

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU - FEB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

TAÍSE CAROLINE LOPES ALBANO

**UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO NÃO-LINEAR COM PREPARAÇÃO  
PARA O FUTURO APLICADO À SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE  
PROJETOS**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edméa Cássia Baptista

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Jugend

BAURU

2018

TAÍSE CAROLINE LOPES ALBANO

**UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO NÃO-LINEAR COM PREPARAÇÃO  
PARA O FUTURO APLICADO À SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE  
PROJETOS**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, como exigência para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edméa Cássia Baptista

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Jugend

BAURU

2018

Albano, Taíse Caroline Lopes.

Um modelo de otimização não-linear com preparação para o futuro aplicado à seleção de portfólio de projetos / Taíse Caroline Lopes Albano, 2018  
87 f.

Orientadora: Edméa Cássia Baptista

Coorientador: Daniel Jugend

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2018

1. Seleção de projetos. 2. Programação não-linear inteira mista. 3. Portfólio de projetos. 4. Medidas de desempenho. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE TAÍSE CAROLINE LOPES ALBANO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 20 dias do mês de novembro do ano de 2018, às 13:00 horas, no(a) Sala de videoconferência do IPMET, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. EDMEA CASSIA BAPTISTA - Orientador(a) do(a) Departamento de Matemática / Faculdade de Ciências de Bauru - UNESP, Profa. Dra. EDILAINE MARTINS SOLER do(a) Departamento de Matemática / Faculdade de Ciências de Bauru - UNESP, Prof. Dr. FABIANO ARMELLINI do(a) Departamento de Matemática e Engenharia Industrial / École Polytechnique de Montréal, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de TAÍSE CAROLINE LOPES ALBANO, intitulada **UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO NÃO-LINEAR COM PREPARAÇÃO PARA O FUTURO APLICADO À SELEÇÃO DE PORTIFÓLIO DE PROJETOS**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Profa. Dra. EDMEA CASSIA BAPTISTA



Profa. Dra. EDILAINE MARTINS SOLER



Prof. Dr. FABIANO ARMELLINI

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela minha vida.

À minha família por sempre acreditarem em meu potencial, em especial meus pais, José Felício e Geuzeli, por todo carinho e apoio emocional e financeiro ao longo de todos esses anos, e ao meu irmão Lucas que sempre foi um exemplo para mim.

Ao meu namorado Maurício, com quem tive a felicidade de dividir esta jornada, pela paciência, apoio, carinho e contribuições.

À minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Édmea Cássia Baptista, não só pela excelente orientação, paciência, conselhos, apoio, dedicação e ensinamentos, mas também pela amizade construída.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Daniel Jugend, pelas brilhantes contribuições a este trabalho e por contribuir diretamente na realização do meu intercâmbio para o Canadá.

Ao Prof. Dr. Fabiano Armellini, por me receber na École Polytechnique de Montréal e me orientar durante esse período, contribuindo significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

À École Polytechnique de Montréal e ao Governo Canadense, por abrirem as portas de seu país e concederem-me uma bolsa de estudos através do programa Emerging Leaders Americas Program (ELAP).

À CAPES pela bolsa de mestrado a mim concedida no Brasil.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Edilaine Martins Soler pela gentileza em auxiliar-me com o *software* GAMS e por suas valiosas contribuições a este trabalho.

A todos, amigos, professores e funcionários da FEB/UNESP, que de alguma forma contribuíram para que este sonho se tornasse realidade, o meu muito obrigada.

## RESUMO

No contexto do gerenciamento de projetos, a atenção ao gerenciamento de portfólio de projetos tem aumentado recentemente. O uso de programação matemática para gerenciamento de portfólio também está em ascensão, pois integra, em um único modelo, as interações do projeto com os múltiplos objetivos para o gerenciamento de portfólio. Entre os principais objetivos de gestão de portfólio, estudos recentes têm dado uma atenção especial ao objetivo emergente de preparação futura, que ainda não foi incorporado aos modelos matemáticos existentes. Neste sentido, este trabalho apresenta um modelo de otimização não linear inteira mista para seleção de portfólios que considera as quatro principais medidas de desempenho para gerenciamento de projetos: maximização de valor, alinhamento estratégico, balanceamento e preparação para o futuro. Dada a importância deste último, visto que foi observado que a adição desta dimensão ao modelo matemático influencia a seleção de portfólio de projetos, o objetivo deste trabalho é apresentar um modelo mais completo, em que seja possível verificar a contribuição marginal e a melhor combinação de projetos de acordo com as necessidades da empresa. O modelo foi testado com dados reais de duas empresas de diferentes segmentos, estratégias e nacionalidades, uma no Brasil e outra no Canadá, e os resultados obtidos foram coerentes com sua prática.

Palavras-chave: Seleção de projetos. Programação não-linear inteira mista. Portfólio de projetos. Medidas de desempenho.

## ABSTRACT

In the context of project management, the attention to project portfolio management has increased recently. The use of mathematical programming for portfolio management is also on the rise, because it integrates, in a single model, the project interactions with the multiple objectives for portfolio management. Among possible objectives, recent studies have been paying a special attention to the emerging objective of future preparedness, which has not yet been incorporated to existing mathematical models. In this vein, this paper presents a mixed integer nonlinear optimization model for portfolio selection that considers four main performance measures for project management: value maximization, strategic alignment, balance and future preparedness. Given the importance of the latter, since it was observed that the addition of this dimension to the mathematical model influences the portfolio selection of projects, the purpose is to present a more complete model, which provides the marginal contribution and the best combination of projects according to the needs of the company. The model was tested using real data from two companies, one in Brazil and one in Canada, and the results obtained were coherent with their practice.

*Keywords:* Project selection. Nonlinear integer mixed optimization. Project portfolio. Performance measures.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida do projeto. ....	18
Figura 2 - Fases genéricas e principais atividades da GPP. ....	20
Figura 3 - Diagrama de bolhas. ....	33
Figura 4 - Representação de um roadmap genérico.....	34

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros. ....	40
Tabela 2 - Variável de decisão. ....	41
Tabela 3 - Pontuação dos projetos para cada objetivo. ....	59
Tabela 4 - Pontuação de cada projetos para as questões de preparação para o futuro.....	59
Tabela 5 - Comparação entre os resultados obtidos por Canbaz e Marle (2016) e pelo Modelo Proposto.....	60
Tabela 6 - Pontuação dos projetos para cada objetivo estratégico. ....	64
Tabela 7 - Pontuação dos projetos para cada questão de preparação para o futuro.....	65
Tabela 8 - Contribuição marginal de cada projeto.....	66
Tabela 9 - Portfólio selecionado e seu respectivo valor da função objetivo. ....	67
Tabela 10 - Pontuação dos projetos para cada objetivo estratégico. ....	69
Tabela 11 - Pontuação dos projetos para cada questão de preparação para o futuro.....	70
Tabela 12 - Contribuição marginal de cada projeto.....	71

## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1- Medidas de desempenho para a seleção de portfólio de projetos. ....	26
---	----

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Contexto do trabalho .....	10
1.2 Justificativas .....	12
1.3 Problema de pesquisa .....	13
1.4 Objetivos .....	14
1.5 Estrutura do trabalho .....	14
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Gestão de projetos .....	16
2.2 Gestão de portfólio de projetos .....	18
2.3 Desempenho em gestão de portfólio de projetos .....	21
2.3.1 Maximização de valor.....	22
2.3.2 Alinhamento estratégico .....	23
2.3.3 Balanceamento .....	24
2.3.4 Preparação para o futuro .....	25
2.4 Interdependências entre projetos.....	27
2.5 Principais métodos de seleção de portfólio.....	29
2.6 Otimização e seleção de portfólio .....	35
<b>CAPÍTULO 3 - MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 4 - O MODELO.....</b>	<b>40</b>
4.1 Nomenclatura .....	40
4.2 Função objetivo .....	41
4.3 Restrições.....	43
<b>CAPÍTULO 5 - MÉTODO DE SOLUÇÃO .....</b>	<b>50</b>
5.1 Otimização multiobjetivo.....	50
5.2 Método do $\varepsilon$ -restrito.....	51
5.3 Método Branch and Bound .....	52
5.4 Método de pontos interiores.....	54
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>56</b>
6.1 Comparação .....	56

6.2	CASO A.....	60
6.3	CASO B.....	67
	<b>CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXO I - GUIA DE ENTREVISTA .....</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXO II - COLETA DE DADOS CASO A.....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO III - COLETA DE DADOS CASO B.....</b>	<b>87</b>

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 Contexto do trabalho**

A gestão de portfólio de projetos é um tema cuja relevância tem sido crescente, tanto na literatura acadêmica quanto em situações práticas (KAISER; ARBI; AHLEMANN, 2015; JONAS; KOCK; GEMÜNDEN, 2013; COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001). Uma dessas razões, pode ser atribuída ao fato que o gerenciamento de portfólio de projetos (GPP) é o processo responsável pela escolha e alocação de recursos entre os diferentes projetos, a principal etapa na gestão de portfólios, geralmente conduzidos pela empresa, e que, teoricamente deve estar alinhada aos seus objetivos e planejamento estratégico (JONAS, 2010; LEVINE, 2005; KILLEN, 2013).

Além disso, o gerenciamento integrado sob os vários projetos tornou-se tópico relevante para as organizações que buscam melhores desempenhos em processos, como o de inovação e de desenvolvimento de produtos, uma vez que o gerenciamento de portfólio de projetos bem-sucedidos determina cada vez mais a probabilidade de sucesso dos negócios (MESKENDAHL, 2010). Neste escopo, a função da gestão de portfólio de projetos é selecionar um conjunto de projetos de uma organização específica, pelos quais os projetos compartilham e competem pelos mesmos recursos (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Mesmo que a gestão de portfólio não seja realizada formalmente pela empresa, o portfólio de projetos existe, mesmo que de maneira informal. Entretanto, são diversas as pesquisas nacionais (JUGEND; BARBALHO; SILVA, 2016) e internacionais (DUTRA; RIBEIRO; CARVALHO, 2014) sobre gestão de portfólio que recomendam a aplicação de mecanismos formais e sistematizados para a sua gestão, o que tende a contribuir com o seu melhor desempenho.

Os componentes do portfólio normalmente competem por recursos escassos e são selecionados e priorizados de acordo com seus valores de negócio. Desta forma, é importante implementar processos próprios para a gestão de portfólios (SANCHEZ; ROBERT; PELLERIN, 2008).

As principais atividades no gerenciamento do portfólio de projetos envolvem a tomada de decisão sobre quais projetos devem ser aprovados, priorizados, adicionados ou retirados do portfólio e como distribuir os recursos entre os projetos considerados (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999). Assim, a gestão de portfólio de projetos determina quais projetos a empresa deve investir e como alocar recursos, normalmente escassos, em termos de tempo,

pessoas, dinheiro e infraestrutura (LERCH; SPIETH, 2013), sempre tendo como objetivo final maximizar a contribuição dos projetos para o sucesso corporativo (KOCK; HEISING; GEMÜNDEN, 2016). Como em muitas empresas, especialmente, nas mais inovadoras, existem vários projetos viáveis e seus recursos geralmente são escassos, principalmente em períodos de crise, selecionar os projetos que irão compor o portfólio se torna essencial para uma boa gestão.

A seleção de portfólio é um processo de tomada de decisão complexo, que envolve uma série de fatores estratégicos conflitantes, em que sua má avaliação pode comprometer o desempenho da empresa como um todo. Por esta razão, os métodos e ferramentas de seleção de projetos desempenham um papel importante no gerenciamento de portfólio. No entanto, a literatura apresenta uma infinidade de práticas, métodos e ferramentas de seleção e priorização de projetos (DUTRA; RIBEIRO; CARVALHO, 2014), e não há nenhum consenso sobre qual se adequa melhor à determinadas situações (ARCHER; GHASEMZADEH, 2007).

Entre os métodos mais amplamente utilizados estão os métodos de pontuação, *multiattribute utility theory* (MAUT) e *analytical hierarchy process* (AHP). Estes modelos visam um *ranking* de projetos, depois que os recursos são distribuídos de acordo com os requisitos estabelecidos. Entretanto, essas abordagens assumem que os projetos candidatos são independentes, o que não é sempre verdade. Além disso, nenhum desses métodos consideram múltiplas restrições (por exemplo, de recursos, estratégica ou tecnológica) em sua abordagem. Essas limitações contribuíram para o aumento do interesse nos modelos de programação matemática, uma vez que eles podem integrar tais considerações em um único modelo (CARAZO et al., 2010).

Neste sentido, os métodos de programação matemática podem melhorar a qualidade do processo de tomada de decisão em portfólio de projetos, de modo a reduzir a subjetividade e otimizar a alocação de recursos nos projetos que agregam mais valor à organização (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012).

Visando alcançar resultados ainda mais coerentes, algumas medidas de desempenho, também denominadas de dimensões ou critérios de sucesso, devem ser considerados. Autores como Voss (2013) e Kock (2016) sugerem como dimensões fundamentais para a seleção de portfólio, a maximização de valor, o alinhamento estratégico, o balanceamento e a preparação para o futuro. Essas três primeiras dimensões (maximização de valor, alinhamento estratégico e balanceamento) já estão bem consolidadas na literatura (KENDALL; ROLLINS, 2016; COOPER; EDGETT, 2001), talvez até por serem mais antigas, e assim, são abordadas em inúmeros trabalhos, normalmente dando-se ênfase à somente uma dessas medida de desempenho, como no trabalho de Landsman e Makov (2015) cujo modelo maximiza o

desempenho e minimiza os riscos financeiros do portfólio, contemplando apenas a maximização de valor como critério para seleção do portfólio, como proposto por Markovitz (1952).

Entretanto, como observado por Voss e Kock, (2013), muitos estudos têm mostrado que considerar somente um desses critérios é insuficiente para alcançar um bom desempenho, assim tem surgido na literatura modelos de otimização multiobjetivo, que são capazes de considerar em sua modelagem mais de uma medida de desempenho, para a seleção de portfólios, como ocorre no trabalho de Canbaz e Marle (2016) em que é apresentado um modelo de otimização não-linear inteiro misto multiobjetivo que considera as três medidas de desempenho em sua modelagem.

Além da maximização de valor, alinhamento estratégico e balanceamento, os pesquisadores de gestão de portfólio têm observado o aumento da ênfase na dimensão referente à preparação para o futuro, desde que Shenhar et al. (2001) introduziu-a como um critério de sucesso para o gerenciamento de projetos individuais. Baseado nesse trabalho, Meskendahl (2010) expandiu esse conceito argumentando que a preparação para o futuro fornece resultados importantes não só para projetos únicos, mas também à nível do portfólio de projetos (RANK; UNGER; GEMÜNDEN, 2015), ao avaliar as oportunidades e benefícios a longo prazo fornecidas pelos projetos (KOPMANN et al., 2017).

Assim, com a emergência da quarta dimensão, referente à preparação para o futuro, além de atender às três dimensões anteriormente citadas, os projetos do portfólio devem ser capazes de proporcionar novas tecnologias, criar novos mercados e aumentar a participação da empresa no mercado em que atua, contemplando desta maneira, a dimensão referente à preparação para o futuro.

## **1.2 Justificativas**

Em busca realizada em abril de 2017 nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, verificou-se o uso de modelos de otimização como uma ferramenta muito utilizada para a seleção de portfólio de projetos. Além disso, notou-se que o número de publicações que utilizam ferramentas matemáticas aplicadas ao gerenciamento de portfólios de projetos e produtos tem se sobressaído em relação aos demais métodos, evidenciando a relevância do tema abordado.

Embora existam muitas publicações nesta área, a maioria dos trabalhos encontrados, nessas bases de dados, se preocupam em apresentar um modelo de otimização, abordando-o apenas de maneira teórica, não avaliando sua aplicabilidade em situações práticas, devido

principalmente à sua elevada complexidade (COLDRICK et al., 2005). Deste modo, são utilizados dados randômicos para realizar os testes dos novos modelos.

Ademais, considerando a importância da avaliação das quatro principais medidas de desempenho para a seleção de portfólio de projetos, não fora encontrado na literatura nenhum trabalho que considere simultaneamente a maximização de valor, alinhamento estratégico, balanceamento e preparação para o futuro em sua modelagem.

