equipe
Aprendizagem e conhecimento	O projeto coloca toda a empresa em um patamar mais elevado	Grande, tecnologia desenvolvida internamente	Médio, desenvolvimento interno da tecnologia	Muito grande, desenvolvimento interno da tecnologia	Médio, desenvolvimento interno da tecnologia	Muito grande, desenvolvimento interno da tecnologia
Melhoria na imagem da empresa	Grande melhoria, será umas das únicas fornecedoras com a norma implantada	Sim, diminuição de poluentes e reciclagem de material	Sim, pequena melhoria pelo aumento de vida útil do produto	Complementa o portfólio de produtos	Sim, pequena melhoria pelo aumento de vida útil do produto	Complementa o portfólio de produtos

6.7 APÊNDICE B

Valores determinísticos atribuídos aos projetos pelo grupo de tomadores de decisão da empresa A

Critérios quantitativos	Projeto 1		Projeto 2		Projeto 3		Projeto 4		Projeto 5		Projeto 6							
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.														
Investimento	1	2	0	0	300	500	3.000	100	0	70	30	40	60	0	0	0		
	10	170	300	15	60	100	52	197	245	1.125	1.500	0	0	0	30	50	80	
	0	2	10	0	0	0	30	50	80	40	50	100	0	0	8	10	16	
	1	3	10	1	20	50	0	0	0	15	20	30	0	0	0	0	0	
	0	0	0	1	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	40	100	250	0,5	1	1,5	0	0	0	70	100	200	0	0	0	0	0	
	1.500	1.750	18.000	1.440	2.880	4.320	0	0	0	25.000	40.000	50.000	3.250	4.875	14.000	125	500	1.250
	0	0	0	1	5	7	70	100	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	34	42	48	0	0	0	20	25	30	25	34	67	59	76	115	0	0	0
	9	12	20	0,5	1	2	0	2.000	2.500	15	20	25	0	0	6	12	20	
Benefício																		

* valores expressos em milhares de reais

Resultado de investimento e benefício total dos projetos da empresa A

Resultado	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Investimento total*	293	87	1.156	1.750	43	65
Benefício total*	7.133	2.885	1.302	38.394	7.459	637

* valores expressos em milhares de reais

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo apresenta as conclusões da tese, discutindo as principais contribuições e, na sequência, são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

7.1 CONCLUSÕES

A presente tese teve como objetivo principal a proposição de um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização de projetos. O modelo busca quantificar os investimentos e benefícios e incertezas associadas, fornecendo uma análise econômico-probabilística dos retornos esperados para os projetos. Além disso, o modelo permite identificar possíveis interdependências entre os projetos do portfólio. Para isto, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, levados a cabo através de cinco artigos.

Em relação ao objetivo específico, **identificar e selecionar os principais critérios de avaliação e seleção de projetos**, o primeiro artigo da tese apresenta um levantamento de critérios de avaliação e seleção de projetos utilizados em estudos anteriores. O levantamento foi realizado através de uma revisão sistemática da literatura. Para a realização da revisão sistemática, seis etapas foram contempladas: definição do problema, busca dos estudos, seleção dos estudos, avaliação crítica dos estudos, coleta de dados e análise de dados. Foram selecionados 73 estudos, publicados no período de 2000 a 2011, que utilizaram 35 critérios distintos para seleção de projetos. Uma vez que foi gerada a partir de trabalhos que abordam diferentes tipos de projetos e organizações, a lista de critérios pode ser considerada completa e genérica. Isto possibilita a sua utilização para analisar diferentes tipos de projetos e subsidiar decisões qualificadas.

Em relação ao segundo objetivo específico, **identificar os principais métodos utilizados na seleção e priorização de projetos**, o segundo artigo da tese apresenta uma revisão sistemática da literatura dos métodos de avaliação e seleção de projetos. A revisão realizada, contemplando o período de 2000 a 2011, apontou 71 estudos que utilizaram 20 métodos distintos para avaliação e seleção de projetos. Os métodos identificados estão baseados em diferentes enfoques (da pesquisa operacional a princípios estratégicos) e cada um deles analisa as informações através de procedimentos particulares de avaliação e seleção, que por sua vez produzem suas próprias análises e resultados. Os métodos identificados foram classificados em três diferentes abordagens (qualitativos, quantitativos e quali/quantitativos) a

partir da análise dos dados de entrada e saída destes métodos. A abordagem quantitativa foi identificada para 49% dos métodos, sendo que a quali/quantitativa foi a menos utilizada.