Assim, além de contribuir com a literatura acadêmica ao fornecer um modelo de otimização não-linear para a seleção de projetos que considere a dimensão preparação para o futuro, uma vez que não há na literatura nenhum trabalho que considere esta dimensão em conjunto com as dimensões de maximização de valor, balanceamento e alinhamento estratégico em um mesmo modelo, o presente trabalho se preocupou em coletar dados reais de uma *startup* canadense e de uma empresa brasileira a fim de se verificar a aplicabilidade do referido modelo em situações práticas.

### **1.3 Problema de pesquisa**

Qualquer organização precisa investir em projetos para garantir um crescimento saudável e lucrativo. Entretanto, as empresas em geral, possuem mais candidatos à projetos do que recursos disponíveis para sua execução, assim, para que esses recursos limitados não sejam desperdiçados e impossibilitem a organização de atingir seus objetivos, selecionar os projetos adequados se torna imprescindível (CARAZO et al., 2010).

Neste contexto, é notória a importância da etapa de seleção de portfólio de projetos, mas para que ela seja eficaz, os requisitos que asseguram o sucesso da seleção de projetos devem ser considerados, a fim de se alcançar os resultados esperados.

Dentre esses requisitos, na literatura alguns estudos têm mostrado a importância em se considerar mais de uma medida de desempenho de gestão de portfólio na etapa de seleção dos projetos a fim de se obter um portfólio bem-sucedido (VOSS; KOCK, 2013). Atualmente destacam-se quatro medidas de desempenho, três destas, referentes à maximização de valor, alinhamento estratégico e balanceamento de projetos no portfólio, já são bem estabelecidos na literatura acadêmica e consideradas em um número maior dos modelos de seleção. Enquanto a quarta dimensão, introduzida mais recentemente à nível de portfólio por Meskendahl (2010), referente à preparação para o futuro, é ainda pouco contemplada pelos modelos de seleção de portfólio (RANK; UNGER; GEMÜNDEN, 2015).

Dada a importância em se utilizar um modelo completo, que seja capaz de contemplar os objetivos da seleção de portfólio, o presente trabalho se preocupa em responder a seguinte questão:

Como a adição da medida de desempenho de preparação para o futuro influencia um modelo de seleção de portfólio de projetos que considera a maximização de valor, o alinhamento estratégico e o balanceamento?

#### **1.4 Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivos gerais:

- a) Acrescentar ao modelo matemático de otimização não-linear inteiro misto multiobjetivo, proposto por Canbaz e Marle (2016), a dimensão preparação para o futuro;
- b) testar o novo modelo com dados da literatura;
- c) propor um protocolo (guia de entrevista) para levantamento de dados para casos reais;
- d) testar o modelo com dados reais, oriundos de empresas.

#### **1.5 Estrutura do trabalho**

Este trabalho encontra-se dividido em sete seções. Seguindo-se este capítulo referente à introdução, apresenta-se o capítulo 2, no qual consta a revisão de literatura da gestão de portfólio de projetos, com enfoque na etapa de seleção de projetos e suas principais medidas de desempenho e ferramentas, destacando-se a aplicação da otimização não-linear à seleção de portfólio de projetos.

O terceiro capítulo, concernente ao método de pesquisa expõe a metodologia adotada, bem como as etapas seguidas até a coleta de dados e implementação do modelo no *software* GAMS.

No quarto capítulo o modelo com as quatro dimensões e as variáveis utilizadas, baseado no trabalho de Canbaz e Marle (2016), é apresentado.

O método de solução adotado encontra-se na seção 5.

Definido e testado o modelo, segue-se a implementação dos dados, coletados através da entrevista realizada em uma *startup* canadense e uma empresa brasileira, no *software* GAMS

cujos resultados encontram-se disponibilizados e discutidos no capítulo 6. Uma comparação do modelo com e sem preparação para o futuro também é apresentada.

Por fim, o capítulo 7 encerra este trabalho com as considerações finais.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, a revisão de literatura inicia-se com uma breve definição de gestão de projetos, expandindo-se os conceitos para gestão de portfólio de projetos e seleção de portfólio de projetos, tema em que se concentra este trabalho, seguido da apresentação das quatro principais dimensões para a gestão de portfólio e das interdependências existentes entre os projetos. Alguns dos principais métodos utilizados para auxiliar a tomada de decisão em relação aos projetos são apresentados em seguida, com destaque para os modelos de otimização, os quais são utilizados neste trabalho.

### 2.1 Gestão de projetos

De acordo com o *Project Management Institute* – PMI (2008a) um projeto pode ser definido como um empreendimento temporário que tem como objetivo desenvolver um produto ou serviço, e através deles é possível criar valor econômico e vantagem competitiva para uma organização (DUTRA; RIBEIRO; CARVALHO, 2014).

Diferente dos macros e micros processos presentes nas empresas, os projetos têm o objetivo de criar algo único, em um prazo de tempo bem definido no que se refere ao seu início e fim e, também, por seguir um plano. Ao seu término, pode-se verificar se o projeto está realmente concluído e se foi bem-sucedido, ao se comparar aquilo que foi inicialmente planejado e aprovado com os resultados efetivamente alcançados e mensurados (JUGEND; BARBALHO; SILVA, 2014).

Como os projetos possuem particularidades que exigem a realização de várias atividades, envolvendo o seu planejamento, execução e melhorias, a fim de se manter um melhor controle sobre essas, surgiu a gestão de projetos na década de 50 (SHENHAR; DVIR, 1996), que inicialmente foi aplicada na área da construção civil, engenharia, processamentos de dados, estendendo-se às áreas de pesquisa e desenvolvimento, manufatura e administração (PLATJE; SEIDEL; WADMAN, 1994).

A definição mais adotada para a gestão de projetos foi proposta pelo *Project Management Institute* (2008a) e refere-se à aplicação de conhecimento, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos (MARCELINO-SÁDABA; GONZÁLEZ-JAEN; PÉREZ-EZCURDIA, 2015). Um projeto que atende aos requisitos é aquele que produz os resultados esperados dentro do escopo, orçamento e cronograma

planejados, além de adicionar o valor máximo possível à organização (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012).

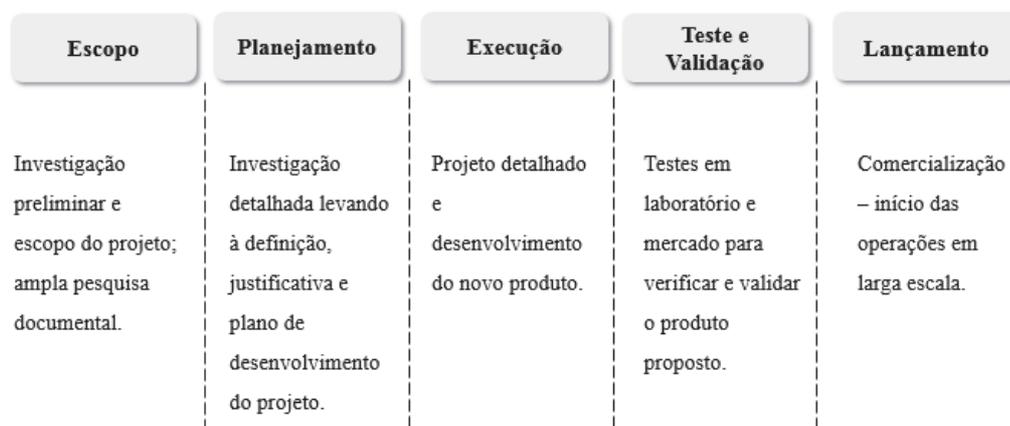
O gerenciamento de projetos desempenha um papel insubstituível na gestão de cada organização, seja ela, privada, pública ou sem fins lucrativos. Através dele é possível realizar várias atividades dentro do padrão de qualidade definido, em determinado prazo, sem exceder o orçamento, e até mesmo superar os resultados esperados (KOSTALOVA; TETREVOVA, 2014).

A realização dessas atividades geralmente é dividida em fases parciais, que juntas formam o ciclo de vida do projeto, que corresponde ao conjunto de todas as fases, desde o início até o final do projeto, assim dividido para oferecer um melhor controle gerencial. De acordo com o padrão do *Project Management Institute* (2004), a divisão de um projeto em fases parciais traz um melhor controle sobre o projeto e uma melhor interconexão dentro da organização (KOSTALOVA; TETREVOVA, 2015).

Existem várias abordagens para o ciclo de vida dos projetos na literatura, por exemplo, *Straightforward project life-cycle*, *control-oriented model*, *quality-oriented model*, *risk-oriented model*, *a fractal approach to the project life cycle*, bem como modelos específicos para determinadas empresas. Devido à essas distintas abordagens o número de fases dentro de cada modelo difere, do mesmo modo que os nomes atribuídos para cada estágio (BONNAL; GOURC; LACOSTE, 2002). Entretanto, independentemente do número de fases em que o ciclo de vida do projeto é dividido, esta divisão possibilita ao gestor estruturar o curso de ação dentro do projeto e se concentrar em diferentes atividades em cada fase (KOSTALOVA; TETREVOVA, 2015).

Embora não haja um consenso sobre as fases do ciclo de vida de um projeto (LABUSCHAGNE; BRENT, 2005), há uma maior aderência de que as fases amplas e genéricas do projeto são: escopo (iniciação, identificação, seleção), planejamento (viabilidade, desenvolvimento, demonstração, protótipo de projeto, quantificação), execução (implementação, produção e implantação), testes e validação (instalação e teste) e lançamento (conclusão e avaliação pós-conclusão), de acordo com Cooper, Edget e Kleinschmidt (2001), exibidas na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo de vida do projeto.



Fonte: Adaptada de Cooper, Edget e Kleinschmidt (2001).

Além de dividir as atividades do projeto em fases do ciclo de vida, os esforços para aumentar a sua probabilidade de conclusão, dentro do menor período possível, com qualidade superior e com os custos mais baixos, juntamente com a eliminação de quaisquer outros possíveis riscos, levaram ao desenvolvimento de uma série de ferramentas de gerenciamento de projetos (KOSTALOVA; TETREVOVA, 2014). Enquanto alguns deles são usados apenas em algumas fases do ciclo de vida do projeto, outros são usados em todo seu curso de implementação (KOSTALOVA; TETREVOVA, 2014).

Dada a relevância da gestão de projetos, embora esta não garanta o sucesso de um projeto, a falta de planejamento irá provavelmente garantir a sua falha (DVIR; RAZ; SHENHAR, 2003). Sage, Dainty e Brookes (2014) sugerem que falhas na gestão de projetos frequentemente são consequências de uma gestão deficiente e, portanto, esse problema pode ser superado através de um melhor gerenciamento.

Um projeto bem-sucedido implica não somente em executar o projeto corretamente, mas também em fazer o projeto certo (ARCHER; GHASEMZADEH, 2007), e para isso, além da gestão de projetos as organizações devem se preocupar com a gestão de portfólio de projetos.

## 2.2 Gestão de portfólio de projetos

A percepção moderna da gestão de portfólio baseia-se principalmente na teoria financeira de Markowitz (1952). Desde então, a gestão de portfólio tem ganhado cada vez mais importância na aplicação industrial e especialmente na gestão da inovação (LERCH; SPIETH,

2013). Na literatura, a gestão de portfólio de projetos (GPP) tem sido o tópico discutido por muitos pesquisadores por mais de 40 anos (MESKENDAHL, 2010).

Um portfólio de projetos é um conjunto de projetos que são agrupados a fim de facilitar seu gerenciamento efetivo de modo a atingir os objetivos estratégicos da organização (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008a). Enquanto o portfólio de produtos pode ser definido como o conjunto de produtos que uma empresa utiliza para competir em determinado mercado (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999). O portfólio de projetos é relacionado com um conjunto de projetos que as empresas utilizam para atingir os seus objetivos de negócio, o que pode incluir projetos como a implantação de sistemas de informação, mudanças organizacionais, construção de novas unidades produtivas, novos produtos, dentre outros. O portfólio de produtos foca apenas nos projetos de produtos (novos, atualizações e descontinuidade). Interessante notar que os objetivos de desempenho (maximização de valor, alinhamento estratégico, balanceamento e preparação para o futuro) e métodos de gestão propostos para gestão de portfólio são similares no âmbito de projetos e de produtos.

Assim, a gestão de portfólio refere-se às atividades para gerenciar os componentes de um portfólio (projetos e produtos) de forma coordenada para atingir os objetivos organizacionais (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008b).

De acordo com Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2001), enquanto a gestão de projetos se preocupa em “fazer as coisas certas”, a gestão de portfólios se preocupa em “fazer certas coisas”. Em outras palavras, a gestão de portfólio é um processo de gerenciamento estratégico que fornece uma ponte entre a formulação de estratégia e sua implementação (MESKENDAHL, 2010).

Esse processo envolve uma série de etapas, incluindo revisões periódicas do portfólio total, que consiste na avaliação de todo o conjunto de projetos, comparando-os uns com os outros, a fim de se tomar decisões sobre os projetos em uma base contínua, através de um *gate* ou processo de *stage gate*, e desenvolver uma nova estratégia, que atenda as decisões estratégicas e alocação de recursos da empresa (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999).

A GPP é considerada um recurso de tomada de decisão dinâmica, através do qual, os projetos são avaliados, selecionados e priorizados. Este processo é caracterizado por informações incertas e que estão constantemente sob alterações, oportunidades dinâmicas, objetivos múltiplos, considerações estratégicas e interdependência entre os projetos, o que o torna bastante complexo. Assim, os projetos já existentes podem ser acelerados, despriorizados ou encerrados (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999).

Sintetizando, a GPP pode ser entendida como ações e atividades que permitem a organização a selecionar, desenvolver e comercializar projetos que estão alinhados com a estratégia organizacional e que suportarão seu crescimento sustentável (JONAS; KOCK; GEMÜNDEN, 2013; KORHONEN; LAINE; MARTINSUO, 2014).

De acordo com Jonas, Kock e Gemünden (2013), o gerenciamento de portfólio de projetos pode ser descrito por três fases genéricas: 1) estruturação do portfólio; 2) gestão de recursos e 3) direcionamento do portfólio. Assim, a GPP aborda o panorama do projeto como um todo e visa maximizar a contribuição dos projetos para o sucesso global do negócio. A Figura 2 apresenta as fases genéricas e suas principais atividades.

Figura 2 - Fases genéricas e principais atividades da GPP.



Fonte: Autora.

De acordo com Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2001) uma gestão de portfólio ineficiente implica em um aumento no *time-to-market*, na falta de bons projetos alinhados com a estratégia da organização e na seleção de projetos baseados em fatores emocionais e políticos, o que inviabiliza a companhia de atingir seus objetivos.

Dentre as principais atividades da GPP (Figura 2), tomar decisões para selecionar os projetos é considerada por alguns autores a tarefa chave no gerenciamento do portfólio de projetos, a fim de se manter as vantagens competitivas e conseqüentemente, prolongar o sucesso da companhia (UNGER et al, 2012; COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2000), uma vez

que a maioria das empresas possuem diversas ideias de projetos potenciais e nem todas essas podem ser investidas (KOCK; HEISING; GEMÜNDEN, 2014).

A seleção de portfólio de projetos é uma atividade periódica que avalia o portfólio e seleciona propostas de projetos disponíveis e projetos que já estão em andamento. Os projetos selecionados devem atender aos objetivos declarados da organização de uma maneira desejável, sem exceder os recursos disponíveis ou violar outras restrições (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Um portfólio bem selecionado deve otimizar os recursos utilizados e apresentar um equilíbrio entre riscos associados, complexidade do projeto e objetivos de curto e longo prazo (VOSS, 2012).

Decisões erradas na seleção de projetos resultam em duas consequências negativas: por um lado os recursos, geralmente escassos, são gastos com projetos não adequados, e por outro a organização deixa de ganhar os benefícios que teria alcançado se esses recursos tivessem sido gastos com os projetos apropriados (CARAZO et al.,2010; MARTINO, 1995).

O tamanho do portfólio também pode ser encontrado na literatura como um dos fatores que contribuem para a complexidade no gerenciamento de portfólio de projetos (TELLER; KOCK, 2013), e com o aumento dessa complexidade, uma base sólida para a tomada de decisão na seleção de portfólio de projetos se torna cada vez mais importante (KOCK; HEISING; GEMÜNDEN, 2016).

Essa base sólida deve ser apoiada em medidas de desempenho, que auxiliam os gestores a tomarem suas decisões embasadas em fatores que contribuirão para o sucesso do portfólio. Uma vez que o projeto é responsável por gerar valor econômico e vantagem competitiva para a empresa, medir o desempenho do portfólio é um aspecto importante e por tais razões, as principais medidas de desempenho para a seleção de portfólio são abordadas na seção seguinte.

### **2.3 Desempenho em gestão de portfólio de projetos**

Na literatura destacam-se quatro objetivos primários da gestão de portfólio, três destes, identificados por Cooper, Edgett e Kleinschmidt (1999) já são bem estabelecidos na literatura acadêmica, provavelmente por serem mais antigos. Esses são: a maximização de valor do portfólio, alinhamento estratégico e o balanceamento de projetos no portfólio (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001; JONAS; KOCK; GEMÜNDEN, 2013).

O quarto objetivo emergente é a preparação para o futuro, que tem ganhado destaque desde que Shenhar et al. (2001) introduziu-a como um critério de sucesso para o gerenciamento de projetos individuais e, depois mais tarde, Meskendahl (2010) expandiu esse conceito também à nível do portfólio de projetos (RANK; UNGER; GEMÜNDEN, 2015).

Alguns autores como Kopmann et al. (2015), (2017) e Jonas, Kock e Gemünden (2013), dividem a maximização de valor em duas medidas de desempenho: sucesso médio dos produtos, que avalia os resultados comerciais esperados para o portfólio, e uso de sinergias, que exploram as interdependências existentes entre os projetos (KOPMANN et al., 2017). Assim, em alguns trabalhos pode se observar a existência de cinco medidas de desempenho ao invés de quatro, como considerado neste trabalho, que segue a divisão clássica proposta por Cooper, Edgett e Kleinschmidt (1999) e já inclui essas subdivisões na avaliação da maximização de valor.

Muitos estudos têm mostrado que considerar somente um desses critérios é insuficiente para alcançar o bom desempenho. Assim, os trabalhos têm desenvolvido portfólios de projetos multidimensionais, que consideram a performance do projeto durante a execução, o alinhamento do portfólio com a estratégia de negócio, a preparação para o futuro e o balanceamento do portfólio de acordo com as capacidades e recursos da companhia (maximização de valor) (VOSS; KOCK, 2013).

Os próximos tópicos abordam essas medidas de desempenho.

### **2.3.1 Maximização de valor**

Maximizar o valor do portfólio é o principal objetivo da maioria das empresas que desenvolvem produtos e projetos (COOPER, 2012). De acordo com Cooper e Edgett (2001), esta dimensão é definida como a alocação de recursos para maximizar o valor global do portfólio em função de um objetivo financeiro, como a lucratividade, retorno sobre investimento, ou probabilidade de sucesso.

O objetivo desta dimensão consiste em selecionar projetos de modo a maximizar a soma dos valores comerciais de todos os projetos ativos em função de algum objetivo comercial (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).

Maximizar o valor do portfólio significa otimizar a relação entre os recursos usados na execução dos projetos e o retorno esperado do portfólio (KESTER et al., 2011; MCNALLY et al., 2009). Essa otimização é um objetivo que analisa a probabilidade do retorno financeiro ao longo do tempo para cada projeto (JUGEND; SILVA, 2013). Assim, maximizar o valor do

portfólio implica em maximizar o sucesso do portfólio de projetos (JONAS; KOCK; GEMÜNDEN, 2013).

Esta medida de desempenho é abordada pela indústria e pesquisadores, principalmente, do ponto de vista financeiro (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999). Entretanto, termos financeiros não refletem os benefícios estratégicos ou capacidades que uma organização pode obter de seus projetos. Isto, conseqüentemente implica na dificuldade na maximização de valor real. Assim, se além do valor econômico do portfólio forem consideradas as outras dimensões, os gestores terão uma visão mais completa do valor do portfólio para a organização (SANCHEZ; ROBERT; PELLERIN, 2008).

### **2.3.2 Alinhamento estratégico**

O propósito do alinhamento estratégico é traduzir a estratégia da empresa em um conjunto de projetos que serão responsáveis por possibilitar sua estratégia de negócio (MCNALLY et al., 2009).

Primeiro, cada projeto no portfólio deve apoiar individualmente a estratégia de negócio da empresa, desta forma, o projeto deve estar alinhado com áreas específicas de mercado ou tecnologia conforme definido pela empresa. Em segundo lugar, um portfólio estrategicamente alinhado tem projetos incorporados que contribuem para alcançar os objetivos estratégicos da empresa. Por exemplo, se uma empresa decidir entrar em um novo mercado, então ela deve ter projetos em seu portfólio que abordem essa oportunidade de mercado (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).

Isto é, o portfólio e os projetos devem ser associados a objetivos estratégicos específicos para garantir que eles adicionem o valor máximo à organização (ARCHER; GHASEMZADEH, 2007).

Assim, dizer que um portfólio apresenta alinhamento estratégico significa que todos os seus projetos refletem as estratégias da organização, como áreas de foco e respectivas prioridades (COOPER; EDGETT, 2001).

No trabalho de Cooper e Edgett (2004) foram consideradas duas variáveis para mensurar o alinhamento estratégico: a avaliação individual dos projetos com as estratégias da empresa e a alocação de recursos dos projetos, refletindo a estratégia de negócios (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).

Um portfólio estrategicamente alinhado está positivamente associado ao desempenho geral de mercado de uma empresa (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).

Apesar da relevância desta dimensão para o desempenho das organizações, apenas 40% dos objetivos dos projetos estão alinhados com a estratégia organizacional (KPMG, 2010; Project Management Institute, 2014; MUSAWIR et al., 2017), dificultando que a organização alcance os resultados esperados.

### 2.3.3 Balanceamento

A ideia de um portfólio equilibrado é baseada na moderna teoria do portfólio de Markowitz (1952), que foi adaptada pela literatura de gerenciamento estratégico (JONAS; KOCK; GEMÜNDEN, 2013).

A dimensão referente ao balanceamento procura alcançar um equilíbrio desejado de projetos em termos de um número de parâmetros. Esses parâmetros podem ser, por exemplo, projetos de baixo e alto risco, longo e curto prazo e tipos de projetos (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001).

Jonas, Kock e Gemünden (2013) definem em seu trabalho o balanceamento como um ajuste do portfólio entre projetos de baixo e alto risco (perspectiva financeira), entre novas e antigas áreas de aplicação (perspectiva estratégica) e entre o uso de tecnologias novas e existentes (perspectiva de conhecimento).

Jugend e Silva (2013) complementam que aspectos referentes ao grau de inovação (radical e incremental), segmentos de mercado que o projeto pretende alcançar e prazos (projetos de longo, médio e curto prazo), também devem ser contemplados nesta dimensão.

O gerenciamento de portfólio lida com a questão de equilibrar os recursos disponíveis com o número de projetos. Erros nesta dimensão, por exemplo, tentando fazer muitos projetos para os recursos limitados disponíveis, resulta em tempos de ciclo mais longos, má qualidade de execução e desempenho insuficiente de novos produtos (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999).

Archer e Ghasemzadeh (1999) relataram em seu trabalho que a proporção de projetos de alto risco não deve ser muito alta devido a sua elevada probabilidade de falha, e falhas em vários projetos pode colocar em risco o futuro da empresa. Por outro lado, projetos de baixo risco não podem proporcionar a alta rentabilidade que os projetos de maior risco possuem, assim o retorno do portfólio deverá ser muito inferior se a seleção de projetos for muito conservadora quanto aos riscos do projeto.

Portfólios com muitos projetos de longo prazo, não importa quão promissor eles são, podem resultar em problemas de ordem financeira (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Enquanto, portfólios sobrecarregados podem levar à perda de foco da estratégia, impactando negativamente o sucesso da empresa (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2004). Alguns estudos sugerem que empresas com portfólios desbalanceados terão grande dificuldade em alinhar o portfólio com a estratégia da empresa e maximizar seu valor, consequentemente (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).

Logo, o equilíbrio “ideal” pode variar de acordo com cada empresa, dependendo da sua estratégia, complexidade e turbulências internas (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).

### **2.3.4 Preparação para o futuro**

Esta dimensão tem sido incluída como um critério de sucesso à nível de portfólio desde 2010, com o trabalho de Meskendahl (2010) (RANK; UNGER; GEMÜNDEN, 2015).

A preparação para o futuro reflete a preparação da organização e sua infraestrutura tecnológica para necessidades futuras (LEVINE, 2005; SHENHAR et al., 2001) e avalia os benefícios e oportunidades de longo prazo proporcionadas pelos projetos, isto é, a criação de novos mercados, desenvolvimento ou aperfeiçoamento de novas tecnologias ou processos (VOSS; KOCK, 2013).

Para Teller e Kock (2013), a preparação para o futuro lida com os aspectos de longo-prazo e considera a capacidade de aproveitar as oportunidades que surgiram após a conclusão dos projetos. Isto é, a preparação para o futuro aborda as oportunidades e os benefícios a longo prazo para a empresa que são criados no portfólio (KOCK; HEISING; GEMÜNDEN, 2016).

Esta dimensão está relacionada com a criação de novos mercados, o desenvolvimento ou melhoramento de novas tecnologias e processos, com a construção de novas competências e à capacidade de reagir à desafios externos como as mudanças de tecnologia e de mercado (ROHRBECK; GEMÜNDEN, 2011).

Em suma, a dimensão correspondente à preparação para o futuro aborda os benefícios e as oportunidades a longo prazo para a organização (KOCK; HEISING; GEMÜNDEN, 2014).

O Quadro 1 apresenta as quatro principais medidas de desempenho para a seleção de portfólios de projetos e seus respectivos objetivos.

Quadro 1- Medidas de desempenho para a seleção de portfólio de projetos.

Medidas de desempenho	Objetivo	Referências
<b>Maximização de valor</b>	Selecionar projetos de modo a maximizar a soma dos valores comerciais de todos os projetos, otimizando a relação entre os recursos usados na execução dos projetos e o retorno esperado do portfólio, em função de um objetivo financeiro, como a lucratividade, retorno sobre investimento, ou probabilidade de sucesso.	(COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001), (KESTER et al., 2009; MCNALLY et al., 2009), (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).
<b>Alinhamento estratégico</b>	Traduzir a estratégia da empresa em um conjunto de projetos que devem ser associados a objetivos estratégicos específicos, a fim de garantir que eles adicionem o valor máximo à organização, refletindo sua estratégia de negócios.	(ARCHER; GHASEMZADEH, 2007), (MCNALLY et al., 2009), (KESTER; HULTINK; GRIFFIN, 2014).
<b>Balanceamento</b>	Alcançar um equilíbrio desejado de projetos em termos de um número de parâmetros, que envolvam a perspectiva financeira (projetos de baixo e alto risco), estratégica (novas e antigas áreas de aplicação), de inovação (radical e incremental) e prazos (longo e curto).	(COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001), (JONAS; KOCK; GEMÜNDEN, 2013), (JUGEND; SILVA, 2013).
<b>Preparação para o futuro</b>	Abordar as oportunidades e os benefícios a longo prazo para a empresa que são criados no portfólio do projeto, refletindo a preparação da organização e sua infraestrutura tecnológica para necessidades futuras	(VOSS; KOCK, 2013), (LEVINE, 2005; SHENHAR et al., 2001), (KOCK; HEISING; GEMÜNDEN, 2016).

Fonte: Autora.

Além de considerar as medidas de desempenho na seleção de portfólios, avaliar as interdependências existentes entre os projetos é importante para otimizá-los.

## **2.4 Interdependências entre projetos**

Na literatura sobre gerenciamento de vários projetos, um dos principais temas é a questão da interação de recursos entre projetos simultâneos, isso por que a alocação de recursos para (e entre) projetos simultâneos e sucessivos é um processo que envolve política, negociações e interpretações, o que é muito complexo. Esse processo ainda pode ser agravado no caso de projetos que se inserem no desenvolvimento de um mesmo produto, devido ao maior número de dependências existentes entre os projetos (ENGWALL; JERBRANT, 2003).

Historicamente muitas ferramentas de seleção de portfólio de projetos tratavam cada projeto isoladamente, desconsiderando suas interdependências. Entretanto, uma vez que o portfólio é composto por um conjunto de projetos que compartilham recursos em um período determinado, esses podem ser complementares, incompatíveis ou produzir sinergias, ao compartilhar custos e benefícios oriundos da execução de mais de um projeto ao mesmo tempo (CARAZO et al., 2010; FOX; BAKER; BRYANT, 1984).

A relação de sinergia ocorre quando a combinação de projetos gera mais valor do que a soma dos resultados dos projetos individuais do portfólio (PLATJE; SEIDEL; WADMAN, 1994). Jonas, Kock e Gemünden (2013), complementam que a exploração de sinergias entre projetos de um determinado portfólio representa uma forma de geração de valor em si. Entretanto, conflitos de alocação de recursos e falta de cooperação entre os projetos impactarão o sucesso do portfólio negativamente, caracterizando o efeito de canibalismo (ENGWALL; JERBRANT, 2003).

Apesar da relevância desse tema, muitas técnicas de seleção de portfólio não consideram as interações de recursos entre os projetos, o que de fato não retrata a realidade da gestão de projetos, onde há a competição por recursos limitados. Assim, as interações dos projetos, sejam dependências diretas ou competição por recursos, devem ser consideradas na seleção de portfólio (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999). Por tais razões apresentadas, a falta de gerenciamento das interdependências, de acordo com Maio, Verganti e Corso (1994), é uma das principais causas de falha na seleção de portfólio.

Assim, uma das principais limitações dos modelos de seleção de portfólio de projetos é o tratamento inadequado de suas interdependências, isto é, os projetos são tratados de maneira

individual, e as relações, tanto benéficas quanto prejudiciais, existentes entre eles não são consideradas, o que de fato não ocorre na prática. Isso pode ser atribuído ao fato de que o desafio de gerenciar um portfólio de projetos é amplificado pela presença dessas interdependências (COLLYER; WARREN, 2009; KILLEN, 2013). Entretanto, considerar as interdependências entre os projetos é importante para maximizar o valor do portfólio, visto que o gerenciamento de todos os projetos do portfólio possibilita o uso de sinergias para a criação de um valor adicional que vai além da gestão de projetos individuais (SANCHEZ; ROBERT; PELLERIN, 2008).

As interdependências, também chamada de interações, são definidas como capacidades necessárias para a entrega bem-sucedida de um projeto individual, que, por extensão, afeta o sucesso do portfólio global. Existem vários tipos de interdependências entre os projetos, tais quais de recursos, benefícios e probabilidade de sucesso (AUDET; MCEWAN; SARGENT, 2002).

As interações de recursos, também denominadas de interações de custos, ocorrem quando o total de recursos necessário do portfólio não pode ser representada pela soma de seus investimentos individuais. Isso ocorre quando os projetos compartilham os mesmos recursos, possibilitando uma economia de custos, caso mais de um projeto seja selecionado (CANBAZ; MARLE, 2016).

Há casos em que é menos dispendioso conduzir um par de projetos do que conduzi-los separadamente, pois eles podem compartilhar instalações, equipamentos, esforço de pesquisa e outros recursos (AAKER; TYEBJEE, 1978). Como o exemplo retirado de Schmidt (1993) em que se tem a situação que o projeto A compartilha recursos com o projeto B, o que possibilita uma economia caso os dois projetos sejam selecionados.

Já as interações de benefícios ocorrem se a quantidade total dos benefícios (resultados esperados) dos projetos que são executados simultaneamente é diferente da situação em que os projetos são executados individualmente. Se os projetos são complementares essa interação é positiva (efeito de sinergia), se eles são competitivos a diferença é negativa (canibalismo) (CANBAZ; MARLE, 2016).

E por fim, as interações de resultados ocorrem se a probabilidade de sucesso de um projeto muda quando outro projeto é considerado no mesmo portfólio

Para facilitar a avaliação dessas interações, a literatura apresenta algumas técnicas como o mapa de interdependência do projeto, que consiste em uma representação gráfica básica que ilustra as influências externas sobre os projetos, o diagrama da linha do tempo, que também é uma representação gráfica que avalia as relações em períodos de tempo e as matrizes de

dependências, que é uma ferramenta muito utilizada nos modelos matemáticos (AUDET; MCEWAN; SARGENT, 2002). Essas matrizes permitem visualizar as interdependências em uma grade bidimensional que exibe dependências entre cada par de projetos existentes no portfólio (KILLEN, 2013; DANILOVIC; BROWNING, 2007; DICKINSON; THORNTON; GRAVES, 2001). A matriz de dependência é uma matriz quadrada, dada em função do número de projetos. Cada projeto representa uma coluna e uma linha, ordenados identicamente (DICKINSON; THORNTON; GRAVES, 2001).