Em relação ao terceiro objetivo específico, **integrar os critérios selecionados com um método de seleção e priorização de projetos em um modelo capaz de avaliar o retorno econômico e o impacto das incertezas envolvidas no resultado de cada projeto**, o terceiro artigo da tese propõe um modelo econômico-probabilístico para seleção e priorização do portfólio de projetos que busca quantificar os investimentos e benefícios e seus possíveis desvios, fornecendo uma análise dos retornos esperados para os projetos. Para o desenvolvimento do modelo foram seguidas três etapas: definição de critérios; definição do método mais apropriado para ser utilizado; e construção do modelo. Um teste prático para avaliar a aplicabilidade e utilidade do modelo foi realizado junto ao portfólio de projetos de investimento de uma empresa de distribuição de energia elétrica e revelou que: i) os critérios utilizados são suficientemente completos; ii) o uso da abordagem econômica e probabilística qualifica as informações disponibilizadas aos tomadores de decisão; iii) a linguagem financeira é mais facilmente compreendida e tem um significado concreto tanto para a área gerencial quanto para a área técnica.

Em relação ao quarto objetivo específico, **aprimorar o modelo validado para que seja capaz de identificar interdependência entre os projetos do portfólio**, o quarto artigo da tese amplia o modelo desenvolvido no artigo anterior para seleção e priorização de projetos que apresentam interdependência. O modelo é constituído de duas fases. A primeira busca quantificar os investimentos e benefícios e suas possíveis incertezas, fornecendo uma análise econômico-probabilística dos retornos esperados para o projeto. A segunda fase analisa as interdependências entre projetos e utiliza simulação de Monte Carlo e programação matemática linear para selecionar o portfólio ótimo que maximiza o retorno para empresa atendendo as restrições impostas. Para ilustrar o uso da segunda fase do modelo, é apresentado um exemplo aplicado ao setor de sistemas de informação, onde são analisados seis projetos, considerando as suas interdependências de recursos e benefícios, conduzindo a identificação do portfólio ótimo.

Por último, em relação ao quinto objetivo específico, **testar e validar parcialmente o modelo ampliado através da aplicação na realidade de empresas**, o quinto artigo da tese apresenta um estudo prático do modelo para a seleção e priorização de projetos com interdependências proposto em empresas dos setores naval e petrolífero. Para isto, foram feitas reuniões com os tomadores de decisão nas quais foram avaliados seis projetos concorrentes de cada empresa. Os resultados das aplicações práticas contribuem para a

validação da aplicabilidade, utilidade e abrangência do modelo desenvolvido. O modelo proposto mostrou-se eficiente para a utilização em casos reais, oferecendo aos gestores uma estrutura para tratamento de incertezas e interdependências entre os projetos. Verificou-se também que o modelo é capaz de considerar diferentes tipos de projetos e de diferentes setores industriais.

A partir das necessidades que motivaram o desenvolvimento deste trabalho, da sua aplicação e dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o mesmo atingiu os objetivos iniciais estabelecidos. O modelo proposto oferece uma alternativa ao uso de métodos complexos para selecionar e priorizar projetos que combina métodos econômicos e probabilísticos, seguindo procedimentos relativamente simples, mas capazes de considerar incertezas e interdependência entre projetos, características que até o momento apresentavam-se deficientes na literatura.

Do ponto de vista prático, o modelo foi considerado amigável aos tomadores de decisão, uma vez que o seu procedimento é transparente e o resultado financeiro é claro para todos os envolvidos. O procedimento probabilístico permitiu qualificar a informação disponibilizada aos tomadores de decisão uma vez que é possível entender a extensão da incerteza associada aos critérios utilizados na tomada de decisão.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para complementar o trabalho desenvolvido nesta tese, sugere-se para pesquisas futuras: (i) aplicar o modelo proposto em cenários com maior número de projetos e restrições para confirmar a sua robustez; (ii) confirmar a abrangência do modelo através de estudos práticos em outros tipos de empresas e projetos; e (iii) ampliar o modelo para prever o sequenciamento ótimo dos projetos selecionados ao longo de tempo de análise, levando em consideração o fluxo de caixa e os recursos envolvidos.