Dado que os valores dessas dependências geralmente são estimados pelos gestores da empresa, o que prejudica a realização de cálculos exatos, os resultados devem ser analisados cuidadosamente, levando em consideração a incerteza dos dados (CANBAZ; MARLE, 2016).

Visto a relevância das interdependências, é importante empregar métodos de seleção de portfólio adequados que sejam capazes de considerar essas relações em seus métodos. Os principais métodos de seleção de portfólio são abordados na seção 2.5.

## **2.5 Principais métodos de seleção de portfólio**

Devido à complexidade e caráter estratégico do portfólio, o uso de métodos formais de gestão de portfólio é adequado para avaliar simultaneamente a estratégia, mercado, tecnologia e fatores de risco, bem como o retorno financeiro do portfólio (VERBANO; NOSELLA, 2010). Como observado no trabalho de Jugend, Barbalho e Silva (2016), são diversas as pesquisas nacionais e internacionais sobre gestão de portfólio de projetos que recomendam a aplicação de mecanismos formais e sistematizados para a sua gestão, uma vez que o uso de métodos formais para a seleção de projeto aumenta a probabilidade de sucesso nos negócios, melhorando os resultados de vendas e aumentando os lucros, por exemplo (DUTRA; RIBEIRO; CARVALHO, 2014).

Os processos de seleção podem ser baseados em critérios qualitativos, quantitativos e gráficos, são utilizados para auxiliar tomada de decisões, justificando investimentos de capital e alocações de recursos (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012).

Existem muitas ferramentas que podem ser utilizadas para auxiliar a escolha certa dos projetos que comporão o portfólio (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001). Dentre esses métodos, podem-se destacar como mais conhecidos e utilizados os financeiros, de pontuação, de ranqueamento, além dos *roadmaps*, gráficos e diagramas de bolhas (JUGEND; BARBALHO; SILVA, 2016).

Entretanto, como a maioria das ferramentas não é capaz de contemplar todas medidas de desempenho necessárias para os projetos, vários autores enfatizam a tendência nas organizações de combinar diferentes métodos para atender aos requisitos que asseguram o sucesso da seleção de projetos (DUTRA; RIBEIRO; CARVALHO, 2014).

Embora fora observado nos trabalhos de Henriksen e Traynor (1999) e Adams, Bessant e Phelps (2006) que muitos modelos matemáticos não tenham sido utilizados na prática pelas empresas (JUGEND; BARBALHO; SILVA, 2016), percebe-se que nos últimos anos, a programação matemática e os modelos de seleção de projeto têm apresentado importante destaque, pois tem se tornado mais práticos e realistas (DICKINSON; THORNTON; GRAVES, 2001).

Nota-se uma ampla variedade de ferramentas disponíveis para auxiliar a etapa de seleção de portfólio, contudo não há consenso sobre qual método é mais eficaz (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Os tópicos seguintes apresentam brevemente os principais métodos de seleção de portfólio de projetos na atualidade.

### **2.5.1 Método financeiro**

Esses métodos classificam ou selecionam os projetos baseados em vários índices financeiros, como por exemplo, no valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback* (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999).

Através dessas ferramentas é possível medir o retorno esperado do projeto e fornecer indicadores para analisá-los, classificá-los e priorizá-los. Por exemplo, os projetos que apresentam melhores retornos em termos de valor presente líquido e taxa interna de retorno, podem ser priorizados (JUGEND; SILVA, 2013).

Embora os métodos financeiros sejam os mais populares, entre as empresas, para a seleção de portfólio de projetos (BLAU et al., 2004), Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2004) relataram que as empresas que dependem exclusivamente desses métodos para a tomada de decisão de seleção de projetos apresentam pior desempenho em relação às outras empresas. Esse tipo de avaliação não é capaz de medir com precisão o impacto de longo prazo de uma inovação tecnológica, especialmente, inovação do tipo radical (BLAU et al., 2004). Assim, utilizar somente este tipo de avaliação pode desencorajar a execução de projetos mais inovadores ou de maior risco (JUGEND; SILVA, 2013).

A adoção dos métodos financeiros facilita a análise da relação entre recursos usados e retornos projetados dos projetos, entretanto a aplicação desses métodos contribui somente com o objetivo de maximização de valor (JUGEND; SILVA, 2013).

### 2.5.2 Modelo de pontuação, *checklist* e classificação

De acordo com Archer e Ghasemzadeh (2007), os modelos de pontuação podem ser considerados como os mais fáceis de se aplicar entre todos os métodos de gestão de portfólio. Esse método considera mais de um critério e pode combinar fatores qualitativos e quantitativos (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012).

O Project Management Institute (2008b) usa esse tipo de modelo como processo padrão para avaliação, seleção e priorização de componentes de portfólio. O padrão de avaliação apresenta um modelo de pontuação que compreende critérios-chave ponderados em uma escala de 1-5-10 para cada critério e depois avalia os componentes de acordo com os grupos de critérios (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012). Esses critérios geralmente são relacionados ao custo, disponibilidade de força de trabalho e probabilidade de sucesso (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999), e os projetos são classificados de acordo com a pontuação atingida em cada critério considerado (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999).

Entretanto, neste modelo não são considerados os problemas de atribuição de peso para cada critério, podendo apresentar resultados tendenciosos (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012).

Por exemplo, é possível que um funcionário atribua uma pontuação alta para o projeto que ele ou um amigo tenha proposto. As pessoas que avaliam os projetos também podem apresentar um conhecimento superficial do projeto. Logo, esses fatos podem comprometer a tomada de decisão a respeito do portfólio (JUGEND; SILVA, 2013).

E além disso, os modelos de *checklist* e pontuação negligenciam as interdependências entre os projetos, o que pode impactar negativamente o resultado final (COULON et al., 2009).

A grande vantagem do método, é que devido ao fato dos projetos serem avaliados individualmente, novos projetos podem ser adicionados ou excluídos, sem prejudicar as avaliações já realizadas (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Com o estabelecimento de critérios de pontuação e os mecanismos de classificação, esses modelos podem ser utilizados para analisar a dimensão referente ao alinhamento

estratégico existente entre os projetos e a estratégia da empresa. Além disso, esses modelos também estabelecem perspectivas e critérios que podem facilitar a análise e tomada de decisão em relação às características técnicas, de mercado e de risco, associadas com os projetos.

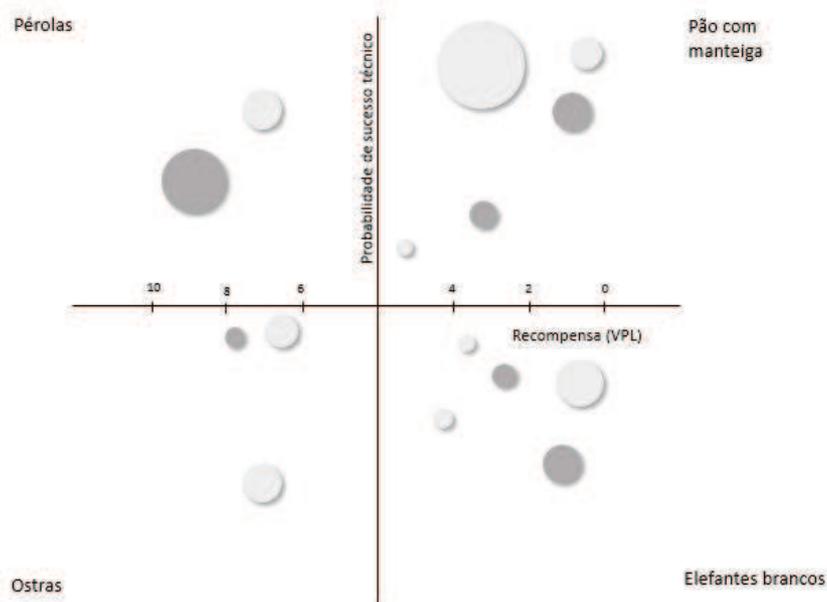
### **2.5.3 Diagrama de bolhas**

Um dos métodos mais utilizados para analisar o balanceamento do portfólio é o diagrama de bolhas (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 2001), que é uma ferramenta gráfica que apresenta o perfil risco-recompensa do portfólio, em que o eixo horizontal representa a recompensa da empresa, e o eixo vertical a sua probabilidade de sucesso, constituindo os quatro quadrantes (pérolas, ostras, elefantes brancos e pão com manteiga) (PADOVANI; CARVALHO; MUSCAT, 2012). Estes critérios permitem que a matriz retrate não apenas os pontos fortes e fracos de uma empresa, mas também vincule suas capacidades distintas à percepção da satisfação do cliente (MIKKOLA, 2001).

Os projetos são representados por bolhas, e seu tamanho representa os recursos comprometidos para sua execução. Para os projetos que estão em estágio inicial, utiliza-se o sombreado mais claro, enquanto os projetos que se encontram mais avançados apresentam sombreado mais escuro (COOPER, 2012).

Estes critérios permitem que a matriz retrate não apenas os pontos fortes e fracos de uma empresa, mas também vincule suas capacidades distintas à percepção da satisfação do cliente.

Figura 3 - Diagrama de bolhas.



Fonte: Cooper (2012).

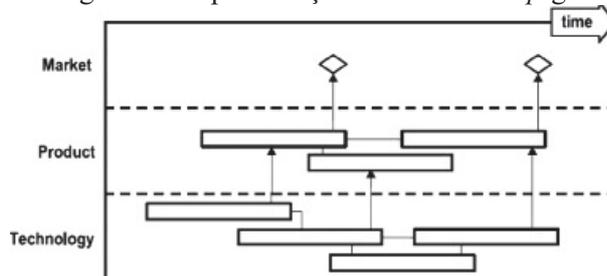
#### 2.5.4 Roadmaps

Os *roadmaps* são métodos visuais que indicam quais produtos e tecnologias serão desenvolvidas ao longo do tempo. O uso dos *roadmaps* pode melhorar a visualização dos projetos e mercados, facilitando não só as análises de alinhamentos dos projetos com a estratégia da empresa, mas também o planejamento de inovações incrementais e radicais ao longo do tempo, contemplando os objetivos de balanceamento do portfólio e alinhamento estratégico (JUGEND; SILVA, 2013). Essa abordagem é projetada para garantir que a lista de projetos contribua para a realização dos objetivos e estratégias organizacionais (COOPER, 2012).

A forma gráfica dos *roadmaps* é um poderoso mecanismo de comunicação, entretanto, as informações apresentadas são muito condensadas. Portanto, o *roadmap* deve ser apoiado por uma documentação apropriada (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004).

O *roadmap* mais genérico apresenta uma linha horizontal, que representa o tempo, e três camadas: mercados, produtos e tecnologia, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Representação de um *roadmap* genérico.



Fonte: Phaal, Farrukh e Probert (2001).

### 2.5.5 Modelos de otimização

O processo de seleção de projetos também pode ser realizado através dos modelos matemáticos de programação. Os modelos de otimização baseiam-se em ferramentas de pesquisa operacional para otimização e usam algum método de programação matemática para selecionar um conjunto de projetos que ofereçam um benefício máximo. O problema consiste em maximizar ou minimizar uma função objetivo sem violar as restrições consideradas. Sua formulação consiste na definição das variáveis de decisão, função objetivo e restrições (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012).

Os modelos de seleção de portfólio originais dos anos 1960 e 1970 eram altamente matemáticos e empregavam técnicas de programação linear, dinâmica e inteira. O objetivo era desenvolver um portfólio de projetos visando maximizar alguma função objetivo (por exemplo, os lucros esperados) sujeita a um conjunto de restrições de recursos (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999).

Esses modelos selecionam da lista de projetos candidatos um conjunto que oferece um benefício máximo (por exemplo, valor presente líquido máximo), sendo geralmente baseados em alguma forma de programação matemática, para suportar o processo de otimização e para incluir interações do projeto, como dependências e restrições de recursos, interações técnicas e de mercado (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Os modelos de otimização também podem ser usados com outras abordagens que calculam valores dos benefícios do projeto. Por exemplo, a programação linear, ou não-linear, inteira 0-1, pode ser usada para lidar com medidas qualitativas e objetivos múltiplos, ao mesmo tempo em que aplica a utilização de recursos, a interação do projeto e outras restrições (GHASEMZADEH; IYOGUN; ARCHER, 1996).

O alto potencial das técnicas de otimização matemática baseia-se na sua capacidade de personalização de acordo com as necessidades da empresa considerada (CABALLERO; CHOPRA; SCHMIDT, 2012), e em seu ponto de vista abrangente, uma vez que a pesquisa operacional considera uma visão organizacional, tentando solucionar conflitos para que a melhor solução seja obtida (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

Além disso, é possível considerar múltiplos objetivos para a seleção de portfólio, contemplando às quatro principais medidas de desempenho, além das interdependências existentes entre os projetos, que podem ser devido à contribuição de valor, utilização de recursos ou exclusão mútua. Ademais, restrições de recursos como disponibilidade de capital e força de trabalho devem ser considerados no horizonte de planejamento, tornando o processo de seleção muito mais completo (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999). Uma grande vantagem da otimização frente às outras ferramentas é a sua possibilidade de atender à todas essas dimensões utilizando-se uma única ferramenta.

Dado o potencial dos modelos de otimização, o presente trabalho fará o uso desta ferramenta, visando contemplar as quatro medidas de desempenho do portfólio e as interdependências existentes entre os projetos, anteriormente apresentadas, possibilitando que os gestores possam fazer uso de uma única ferramenta para apoiar suas decisões referentes à seleção de portfólio de projetos.

Este assunto será abordado em mais detalhes no item 2.6.

## **2.6 Otimização e seleção de portfólio**

O primeiro trabalho a discutir a seleção de portfólio de maneira matemática foi o *“Portfolio Selection”* publicado em 1952 por Harry Markowitz. O artigo está inserido no setor financeiro e considera a segunda etapa no processo de seleção de um portfólio, que se inicia com as crenças relevantes sobre os títulos envolvidos e termina com a seleção do portfólio. Em seu trabalho, o autor combina probabilidade e teorias de programação para analisar a performance dos agentes econômicos. Esta teoria permitiu a determinação de uma seleção de investimentos que geram a maximização dos retornos dos investimentos. Posteriormente, esse conceito foi expandido para a gestão de projetos, tornando-se a base do gerenciamento de portfólio de projetos. (SANCHEZ; ROBERT; PELLERIN, 2008).

De acordo com o trabalho de Gear, Lockett e Pearson (1971), um dos primeiros trabalhos que fez uso de otimização para a seleção de projetos foi *“A Dynamic Programming*

*Approach to R and D Budgeting and Project Selection*” publicado em 1962 por S.W. Hess. No trabalho de Hess (1962) utilizou-se a programação dinâmica a fim de se determinar as despesas dos projetos de pesquisa de desenvolvimento, desconsiderando as restrições orçamentárias, e cujo objetivo corporativo visava a maximização do valor presente de todos os fluxos de caixa.

A partir de então, a otimização tem se tornado mais frequente nos trabalhos de seleção de portfólios, principalmente no final dos anos 1980, e além da programação dinâmica, outras técnicas de programação, tais quais linear (GUTJAHR et al., 2010), não-linear (DICKINSON; THORNTON; GRAVES, 2001), inteira (CHEN; ASKIN, 2009), quadrática (KAVADIAS; LOCH, 2009) e lógica *fuzzy* (AMIRI, 2010), têm sido utilizadas amplamente na seleção de portfólios.

Os primeiros trabalhos apresentavam uma abordagem mais simples, se preocupando principalmente com a dimensão referente à maximização de valor, e focavam, de acordo com Okpala (1991) em ferramentas e valores quantitativos, como fluxo de caixa, valor presente líquido, retorno sobre investimento e período de *payback*.

Entretanto, como apresentado, para aumentar a probabilidade de sucesso do portfólio, há a necessidade de incorporar as demais medidas de desempenho fundamentais da seleção de portfólio, e com o amadurecimento deste tema, observa-se assim, uma evolução nos modelos a fim de torná-los mais completos. Logo, Canbaz e Marle (2016) apresentaram em seu trabalho um modelo de otimização não-linear abrangendo as seguintes dimensões: maximização de valor, balanceamento e alinhamento estratégico, cujo objetivo é aumentar a performance do portfólio de projetos através da seleção e combinação correta dos projetos levando em consideração suas interdependências.

Embora na literatura, nota-se uma maior utilização da otimização linear, os problemas práticos de otimização frequentemente envolvem comportamento não-linear, que deve ser levado em consideração, visto que a maioria dos modelos que retratam problemas reais apresentam algum grau de não-linearidade em sua formulação. Às vezes, essa não-linearidade pode ser ajustada à um modelo de programação linear, contudo a melhor abordagem, muitas vezes, é usar uma formulação de programação não-linear para o problema (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

Apesar das inúmeras vantagens da otimização para a seleção de portfólio, com o passar dos anos, o nível de complexidade dos trabalhos tem aumentado, visto que os projetos têm se tornado mais complexos e o portfólio deve incluir uma grande quantidade de projetos relacionados por várias interdependências, sujeitos à inúmeras restrições (CANBAZ; MARLE, 2016).

Em contrapartida à esse aumento de complexidade, as dificuldades computacionais relatadas nos primeiros trabalhos envolvendo programação e seleção de portfólio foram contornadas através dos avanços tecnológicos, que possibilitam processamento computacional cada vez mais rápidos, e da melhoria de procedimentos de soluções heurística e exata para resolver esses modelos (ÖZDAMAR; ULUSOY, 1995; HERROELEN; REYCK; DEMEULEMEESTER, 1998; HARTMANN; KOLISCH, 2000; KOLISCH; PADMAN, 2001; LASLO, 2010), o que contribui para que esses possam ser incorporados mais facilmente ao dia-a-dia no ambiente corporativo.

### CAPÍTULO 3 - MÉTODO DE PESQUISA

A fim de se justificar esta pesquisa realizou-se uma revisão bibliográfica nas bases de dados *Scopus* da *Elsevier* e *Web of Science* da *Thomson Reuters* em abril de 2017 sobre o tema seleção de portfólio e otimização não-linear a fim de ser verificar as tendências e o que já fora investigado na literatura.

Após a aplicação de filtros de pesquisa e critérios de exclusão para artigos que não se enquadrassem adequadamente ao tema, os artigos selecionados foram lidos e analisados a fim de encontrar algum *gap*.

Assim, notados o crescente reconhecimento da etapa de seleção de projetos no gerenciamento de portfólios, a influência das quatro principais medidas de desempenho na etapa de seleção e o fato da ferramenta de otimização não-linear modelar matematicamente situações práticas, visto que a maioria dos problemas reais são de caráter não-linear, definiu-se o tema desta pesquisa.

Após a leitura dos artigos que se enquadravam neste escopo, selecionou-se o artigo “*Construction of project portfolio considering efficiency, strategic effectiveness, balance and project interdependencies*” escrito por Canbaz e Marle (2016), que apresenta um modelo de otimização não-linear para a seleção de portfólio.

Como o referido modelo incluía em sua modelagem as três principais medidas de desempenho para a seleção de portfólios, maximização de valor, alinhamento estratégico e balanceamento, a fim de tornar sua abordagem mais completa, após algumas simulações decidiu-se introduzir a quarta dimensão referente à preparação para o futuro como uma restrição ao modelo.

Outro ponto que fora verificado foi que o modelo apresentado por Canbaz e Marle (2016) fora testado apenas com dados randômicos, assim, após a realização de testes do novo modelo com dados randômicos, buscando-se verificar sua aplicabilidade, contou-se com a utilização de dados reais oriundos de uma empresa.

Para a etapa de coleta de dados, propôs-se a realização de uma entrevista, em que todas as variáveis já consideradas no modelo, e as que ainda seriam introduzidas, foram avaliadas para a elaboração de um guia de entrevista (ANEXO I), que contempla as quatro medidas de desempenho do portfólio e as interdependências existentes entre os projetos. Para as medidas de maximização de valor, alinhamento estratégico e balanceamento as questões do guia foram elaboradas de acordo com as variáveis consideradas no trabalho de Canbaz e Marle (2016) para

estas dimensões, com a ressalva de que se notou a importância de avaliar a relação entre projetos de inovação radical e incremental na dimensão de balanceamento.

Já para a medida de desempenho de preparação para o futuro, introduzida no modelo proposto neste trabalho, as variáveis foram fundamentadas com base na literatura acadêmica que abordam essa dimensão. Para a coleta de dados da referida dimensão, considerou-se três questões embasadas nos trabalhos de Meskendhal (2010) e Voss e Kock (2013):

**Q1)** Quanto cada projeto capacita o desenvolvimento de novas tecnologias para a empresa?

**Q2)** Quanto cada projeto contribui para o desenvolvimento de novos mercados para a companhia?

**Q3)** Quanto cada projeto contribui para que a empresa esteja a frente de seus competidores?

Finalizado o guia, uma comparação entre o modelo de Canbaz e Marle (2016) e o modelo proposto neste trabalho foi realizada, e dois testes pilotos foram executados com duas empresas que lidam com portfólios de projetos.

Após a coleta de dados, os mesmos foram organizados, isto é, as variáveis que foram utilizadas para avaliar as interdependências entre os projetos,  $U^i$ ,  $V^r$  e  $P$  foram transformados em matrizes e as restrições existentes relatadas foram transcritas matematicamente.

Organizados os dados, o modelo com as quatro dimensões foi implementado no *software* GAMS.

## CAPÍTULO 4 - O MODELO MATEMÁTICO

O modelo de otimização não-linear inteiro misto proposto neste trabalho, além de considerar as interações entre os projetos, considera as medidas de desempenho de maximização de valor, alinhamento estratégico e balanceamento, seguindo o trabalho de Canbaz e Marle (2016) e adiciona a medida de desempenho de preparação para o futuro, resultando em um modelo completo que até então não havia sido encontrado na literatura.

### 4.1 Nomenclatura

Os parâmetros e as variáveis de decisão utilizadas neste trabalho são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Parâmetros.

$R$	Número total de <i>outputs</i> ;
$I$	Número total de <i>inputs</i> ;
$x_i$	Quantidade de <i>inputs</i> $i$ necessários para o portfólio, $i = 1, \dots, I$ ;
$y_r$	Quantidade de <i>outputs</i> $r$ esperados para o portfólio, $r = 1, \dots, R$ ;
$n$	Número total de projetos;
$Max$	Número máximo de projetos no portfólio;
$Min$	Número mínimo de projetos no portfólio;
$Max_j$	Número máximo de projetos no portfólio dependente do projeto $j$ , $j = 1, \dots, n$ ;
$Min_j$	Número mínimo de projetos no portfólio dependente do projeto $j$ , $j = 1, \dots, n$ ;
$O$	Número total de objetivos organizacionais;
$S$	Matriz de pontuação dos objetivos organizacionais;
$s_{jo}$	Pontuação do projeto $j$ , $j = 1, \dots, n$ , em relação ao objetivo $o$ , $o = 1, \dots, O$ ;
$MinScore_o$	Pontuação mínima do portfólio para o objetivo $o$ , $o = 1, \dots, O$ ;
$FUT$	Número total de questões para a preparação para o futuro;
$F$	Matriz de pontuação para a preparação para o futuro $fut$ , $fut = 1, \dots, FUT$ .
$s_{j\text{fut}}$	Pontuação do projeto $j$ , $j = 1, \dots, n$ , em relação à preparação para o futuro, $fut = 1, \dots, FUT$ ;

$MinScore_{fut}$	Pontuação mínima a ser alcançada para a preparação para o futuro $fit$ , $fit = 1, \dots, FUT$ ;
$R_i$	Orçamento de recursos para o <i>input</i> $i$ , $i = 1, \dots, I$ ;
$Q_r$	Limite mínimo esperado para o <i>output</i> $r$ , $r = 1, \dots, R$ ;
$U^i$	Orçamento de recursos para o <i>input</i> $i$ , $i = 1, \dots, I$ ;
$u_{hj}^i$	Interação dos projetos para o <i>input</i> $i$ , $i = 1, \dots, I$ , dos projetos $h$ e $j$ , $h, j = 1, \dots, n$ ;
$V^r$	Matriz de interação de benefício do <i>output</i> , $r = 1, \dots, R$ ;
$v_{ji}^r$	Interação de resultados $r$ , $r = 1, \dots, R$ , dos projetos $j$ e $i$ , $j, i = 1, \dots, n$ ;
$P$	Matriz de interação de probabilidade de sucesso.
$p_{kl}$	Interação de probabilidade de sucesso dos projetos $k$ e $l$ , $k, l = 1, \dots, n$ ;
$D_j$	Domínio das variáveis $z_j$ , $D_j = \{0, 1\}$ , $j = 1, \dots, n$ .

Tabela 2 - Variável de decisão.

$z_j$	Elemento binário que representa a seleção do projeto $j$ no portfólio, $z_j = \begin{cases} 1, & \text{se o projeto } j \text{ pertencer ao portfólio } z \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$
-------	---

## 4.2 Função objetivo

No modelo de Canbaz e Marle (2016) as três medidas de desempenho consideradas são:

- Maximização de valor;
- Alinhamento estratégico;
- Balanceamento.

Segundo os autores, neste problema multiobjetivo, a função objetivo é dada pela maximização de valor, uma vez que, de acordo com Cooper (2012) este é o objetivo principal da maioria das empresas que desenvolvem produtos e projetos. E, as outras duas dimensões referentes ao alinhamento estratégico e balanceamento são tratadas como restrições no modelo.

Seguindo a modelagem proposta e com o propósito de tornar o modelo mais completo, a quarta medida de desempenho que corresponde à preparação para o futuro, foi adicionada ao modelo de Canbaz e Marle (2016) e também foi tratada como uma restrição.

Logo, a seleção dos projetos que irão compor o portfólio deverá maximizar seu valor, sem violar as restrições de alinhamento estratégico, balanceamento e preparação para o futuro.

A função objetivo tem por finalidade maximizar a receita gerada pelo portfólio, dada pela diferença do resultado total esperado e o investimento total do portfólio (1).

$$\text{Maximizar (receita)} = \sum_{r=1}^R y_r - \sum_{i=1}^I x_i \quad (1)$$

Em que  $y_r$  e dado em (2) e representa os resultados esperados para o portfólio.

$$y_r = \sum_{j=1}^n z_j \left( \sum_{l=1}^n z_l p_{jl} \right) \left[ v_{jj}^r + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji}^r z_i \left( \sum_{l=1}^n p_{il} z_l \right) \right] \quad (2)$$

Como apresentado anteriormente na Tabela 1, o portfólio é representado por um elemento binário,  $z$ , e seus subíndices,  $j, l, i, h$ , representam os projetos. Assim, se o projeto  $j$  pertencer ao portfólio  $z$ , logo  $z_j = 1$ , caso contrário  $z_j = 0$ .

No modelo a matriz de interação de benefícios do resultado esperado  $r$  é dada por  $V^r$ ,  $r=1, \dots, R$  cujos elementos da diagonal principal,  $v_{jj}^r$ ,  $j=1, \dots, n$ ,  $j \neq i$  representam a quantidade direta do *output*  $r$  para o projeto individual  $j$ , e os elementos fora da diagonal principal,  $v_{ji}^r$ ,  $j, i=1, \dots, n$ , representam a interação de benefício do *output*  $r$  entre os projetos  $j$  e  $i$ . Por questões de modelagem, a matriz  $V^r$  é uma matriz triangular inferior, ou seja  $v_{ji}^r = 0$ , se  $j > i$ .

Já as interações de resultados dada pela matriz de probabilidade de sucesso  $P$ , ocorrem se a probabilidade de sucesso de um projeto muda quando outro projeto é considerado no mesmo portfólio. Os elementos da diagonal principal da matriz  $P$ ,  $p_{kk}$ ,  $k=1, \dots, n$ , representam a probabilidade de sucesso do projeto  $k$ , enquanto os demais elementos  $p_{kl}$ ,  $k, l=1, \dots, n$ ,  $k \neq l$  representam a probabilidade de sucesso do projeto  $k$  quando o projeto  $l$  está incluso no mesmo portfólio. A matriz  $P$  é não singular e não é simétrica, visto que a influência do projeto  $k$  sobre o projeto  $l$  pode não ser a mesma influência que o projeto  $l$  exerce sobre o projeto  $k$  (CANBAZ; MARLE, 2016).

Os outros termos da função objetivo  $x_i$ , representam a quantidade de investimentos (*inputs*),  $x_i$ ,  $i=1, \dots, I$ , necessários para o portfólio dado por (3).

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_j u_{jj}^i + \sum_{j=1}^n \sum_{h=j+1}^n z_j z_h u_{hj}^i \quad (3)$$

As interações de recursos, ocorrem quando os projetos compartilham os mesmos recursos, possibilitando uma economia de custos, caso mais de um projeto seja selecionado. No modelo apresentado,  $U^i$  é definida como a matriz de interação dos recursos (*inputs*)  $i$ , cujos elementos da diagonal principal  $u_{jj}^i$ ,  $j=1, \dots, n$ , representam a quantidade de recursos (*inputs*)  $i$  que é necessária para a execução individual do projeto  $j$ , enquanto os demais elementos  $u_{hj}^i$ ,  $h, j=1, \dots, n$ ,  $h \neq j$  representam as interações de recursos dos investimentos  $i$  entre os projetos  $h$  e  $j$ . A matriz  $U^i$ , por questões de formulação, é caracterizada como uma matriz triangular inferior ( $u_{hj}^i=0$ , se  $j > h$ ) (CANBAZ; MARLE, 2016).

### 4.3 Restrições

Como já citado no início deste capítulo, a fim de se atender as principais dimensões da seleção de portfólio de projetos, conforme proposto por Canbaz e Marle (2016), a medida de desempenho referente a maximização de valor será tratada através da função objetivo, enquanto as demais dimensões serão abordadas como restrições.

Assim, respeitando a modelagem considerada por Canbaz e Marle (2016), a adição da quarta medida de desempenho referente à preparação para o futuro se dará da mesma forma: tratando-a como uma restrição.

Inicialmente, iremos apresentar as restrições referentes ao alinhamento estratégico e balanceamento já abordadas no modelo de Canbaz e Marle (2016).

#### 4.3.1 Restrições de balanceamento do portfólio

A fim de se controlar quais projetos devem ser executados simultaneamente no mesmo portfólio, e quais não devem ser, definem-se as restrições de balanceamento. As restrições consideradas nesta medida de desempenho avaliam o equilíbrio entre projetos de baixo e alto risco, projetos de inovação radical e incremental e projetos de curto e longo prazos.

Essa avaliação é importante pois, por exemplo ao lançar um portfólio que a maioria dos projetos é de alto risco, a probabilidade de falha em se alcançar os objetivos do portfólio se torna muito elevada. Por outro lado, projetos de baixo risco não proporcionam a alta rentabilidade que os projetos de alto risco oferecem, assim o retorno do portfólio deverá ser muito inferior, prejudicando o futuro da empresa.

Além de avaliar os *trade-offs* já mencionados, nesta dimensão é importante considerar o equilíbrio dos recursos disponíveis com o número de projetos, pois caso os projetos selecionados compartilhem dos mesmos recursos escassos o desenvolvimento de ambos pode ser prejudicado, devendo-se evitar este cenário. Em contrapartida, caso os projetos sejam complementares (efeito de sinergia) é preferível que eles sejam executados simultaneamente, visto que ambos irão se beneficiar, gerando valor adicional ao portfólio.

Com essas restrições de balanceamento é possível controlar a diversidade dos projetos que irão compor o portfólio, ajudando a construir um portfólio balanceado e expressar as restrições de exclusão ou inclusão mútua (CANBAZ; MARLE, 2016).

Para representar as restrições de exclusão ou inclusão mútua são utilizadas restrições condicionais, em que variáveis binárias são utilizadas para estabelecer relações de lógica. Entretanto, para que essas restrições sejam utilizadas, elas precisam ser tratadas matematicamente, e para isso faz-se o uso das relações lógicas de Arenales et al. (2011).

Exemplificando, ao avaliar um determinado *trade-off*, observou-se que o projeto C deve ser sempre incluído no portfólio quando o projeto A já compor o portfólio. Logo, a respectiva restrição condicional que representa o caso de inclusão mútua é dada por (4), em que  $z_A$  e  $z_C$  são variáveis binárias.

$$\text{SE } z_A = 1, \text{ ENTÃO } z_A + z_C = 2 \quad (4)$$

As restrições lógicas consideradas neste trabalho foram tratadas matematicamente, como apresentado em Arenales et al. (2011). Assim, Reescrevendo (4) matematicamente, tem-se:

$$z_A \leq z_C \quad (4a)$$

Por outro lado, quando avaliado um *trade-off* verificar-se que a execução de um projeto prejudica a execução dos demais, caracterizar-se-á um caso de exclusão mútua.

Exemplificando, se os projetos E e B e E e C são ambos mutuamente exclusivos, logo somente um desses projetos poderá ser selecionado, como representa a relação (5), em que  $z_B$ ,  $z_C$  e  $z_E$  são variáveis binárias.

$$\text{SE } z_E = 1, \text{ ENTÃO } z_E + z_C + z_B = 1 \quad (5)$$

Reescrevendo (5) matematicamente, tem-se:

$$z_B + z_E \leq 1 \quad (5a)$$

$$z_C + z_E \leq 1 \quad (5b)$$

#### 4.3.2 Restrições de alinhamento estratégico

As restrições de alinhamento estratégico serão responsáveis por garantir os ajustes econômicos e estratégico e a viabilidade do portfólio (CANBAZ; MARLE, 2016).

Essas restrições serão divididas em quatro tipos: tamanho do portfólio, limiar de *inputs* e *outputs*, objetivos estratégicos e projetos mandatórios.

As organizações podem ter preferências por um número máximo e/ou mínimo de projetos para um portfólio, isso caracteriza as restrições de tamanho. Essas considerações são importantes para manter o portfólio viável e evitar, por exemplo, que um portfólio que não atenda o limite mínimo de projetos não seja capaz de gerar o retorno esperado pela empresa. As restrições (6) e (7) representam os limites superior e inferior do número de projetos do portfólio, respectivamente.

$$\sum_{j=1}^n z_j \leq Max \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \geq Min \quad (7)$$

Entretanto, os limites de tamanho do portfólio também podem variar de acordo com a complexidade dos projetos. Se um projeto é muito complexo, a empresa pode considerar ter um outro valor de limite máximo de projetos, caso este projeto faça parte do portfólio, por exemplo. Do mesmo modo, a empresa pode considerar um projeto muito simples de ser executado, sendo

necessário reavaliar o número mínimo de projetos necessários para a organização alcançar seus objetivos caso o referido projeto seja considerado, como modelado pelas restrições (8) e (9).

As restrições (8) e (9) por se tratarem de restrições lógicas, devem ser tratadas matematicamente por (8a) e (9a), como proposto por Arenales et al. (2011).

$$\text{SE } z_j = 1, \text{ ENTÃO } \sum_{j=1}^n z_j \leq \text{Max}_j, j = 1, \dots, n \quad (8)$$

Reescrevendo (8) matematicamente, tem-se:

$$\sum_{j=1}^n z_j \leq \text{Max}_j z_j + \text{Max}(1 - z_j) \quad (8a)$$

$$\text{SE } z_j = 1, \text{ ENTÃO } \sum_{j=1}^n z_j \geq \text{Min}_j, j = 1, \dots, n \quad (9)$$

Reescrevendo (9) matematicamente, tem-se:

$$\sum_{j=1}^n z_j \geq \text{Min}_j z_j + \text{Min}(1 - z_j) \quad (9a)$$

Nas restrições (6) e (7) os limites do tamanho do portfólio são definidos independentemente dos projetos e suas características. Já nas restrições (8) e (9) os limites são definidos levando em consideração as características de um projeto específico  $j$  incluso no portfólio.

Geralmente, as organizações não estão hábeis a investir mais do que uma certa quantidade de *inputs*, representados por  $R_i$ ,  $i = 1, \dots, I$ . Além disso, espera-se obter uma quantidade mínima de *outputs* do portfólio, representado por  $Q_r$ ,  $r = 1, \dots, R$ . As restrições (10) e (11) representam as restrições do limiar de *inputs* e *outputs*, respectivamente.

$$x_i \leq R_i \quad (10)$$

$$y_r \geq Q_r \quad (11)$$

Toda companhia visa relacionar seu portfólio de projetos com suas estratégias de negócio, com o objetivo principal de manter o alinhamento do portfólio com a estratégia organizacional. A fim de garantir o alinhamento estratégico do portfólio, incluiu-se a restrição de objetivo estratégico, e para isso utilizou-se uma matriz de pontuação,  $S=(s_{jo})_{n \times O}$  (CANBAZ; MARLE, 2016). Para a construção dessa matriz, primeiramente identifica-se os principais objetivos da empresa e em seguida avalia-se cada projeto em relação a cada objetivo, atribuindo-se uma pontuação de zero a dez. Nesta escala zero corresponde a “não atende o objetivo” e dez “atende totalmente o objetivo”. Em seguida, os gestores definem um valor limiar para cada objetivo, denominado  $MinScore_o$ , que representa o valor mínimo que o portfólio deve atingir para cada objetivo.

$$\sum_{j=1}^n z_j s_{jo} \geq MinScore_o, \quad o = 1, \dots, O \quad (12)$$

A última restrição considerada para o alinhamento estratégico diz respeito aos projetos mandatórios, que são aqueles, que por alguma razão, devem obrigatoriamente fazer parte do portfólio. Tais razões podem ser atribuídas, por exemplo, para o caso que um determinado projeto recebeu elevado investimento em novos equipamentos e já foi iniciado, logo ele deve estar incluso no portfólio. Ou ainda, projetos com alta importância para os objetivos estratégicos, considerados como “carro chefe”.

Assim, quando um projeto for mandatório, ele será representado de acordo com (13).

$$z_j = 1 \quad (13)$$

### 4.3.3 Restrições de preparação para o futuro

As restrições de preparação para o futuro, propostas neste trabalho, foram adicionadas ao modelo de Canbaz e Marle (2016) a fim de se avaliar os benefícios e as oportunidades trazidas pelo portfólio de projeto, de modo que a organização esteja preparada para o futuro.

Para que a empresa se mantenha estruturada e futuramente atinja seus objetivos, os projetos por ela desenvolvidos devem ser capazes de disponibilizarem novas tecnologias, desenvolverem novos mercados ou aumentar a presença da empresa no mercado em que atua,

além de colocá-la à frente de seus concorrentes, como abordado nos trabalhos de Meskendhal (2010) e Voss e Kock (2013).

Assim, para avaliar esta dimensão, baseou-se nas três questões,  $FUT = 3$ , citadas no capítulo 3, propostas por Meskendhal (2010) e Voss e Kock (2013).

Cada projeto foi avaliado em relação às questões consideradas, atribuindo-se uma pontuação em uma escala de 0 à 10, em que 0 corresponde à “não atende” e 10 corresponde à “atende totalmente”, resultando na matriz de pontuação de preparação para o futuro  $F = (f_{fut})_{n \times Fut}$ . Em seguida, estabeleceu-se um valor limiar para cada questão,  $MinScore_{fut}$ ,  $fut = 1, \dots, FUT$ , que representa o valor mínimo que o portfólio deve atingir para cada tópico. Assim, propõe-se:

$$\sum_{j=1}^n z_j f_{j fut} \geq MinScore_{fut}, fut = 1, \dots, FUT \quad (14)$$

Detalhadas a função objetivo e as restrições, a formulação geral do modelo é dada por:

$$\text{Maximizar (Receita)} = \sum_{r=1}^R y_r - \sum_{i=1}^I x_i$$

Sujeito a:

$$y_r = \sum_{j=1}^n z_j \left( \sum_{l=1}^n z_l p_{jl} \right) \left[ v_{jj}^r + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji}^r z_i \left( \sum_{l=1}^n p_{il} z_l \right) \right], \quad r = 1, \dots, R$$

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_j u_{jj}^i + \sum_{j=1}^n \sum_{h=j+1}^n z_j z_h u_{hj}^i \quad i = 1, \dots, I$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \leq Max$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \geq Min$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \leq Max_j z_j + Max(1 - z_j), \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \geq Min_j z_j + Min(1 - z_j), \quad j = 1, \dots, n$$

$$x_i \leq R_i, \quad i = 1, \dots, I$$

$$y_r \geq Q_r, \quad r = 1, \dots, R$$

$$z_j = 1, \text{ para os projetos mandatórios}$$

$$z_A \leq z_C, \text{ para inclusão mútua}$$

$$z_B + z_E \leq 1 \text{ e } z_c + z_E \leq 1, \text{ para exclusão mútua}$$

$$\sum_{j=1}^n z_j s_{jo} \geq \text{MinScore}_o, \quad o = 1, \dots, O$$

$$\sum_{j=1}^n z_j f_{j\text{fut}} \geq \text{MinScore}_{\text{fut}}, \quad \text{fut} = 1, \dots, FUT$$

$$z_j \in \{0,1\}$$

No próximo capítulo será apresentado o método de solução adotado neste trabalho.

## CAPÍTULO 5 - MÉTODO DE SOLUÇÃO

Como o modelo considerado neste trabalho visa alcançar vários objetivos, ao invés de um único, pode ser classificado como um problema multiobjetivo.

### 5.1 Otimização multiobjetivo

Um problema de otimização multiobjetivo é um problema com dois ou mais objetivos, conflitantes ou não, que precisam ser otimizados simultaneamente. O modelo geral de otimização multiobjetivo é apresentado em (15), (16) e (17).

$$\text{Maximizar/Minimizar } \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\} \quad (15)$$

$$\text{Sujeito a: } g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, \dots, m \quad (16)$$

$$h_k(x) = 0, \quad k = 1, \dots, n \quad (17)$$

em que  $x \in \mathbb{R}^n$ ,  $f_i, g_j, h_k : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ , representam as funções envolvidas para  $i = 1, \dots, n$ ,  $j = 1, \dots, m$ ,  $k = 1, \dots, n$

Ao contrário do propósito da otimização mono-objetivo que consiste na determinação de uma solução ótima, o propósito principal da otimização multiobjetivo é encontrar soluções não-dominadas da fronteira de Pareto, denominadas soluções Pareto-ótimas ou Otimalidade de Pareto. Emprega-se o conceito de dominância de Pareto para comparar duas soluções factíveis do problema. Dada duas soluções A e B, diz-se que A domina B ( $A \leq B$ ), para um problema de minimização, se:

- $f_i(A) \leq f_i(B)$ , para todo  $i = 1, \dots, n$  (a solução de A é melhor ou igual a B em todas as funções objetivos);
- $f_i(A) < f_i(B)$  para pelo menos um valor de  $i$  (a solução de A é estritamente melhor que B em pelo menos uma das funções objetivos).

Assim, após a aplicação de métodos de resolução para problemas multiobjetivos, um conjunto de soluções é obtido. Um conjunto de soluções é denominado conjunto Pareto-ótimo se, para cada solução do conjunto, não existe nenhuma outra solução factível capaz de reduzir ou aumentar o valor de um dos critérios do problema sem que simultaneamente cause um

aumento ou redução em pelo menos um dos demais critérios (AZUMA, 2011). Em outras palavras, a solução Pareto-Ótima é uma solução não dominada por nenhuma outra solução factível.

Para solucionar um problema com essa característica, existem vários métodos disponíveis na literatura, dentre eles os mais comuns são os métodos de soma ponderada, NISE (*noninferior set estimation*), gradiente e  $\varepsilon$ -restrito. Essas técnicas transformam o problema de otimização multiobjetivo em um problema de otimização mono-objetivo.

O método  $\varepsilon$ -restrito, adotado neste trabalho como o método de solução para o problema considerado, é bastante utilizado e será apresentado na próxima seção.

## 5.2 Método do $\varepsilon$ -restrito

Proposto por Haimes, Wismer e Lasdon (1971), de acordo com Júnior (2016), o método do  $\varepsilon$ -restrito consiste em maximizar ou minimizar o objetivo considerado mais importante, e incorporando como restrições os demais objetivos. Considerando-se como exemplo um problema de maximização, em que  $f_i(x)$  é tida como o objetivo mais importante, o Problema Restrito é definido como:

$$\text{Maximizar } f_i(x) \tag{18}$$

$$\text{Sujeito a: } x \in \mathcal{X}, \tag{19}$$

$$f_k(x) \geq \varepsilon_k, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i, \tag{20}$$

em que,  $\varepsilon_k$  é o limite superior do objetivo  $f_k(x)$ ,  $k \neq i$  e  $n$  é o número total de objetivos do problema. Conforme estes limitantes variam, diferentes soluções eficientes podem ser obtidas com esta escalarização (ALIANO FILHO; MORETTI; PATO, 2017).

Para construir o conjunto Pareto-ótimo, deve-se somente variar o limite superior, mesmo quando o espaço de busca é não convexo. Entretanto, se este limite não for ideal, o subconjunto de possíveis soluções obtido pode ser vazio, ou seja, não existe solução viável (PANTUZA JÚNIOR, 2016).

Neste método assume-se que todas as funções objetivo do problema de otimização multiobjetivo são conflitantes. Logo, minimizando uma delas, pelo menos uma das outras funções tem seu valor prejudicado (ALIANO FILHO; MORETTI; PATO, 2017).

O modelo de Canbaz e Marle (2016) e o modelo proposto neste trabalho foram formulados de acordo com o método  $\varepsilon$ -restrito. Deste modo as restrições que contemplam as dimensões de balanceamento (4-5), alinhamento estratégico (6-12) e preparação para o futuro (14) estão sujeitas a um limite superior ( $\varepsilon_k$ ), definidos para cada objetivo.

Os referidos modelos foram implementados no software *General Algebraic Modeling System* (GAMS) versão 24.3.1 e solucionados através do solver KNITRO versão 9.0.1 em um computador com processador Pentium Dual Core de 3GB RAM. Para otimização não-linear inteira mista, o KINITRO utiliza o método híbrido Quesada-Grossman (HQG) o qual é baseado no algoritmo *Branch and Bound*, com o método de pontos interiores para resolver os problemas da árvore de busca, descrito em Quesada e Grossmann (1992), o qual será abordado na próxima seção.

### 5.3 Método Branch and Bound

Apesar do método *Branch and Bound* ter sido desenvolvido para problemas de programação linear inteira e inteira mista, Gupta e Ravindran (1985) aplicaram este método para problemas de otimização não-linear inteiro misto. O método consiste em dividir o problema original com variáveis inteiras em vários subproblemas contínuos, desconsiderando-se as sub-regiões infrutíferas, a fim de se obter uma solução ótima. O método de pontos interiores, considerado neste trabalho, é um dos métodos utilizados para resolver esses subproblemas. (LOURENÇÃO, 2016).

Dado o problema inicial com variáveis discretas e contínuas (21)-(25):

$$\text{Minimizar } f(x, y) \tag{21}$$

$$\text{Sujeito a: } h(x, y) = 0 \tag{22}$$

$$g(x, y) \leq 0 \tag{23}$$

$$\underline{x} \leq x \leq \bar{x} \tag{24}$$

$$\underline{y} \leq y \leq \bar{y} \tag{25}$$

em que  $x \in \mathbb{R}^{n_x}$ ,  $y \in \mathbb{Z}^{n_y}$  são variáveis de decisão. Os vetores  $\underline{x} \in \mathbb{R}^{n_x}$  e  $\bar{x} \in \mathbb{R}^{n_x}$  indicam os limites inferior e superior da variável  $x$ , respectivamente. Os vetores  $\underline{y} \in \mathbb{Z}^{n_y}$  e  $\bar{y} \in \mathbb{Z}^{n_y}$  indicam

os limites inferiores e superiores de  $y$ . E as funções  $f(x, y), h(x, y)^T = (h_1(x, y), \dots, h_m(x, y))$  e  $g(x, y)^T = (g_1(x, y), \dots, g_p(x, y))$  são não lineares.

O método de *Branch and Bound*, para o problema (21)-(25), inicia-se com a relaxação contínua deste, dada por (26)-(30).

$$\text{Minimizar } f(x) \quad (26)$$

$$\text{Sujeito a: } h(x, y) = 0 \quad (27)$$

$$g(x, y) \leq 0 \quad (28)$$

$$\underline{x} \leq x \leq \bar{x} \quad (29)$$

$$\underline{y} \leq y \leq \bar{y} \quad (30)$$

Seja  $(x^*, y^*)$  a solução deste problema, se nesta solução tem-se  $y^* \in \mathbb{Z}^{ny}$  então a solução encontrada é ótima para o problema (21)-(25). Caso contrário, escolhe-se uma variável  $y_L$ , tal que  $y_L^* \notin \mathbb{Z}y_L$ , e a região factível do problema (26)-(30) é dividida em duas sub-regiões, (*branch*), fornecendo os dois subproblemas (31)-(36) e (37)-(42).

$$\text{Minimizar } f(x) \quad (31)$$

$$\text{Sujeito a: } h(x, y) = 0 \quad (32)$$

$$g(x, y) \leq 0 \quad (33)$$

$$\underline{x} \leq x \leq \bar{x} \quad (34)$$

$$y \leq y \leq \bar{y}, \quad (35)$$

$$y_L \leq s^{\text{inf}} \quad (36)$$

em que,  $s^{\text{inf}}$  é o valor inteiro mais próximo inferiormente de  $y_L^*$ .

$$\text{Minimizar } f(x) \quad (37)$$

$$\text{Sujeito a: } h(x, y) = 0 \quad (38)$$

$$g(x, y) \leq 0 \quad (39)$$

$$\underline{x} \leq x \leq \bar{x} \quad (40)$$

$$\underline{y} \leq y \leq \bar{y}, \quad (41)$$

$$y_L \geq s^{\text{sup}} \quad (42)$$

em que,  $s^{\text{sup}}$  é o valor inteiro mais próximo superiormente de  $y_L^*$ .

Cada um desses subproblemas é um nó na árvore *Branch and Bound*, cuja solução de cada subproblema fornece um limitante (*bound*) para a subregião. Caso a solução do subproblema seja inteira para as variáveis inteiras, então essa subregião não é mais explorada. Uma subregião em que a melhor solução inteira encontrada até o momento é melhor que seu limitante, é descartada, caso contrário é explorada recursivamente. Desta forma, uma árvore de subproblemas é criada e o método é encerrado quando não há mais subregiões a serem exploradas (LOURENÇÃO, 2016).

Para este trabalho, o método de solução empregado para a resolução dos problemas da árvore de busca de *Branch and Bound* se dá pelo método de pontos interiores descrito a seguir.

#### 5.4 Método de pontos interiores

Nesta seção descreve-se o método de pontos interiores com busca linear e região de confiança, proposto em Waltz et al. (2005).

Considera-se o problema de otimização não-linear descrito por:

$$\text{Minimizar } f(x) \tag{43}$$

$$\text{Sujeito a: } h(x) = 0 \tag{44}$$

$$g(x) \leq 0 \tag{45}$$

em que,  $x \in \mathbb{R}^n$ ,  $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $h: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^l$ ,  $g: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  e  $f, g$  e  $h$  são funções de classe  $C^2$ .

Adiciona-se variáveis de folga positivas às restrições de desigualdade (45), estas passam a ser de igualdade, originando o problema descrito em (46)-(49).

$$\text{Minimizar } f(x) \tag{46}$$

$$\text{Sujeito a: } h(x) = 0 \tag{47}$$

$$g(x) + s = 0 \tag{48}$$

$$s \geq 0 \tag{49}$$

em que,  $s = (s_1, s_2, \dots, s_m)^t$  é o vetor das variáveis de folga e  $s_i \in \mathbb{R}$ ,  $i = 1, \dots, m$ .

As restrições de não negatividade das variáveis de folga são incorporadas à função objetivo através da função barreira logarítmica de Frisch (1955), originando o problema de barreira dado por (50)-(52).

$$\text{Minimizar } f(x) - \mu \sum_{i=1}^m \ln(s_i) \quad (50)$$

$$\text{Sujeito a: } h(x) = 0 \quad (51)$$

$$g(x) + s = 0 \quad (52)$$

em que,  $\mu > 0$  é o parâmetro de barreira.

Ao problema descrito por (50)-(52), associa-se a função Lagrangiana descrita por (53).

$$L(x, s, \lambda, \mu) = f(x) - \mu \sum_{i=1}^m \ln(s_i) + \lambda_h^T h(x) + \lambda_g^T (g(x) + s) \quad (53)$$

em que,  $\lambda_h \in \mathbb{R}^l$  e  $\lambda_g \in \mathbb{R}^m$  são os vetores dos multiplicadores de Lagrange.

A ideia deste método consiste em resolver uma sequência de problemas irrestritos, no qual a função objetivo é dada por (53), para um parâmetro de barreira fixo,  $\mu_k$ , que é atualizado (decrecido) em cada nova iteração, obtendo-se  $\mu_{k+1}$ , e então o problema irrestrito (53) é resolvido novamente.

A sequência de parâmetros  $\mu_k$ , gera uma sequência de problemas de barreira, e uma sequência de soluções desses problemas  $z^*(\mu_k)$ , em que  $z^T = (x, s, \lambda, \mu)$ . Quando  $\mu_k \rightarrow 0$ , então  $z^*(\mu_k) \rightarrow z^*$ , em que  $z^*$  é um ótimo local do problema (FERREIRA; BAPTISTA; SOLER, 2012).

Em suma, de acordo com o resumo dos algoritmos e técnicas implementadas no solver KNITRO de Byrd, Nocedal e Waltz (2006), o problema de programação não-linear é substituído por uma sequência de sub-problemas de barreira controlados por um parâmetro de barreira. O algoritmo usa regiões de confiança e uma função de mérito para promover a convergência, executando-se uma ou mais etapas de minimização em cada problema de barreira e, em seguida, diminui o parâmetro de barreira e repete-se o processo até o problema original ter sido resolvido com a precisão desejada (GAMS, 2018).

No próximo capítulo os resultados obtidos neste trabalho são apresentados.

## CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados três testes numéricos. No primeiro teste é realizada uma comparação entre o modelo de Canbaz e Marle (2016) e o modelo proposto neste trabalho, que leva em consideração a dimensão de preparação para o futuro. Já no segundo e terceiro testes, as aplicações numéricas com dados reais de duas empresas, A e B, de diferentes segmentos e perfis estratégicos são apresentados, respectivamente, a fim de se verificar a aplicabilidade do modelo considerado neste trabalho.

Para facilitar a compreensão deste texto, as aplicações numéricas foram divididas em três seções.

### 6.1 Comparação

#### 6.1.1 Dados numéricos

Para comparar o modelo proposto neste trabalho com o modelo de Canbaz e Marle (2016), realizou-se testes numéricos com dados de Canbaz e Marle (2016). A instância utilizada em Canbaz e Marle (2016) foi reproduzido no *software* GAMS e resolvido com o solver KNITRO versão 9.0.1. O modelo de Canbaz e Marle (2016) para esta instância é apresentado de (54)-(77).

$$\text{Maximizar } \sum_{r=1}^{R=2} y_r - \sum_{i=1}^{I=2} x_i \quad (54)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \leq 7 \quad (55)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \geq 3 \quad (56)$$

$$z_9 = 1 \quad (57)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \leq 4z_2 + 7(1 - z_2) \quad (58)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \leq 4z_5 + 7(1 - z_5) \quad (59)$$



$$U^2 = \begin{pmatrix} 58 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 145 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 51 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -10 & 0 & 12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 79 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 0 & 0 & 48 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 69 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 123 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -15 & 0 & 0 & 0 & 91 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 \end{pmatrix} \quad (71)$$

$$V^1 = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 470 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 260 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 240 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 470 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 220 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 170 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 510 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 280 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 200 \end{pmatrix} \quad (72)$$

$$V^2 = \begin{pmatrix} 120 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 590 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 470 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 180 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 620 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & 0 & 0 & 0 & 190 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 25 & 200 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 115 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 370 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 400 \end{pmatrix} \quad (73)$$

$$P = \begin{pmatrix} 0,9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 \\ 0 & 0,6 & 0 & 0 & -0,1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,7 & -0,2 & 0 & 0 & 0 & -0,2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2 & 0 & 0 & 0,65 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1 & 0 & 0 & 0,6 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,23 & 0,67 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,85 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 \end{pmatrix} \quad (74)$$

Tabela 3 - Pontuação dos projetos para cada objetivo.

Objetivo	Projeto									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	2	7	6	3	1	13	8	3	9
2	12	7	3	6	14	10	1	9	2	7
3	1	14	2	3	4	2	4	1	13	6

$$\sum_{j=1}^{10} z_j s_{j1} \geq 15 \quad (75)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j s_{j2} \geq 18 \quad (76)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j s_{j3} \geq 21 \quad (77)$$

Em seguida, utilizando-se os mesmos dados de Canbaz e Marle (2016), adicionou-se as restrições (78), (79) e (80), com dados gerados aleatoriamente, que representam a pontuação mínima para a dimensão de preparação para o futuro  $MinScore_{fut}$ ,  $fut=1, \dots, 3$ , que deve ser fornecida pelo portfólio, segundo os dados da Tabela 4. O modelo proposto neste trabalho foi então implementado no *software* GAMS e resolvido pelo solver KNITRO versão 9.0.1.

Tabela 4 - Pontuação de cada projetos para as questões de preparação para o futuro.

Fut	Projeto									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	2	7	6	3	1	13	8	3	9
2	12	7	3	6	14	10	1	9	2	7
3	1	14	2	3	4	2	4	1	13	6

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \cdot fut_{j1} \geq 8 \quad (78)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \cdot fut_{j2} \geq 4 \quad (79)$$

$$\sum_{j=1}^{10} z_j \cdot fut_{j3} \geq 7 \quad (80)$$

### 6.1.2 Resultados

A fim de se verificar a influência da dimensão de preparação para o futuro no portfólio, os resultados obtidos foram comparados com os resultados do modelo de Canbaz e Marle (2016). A Tabela 5 apresenta a seleção do portfólio e a receita máxima gerada pelo portfólio selecionado para o modelo de Canbaz e Marle (2016) e para o modelo proposto. A partir da Tabela 6 é possível notar que a adição da preparação para o futuro no modelo influencia o resultado da seleção de portfólio, e por tal razão sua consideração é relevante para a empresa obter resultados mais acurados e atingir seus objetivos.

Tabela 5 - Comparação entre os resultados obtidos por Canbaz e Marle (2016) e pelo Modelo Proposto.

	<b>Canbaz e Marle (2016)</b>	<b>Modelo Proposto</b>
<b>Seleção do Portfólio</b>	Projetos: 1,3,6,7,9 and 10.	Projetos: 4,6,7,9 and 10.
<b>Receita</b>	1919300 (€)	1376590 (€)

### 6.2 CASO A

A empresa A é uma *startup* de pequeno porte que atua no setor de “mobilidade verde” no Canadá. As informações coletadas foram obtidas através de uma entrevista guiada (ANEXO I) nas dependências da empresa canadense com seu presidente.

### 6.2.1 Dados numéricos

O portfólio desta empresa possui projetos que se inserem no desenvolvimento de um mesmo produto, assim, atualmente a empresa conta com 8 candidatos de projetos,  $n = 8$ . Entretanto, sua capacidade operacional é limitada a 5 projetos,  $Max = 5$ , sendo este o valor máximo de projetos que a empresa é capaz de executar no período de tempo considerado.

Para que a empresa alcance seus objetivos e continue operando normalmente, isto é, obtenha o retorno financeiro mínimo esperado, o portfólio da companhia deve compreender pelo menos 3 projetos,  $Min = 3$ , representado pelas restrições (81) e (82).

$$\sum_{j=1}^8 z_j \leq 5 \quad (81)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j \geq 3 \quad (82)$$

O projeto representando por 8 é responsável por fornecer grande retorno financeiro para a empresa e além disso, a execução dos vários outros projetos dependem intrinsecamente de sua realização. Deste modo, este projeto é considerado como mandatório, de acordo com (83).

$$z_8 = 1 \quad (83)$$

Outro projeto mandatório é o projeto 7. Este projeto é considerado como obrigatório pois sem sua execução, a viabilização do produto final não é possível. A restrição (84) representa esta condição.

$$z_7 = 1 \quad (84)$$

Durante a entrevista com o presidente, dois ciclos de financiamento foram identificados,  $i = 2$ , visto que cada projeto necessita de dois investimentos distintos para produzir dois diferentes retornos,  $r = 2$ . Desta forma, as interações de recursos, benefícios e resultados para os pares de projetos de cada ciclo de financiamento, resultarão nas matrizes:  $U^1, U^2, V^1, V^2$  e  $P$ , apresentados, respectivamente em (85), (86), (87), (88) e (89).



$$V^2 = \begin{pmatrix} 1000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3000 \end{pmatrix} \quad (88)$$

$$P = \begin{pmatrix} 0,9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \end{pmatrix} \quad (89)$$

A quantidade de recursos  $i$  que serão investidos para os ciclos de financiamento 1 e 2 são respectivamente,  $R_1 = 700$  e  $R_2 = 2000$ . Ambos valores estão em unidade de dólar americano (US\$) na ordem de  $10^3$ .

$$\sum_{j=1}^8 z_j u_{jj}^1 + \sum_{j=1}^8 \sum_{h=j+1}^8 z_j z_h u_{hj}^1 \leq 700 \quad (90)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j u_{jj}^2 + \sum_{j=1}^8 \sum_{h=j+1}^8 z_j z_h u_{hj}^2 \leq 2000 \quad (91)$$

O retorno financeiro  $r$  esperado para os ciclos 1 e 2 são  $Q_1 = 1000$  e  $Q_2 = 9000$ , respectivamente, na ordem de  $10^3$  dólar americano (US\$).

$$\sum_{j=1}^8 z_j \left( \sum_{l=1}^8 z_l p_{jl} \right) \left[ v_{jj}^1 + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji}^1 z_i \left( \sum_{l=1}^8 p_{il} z_l \right) \right] \geq 1000 \quad (92)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j \left( \sum_{l=1}^8 z_l p_{jl} \right) \left[ v_{jj}^2 + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji}^2 z_i \left( \sum_{l=1}^8 p_{il} z_l \right) \right] \geq 9000 \quad (93)$$

A empresa possui cinco objetivos estratégicos,  $O = 5$ , com os quais os projetos devem estar alinhados. Como mencionado anteriormente, o gerente de projetos avalia cada projeto em relação aos cinco objetivos estratégicos, atribuindo uma pontuação cuja escala qualitativa varia de 0 a 10. A Tabela 6 apresenta a pontuação de cada projeto em relação aos objetivos considerados.

Tabela 6 - Pontuação dos projetos para cada objetivo estratégico.

Objetivo	Projeto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	7	10	9	0	1	1	3
2	0	5	5	2	2	5	8	10
3	0	8	10	10	7	0	10	0
4	10	2	7	8	8	0	3	8
5	7	7	10	8	10	7	10	8

Avaliado cada projeto individualmente, e sabendo-se das capacidades mínima e máxima de execução da empresa, estabeleceu-se uma pontuação mínima que o portfólio deve alcançar para que os projetos selecionados estejam alinhados com os objetivos da companhia.

Os valores limiares,  $MinScore_o$ , para cada objetivo,  $o = 1, \dots, 5$ , estão apresentados em (94), (95), (96), (97) e (98), respectivamente.

$$\sum_{j=1}^8 z_j s_{j1} \geq 15 \quad (94)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j s_{j2} \geq 18 \quad (95)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j s_{j3} \geq 22 \quad (96)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j s_{j4} \geq 23 \quad (97)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j s_{j5} \geq 33 \quad (98)$$

Para a nova dimensão de preparação para o futuro, a qual foi adicionada a este modelo, a análise seguiu as etapas da avaliação dos objetivos estratégicos. Neste caso, ao invés dos objetivos, foram consideradas três questões para a preparação para o futuro baseadas nos trabalhos de Meskendhal (2010) e Voss e Kock (2013) e apresentadas no capítulo 3 deste trabalho.

É importante salientar que algumas organizações podem apresentar como objetivo organizacional estar preparada para o futuro, entretanto, de acordo com a literatura para atender a referida medida de desempenho, é importante que as três questões adotadas neste trabalho, sejam consideradas na avaliação, a fim de que seja completa e alcance o propósito desta dimensão.

A Tabela 7 apresenta a pontuação de cada projeto em relação à essas três questões.

Tabela 7 - Pontuação dos projetos para cada questão de preparação para o futuro.

<i>Fut</i>	<b>Projeto</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	6	8	10	7	0	10	0	0
<b>2</b>	1	1	8	1	1	8	1	10
<b>3</b>	6	8	10	8	4	9	0	10

Os valores limiares  $MinScore_{fut}$  para cada questão de preparação para o futuro,  $fut=1, \dots, 3$ , estão descritos nas restrições (99), (100) e (101).

$$\sum_{j=1}^8 z_j f_{j fut1} \geq 15 \quad (99)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j f_{j fut2} \geq 10 \quad (100)$$

$$\sum_{j=1}^8 z_j f_{j\text{fut}3} \geq 18 \quad (101)$$

### 6.2.2 Resultados

Os dados foram aplicados ao modelo proposto e resolvidos através do pacote de otimização KNITRO versão 9.0.1, no *software* GAMS. O tempo total de processamento do modelo foi de 0,081s e os resultados obtidos foram em relação à contribuição marginal de cada projeto para o portfólio, apresentadas na Tabela 8. A seleção dos projetos e o respectivo valor que a função objetivo retorna para o portfólio selecionado são apresentados na Tabela 9.

Tabela 8 - Contribuição marginal de cada projeto.

Projeto	Valor marginal (US\$)
1	-200.000
2	-211.130
3	3589.420
4	4463.150
5	8257.700
6	-200.000
7	3900.000
8	2644.750

Da Tabela 8, nota-se que o projeto que se encontra mais alinhado com as quatro dimensões é o projeto 5, seguido dos projetos 4, 7, 3 e 8.

Como os projetos são avaliados aos pares, sendo  $n$  o número de projetos, há  $2^n$  combinações possíveis de projetos. Neste caso, têm-se  $2^8$ , ou seja, 256 possibilidades de portfólios até obter-se o portfólio ideal, o que é inviável de se analisar sem o modelo matemático.

Assim, os projetos que foram selecionados sob as restrições adotadas neste trabalho implicam na maximização do valor do portfólio da ordem de 10,02 milhões de dólares. Os projetos selecionados e o valor da função objetivo para o respectivo portfólio encontram-se apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Portfólio selecionado e seu respectivo valor da função objetivo.

Projetos selecionados					Valor da função objetivo (milhões US\$)
3	4	5	7	8	10,02

Observa-se que o projeto 1, apesar de ser importante para viabilizar a execução do produto como um todo, pouco contribui com os objetivos declarados da empresa, o que pode justificar sua contribuição negativa para o portfólio.

Além disso, os projetos 2 e 6, por competirem pelos mesmos recursos e mercado, apresentam conflitos de alocação de recursos e falta de cooperação entre si, caracterizando uma relação de canibalismo entre eles. Dada a relação de canibalismo entre esse par de projetos, a partir do momento que o projeto 6 for viabilizado, o projeto 2 deixa de ser importante para o portfólio, resultando em suas contribuições negativas.

Também é relevante ressaltar que o projeto 6 ainda está em estado inicial de desenvolvimento e por ser altamente inovador apresenta maior risco de falha do que os demais projetos, o que também contribui para sua colaboração negativa para o portfólio.

### 6.3 CASO B

A empresa B situa-se no Brasil (interior de São Paulo), é de pequeno porte e atua no setor de tecnologia educacional. Para a coleta de dados, foi realizada uma entrevista guiada (apoiada pelo guia de entrevista – ANEXO I) com a Executiva de Negócios e Relacionamento da empresa.

#### 6.3.1 Dados Numéricos

Atualmente a empresa conta com 6 candidatos de projetos,  $n = 6$ , e sua capacidade operacional é limitada a 1 projeto,  $Max = 1$ . Entretanto, para atender aos objetivos da empresa, especialmente os financeiros, todos os seis projetos devem ser implementados no período considerado. Desta forma, ao invés de selecionar quais projetos serão executados, o modelo verificará quais dos seis projetos deve ser priorizado, a fim de possibilitar a melhor distribuição de recursos, e conseqüentemente a execução de todos os seis projetos.

$$\sum_{j=1}^6 z_j = 6 \quad (102)$$

Durante a entrevista identificou-se um único ciclo de financiamento,  $i=1$  e  $r=1$ , correspondente ao período de seis meses, e desta forma, as interações de recursos, benefícios e resultados para os pares de projetos de cada ciclo de financiamento, resultarão nas matrizes:  $U^1$ ,  $V^1$ , e  $P$ , apresentados, respectivamente em (103), (104) e (105).

Observa-se que, os valores das matrizes de interação de recursos e resultados são dados na unidade monetária de reais (R\$) na ordem de  $10^3$ .

$$U^1 = \begin{pmatrix} 170 & -65 & -65 & -65 & -65 & -65 \\ -65 & 215 & -65 & -65 & -65 & -65 \\ -65 & -65 & 200 & -65 & -65 & -65 \\ -65 & -65 & -65 & 85 & -65 & -65 \\ -65 & -65 & -65 & -65 & 55 & -65 \\ -65 & -65 & -65 & -65 & -65 & 70 \end{pmatrix} \quad (103)$$

$$V^1 = \begin{pmatrix} 280 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 400 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 330 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 140 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 90 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 115 \end{pmatrix} \quad (104)$$

$$P^1 = \begin{pmatrix} 0,8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,6 \end{pmatrix} \quad (105)$$

A quantidade de recursos prevista para ser investida para o ciclo de financiamento é de  $R_1 = 600$  mil reais (R\$).

$$\sum_{j=1}^6 z_j u_{jj}^1 + \sum_{j=1}^6 \sum_{h=j+1}^6 z_j z_h u_{hj}^1 \leq 600 \quad (106)$$

Para tal investimento, o retorno financeiro esperado (resultado) é de  $Q_1 = 900$  mil reais (R\$), como em (129).

$$\sum_{j=1}^6 z_j \left( \sum_{l=1}^6 z_l p_{jl} \right) \left[ v_{jj}^1 + \sum_{i=1}^{j-1} v_{ji}^1 \left( \sum_{l=1}^6 p_{il} z_l \right) \right] \geq 900 \quad (107)$$

A empresa possui três objetivos estratégicos,  $O = 3$ , com os quais os projetos devem estar alinhados. Como mencionado anteriormente, o gerente de projetos avalia cada projeto em relação objetivos estratégicos, atribuindo uma pontuação cuja escala qualitativa varia de 0 a 10. A Tabela 10 apresenta a pontuação de cada projeto em relação aos objetivos considerados.

Tabela 10 - Pontuação dos projetos para cada objetivo estratégico.

Objetivo	Projeto					
	1	2	3	4	5	6
1	10	8	6	6	6	4
2	10	8	8	6	6	6
3	8	8	6	6	4	6

Avaliado cada projeto individualmente, e sabendo-se da capacidade de execução da empresa, estabeleceu-se uma pontuação mínima que o portfólio deve alcançar para que os projetos selecionados estejam alinhados com os objetivos organizacionais.

Os valores limiares para cada objetivo,  $MinScore_o$ , estão apresentados em (108), (109) e (110), respectivamente.

$$\sum_{j=1}^6 z_j s_{j1} \geq 20 \quad (108)$$

$$\sum_{j=1}^6 z_j s_{j2} \geq 22 \quad (109)$$

$$\sum_{j=1}^6 z_j S_{j3} \geq 19 \quad (110)$$

Do mesmo modo, foi realizada a avaliação qualitativa para a preparação para o futuro, cuja pontuação de cada projeto em relação às três questões consideradas para esta dimensão, apresentadas no capítulo 3, é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Pontuação dos projetos para cada questão de preparação para o futuro.

<b>Fut</b>	<b>Projeto</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	2	4	4	4	6	4
<b>2</b>	10	8	6	6	6	2
<b>3</b>	10	8	8	6	6	6

Os valores limiares para cada questão de preparação para o futuro,  $MinScore_{fut}$ , estão descritos nas restrições (111), (112) e (113), respectivamente.

$$\sum_{j=1}^6 z_j f_{j fut1} \geq 12 \quad (111)$$

$$\sum_{j=1}^6 z_j f_{j fut2} \geq 20 \quad (112)$$

$$\sum_{j=1}^6 z_j f_{j fut3} \geq 22 \quad (113)$$

### 6.3.2 Resultados

Coletado os dados, assim como fora feito no caso A, esses foram aplicados ao modelo e resolvidos através do pacote de otimização KNITRO versão 9.0.1 no *software* GAMS. O tempo total de processamento do modelo foi de 0,071s.

Como a empresa deste caso lida com projetos sob demanda, e sua capacidade operacional corresponde a um, logo, a seleção de projetos neste caso é importante para priorizar

aquele que fornece melhores resultados de acordo com as quatro medidas de desempenho de gestão de portfólio de projetos consideradas neste trabalho. Assim, a Tabela 12 apresenta a contribuição marginal de cada projeto para o portfólio e estabelece uma fila de projetos. Essa ordem é importante pois caso eventualmente a empresa tenha alguma alteração em sua capacidade operacional e não seja capaz de executar todos os projetos no período considerado, será possível, através dessa lista, selecionar aqueles que mais contribuem com as quatro medidas de desempenho.

Tabela 12 - Contribuição marginal de cada projeto.

<b>Projeto</b>	<b>Valor marginal (R\$)</b>
1	603.000
2	750.000
3	521.000
4	408.000
5	342.000
6	393.000

Da Tabela 12, nota-se que o projeto que encontra-se mais alinhado com as quatro dimensões é o projeto 2, seguido dos projetos 1, 3, 4, 6 e 5, estabelecendo-se assim a ordem de prioridade que a empresa deve seguir para executar seus projetos, devendo-se respeitar a mesma para eventuais situações em que seja necessário selecionar quais projetos devem ser executados diante de uma restrição de recursos.

O projeto 2, que seria o primeiro a ser selecionado no portfólio, apresenta maior perspectiva de lucro (R\$ 140 mil), alta probabilidade de sucesso (80%) e é o segundo projeto, dentro do portfólio, que está mais alinhado com os objetivos organizacionais da empresa e contempla as questões referentes para a preparação para o futuro. Outro fator que contribui para que este projeto seja o primeiro a ser selecionado é o seu caráter de inovação incremental, cujos riscos são menores quando comparados a projetos de inovação radical, que apresentam riscos mais elevados, como ocorre com o projeto 5.

Assim, os projetos considerados no período de seis meses implicam na maximização do valor do portfólio da ordem de 1,2 milhões de reais, o que atende as expectativas de retorno financeiro da empresa cuja estimativa para o período é de 1,1 milhão.

## CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao seu caráter estratégico, a gestão de portfólio de projetos tem chamado a atenção de gestores e pesquisadores, mostrando-se um tema bastante atual e relevante. Neste trabalho, propôs-se e resolveu-se um modelo de otimização não-linear inteiro misto, com característica multiobjetivo, para a seleção de portfólio de projetos que integram as quatro principais medidas de desempenho correspondentes à maximização de valor, balanceamento, alinhamento estratégico e preparação para o futuro. Desta forma, preenche-se o *gap* encontrado na literatura de gestão de portfólio de projetos, que se refere a ausência de uma ferramenta que considere as quatro principais medidas de desempenho, conjuntamente, em sua metodologia.

Destaca-se que na formulação apresentada elegeu-se a maximização de valor como a mais importante a qual foi tratada na função objetivo, enquanto as demais dimensões foram inseridas como restrições no modelo.

Para mostrar a influência da dimensão preparação para o futuro, uma comparação entre o modelo com e sem essa dimensão foi realizada. Como os resultados obtidos nos testes foram divergentes, pode-se inferir que a adição da referida medida de desempenho ao modelo é importante para obter-se resultados mais completos, alinhados com a literatura da gestão de portfólio de projetos.

Além disso, dada a complexidade e a vasta quantidade de informações necessárias para a aplicação de ferramentas de seleção de portfólio de projetos, são poucos os trabalhos que testam essas ferramentas em situações reais. Assim, a fim de verificar a aplicabilidade do modelo proposto neste trabalho, realizou-se testes com dados reais coletados de duas empresas de diferentes setores, estratégias organizacionais e nacionalidades.

A aplicação do modelo forneceu como resultados a seleção dos projetos que contribuem para a otimização do portfólio, levando em consideração as principais medidas de desempenho e as interdependências entre os projetos. Os resultados obtidos para ambos os casos mostraram-se coerentes com as necessidades declaradas das empresa, uma vez que os projetos que não foram selecionados apresentam alto risco, relação de canibalismo ou pouco contribuem, do ponto de vista financeiro e tecnológico, para o desenvolvimento da empresa. A solução ótima, que representa o lucro a ser obtido para empresa pelos projetos selecionados para o portfólio ideal, também foi condizente com a projeção do cenário considerada pelos gestores das organizações. Entretanto, é preciso ressaltar que devido ao fato de grande parte dos dados serem estimados, essas aproximações também devem ser consideradas ao se avaliar o resultado final.

Uma vez que os resultados gerados pelo modelo foram coerentes com as situações reais das empresas, uma análise preliminar da ferramenta adotada neste trabalho é referente a sua viabilidade. Apesar da quantidade significativa de dados necessários para a execução do modelo, ao levar-se em consideração as inúmeras combinações possíveis de portfólio, e que esta aumenta com o número de candidatos de projetos, uma análise completa como a empregada neste trabalho, seria totalmente inviável de se realizar sem nenhum método formal de gestão ou com apenas uma ferramenta de seleção mais simples.

A dificuldade na coleta de dados, relatada em outros trabalhos, também foi superada pela elaboração de um guia de entrevista (ANEXO I), que pode contribuir para que esta ferramenta seja aplicada a outros ambientes e posteriormente, incorporada à rotina organizacional.

Entretanto, esta pesquisa não está livre de limitações, cada uma das quais leva a oportunidades para pesquisas futuras. Essas limitações, no entanto, não surgem do próprio modelo matemático, mas das limitações em termos de tempo e escopo de pesquisa, ou resultantes da coleta de dados e das simplificações necessárias para transformar parâmetros reais em dados matemáticos.

A primeira limitação que destacamos diz respeito ao número e à natureza dos testes realizados nesta pesquisa. É importante testá-lo em um número maior de empresas e também incluir empresas que possuam um número maior de candidatos a projetos. Além disso, a equipe de pesquisa reconhece que algumas variáveis são baseadas na avaliação subjetiva do entrevistado durante a coleta de dados e podem não refletir a situação real em análise, o que poderia causar uma distorção no resultado.

Com base nessas limitações, a primeira sugestão para pesquisas futuras é testar o modelo com dados reais sobre um número maior de empresas, incluindo empresas com um grande número de projetos em seu portfólio, o que normalmente é o caso de grandes empresas. Desta forma, pesquisas futuras poderão verificar e analisar a aplicabilidade do modelo em diferentes cenários de gerenciamento de portfólio de projetos. Outra proposta para um estudo futuro é referente a redução da subjetividade durante a coleta de dados para o modelo. Os métodos estatísticos de incorporação e o uso de múltiplas fontes de dados além dos coletados durante a entrevista poderiam ajudar a melhorar a qualidade dos dados para a análise inicial dos projetos e, conseqüentemente, fornecer melhores resultados para a seleção de portfólio de projetos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAKER, D.A.; TYEBJEE, T.T.. A model for the selection of interdependent R&D projects. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. -25, n. 2, p.30-36, 1978.
- ADAMS, R; BESSANT, J; PHELPS, Robert. Innovation management measurement: A review. **International Journal Of Management Reviews**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.21-47, mar. 2006.
- ALIANO FILHO, A; MORETTI, A. C; PATO, M. V. A comparative study of exact methods for the bi-objective integer one-dimensional cutting stock problem. **Journal Of The Operational Research Society**, [s.l.], v. 69, n. 1, p.91-107, 12 dez. 2017.
- AMIRI, M. P. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. **Expert Systems With Applications**, [s.l.], v. 37, n. 9, p.6218-6224, set. 2010.
- ARCHER, N. P; GHASEMZADEH, F. Project Portfolio Selection and Management. In: MORRIS, Peter; PINTO, Jeffrey K.. **The Wiley Guide to Project, Program, and Portfolio Management**. Hoboken, Eua: John Wiley & Sons, 2007. p. 94-113.
- ARCHER, N.P; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 17, n. 4, p.207-216, 1999.
- ARENALES, M. et al. **Pesquisa Operacional: Para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- AUDET, L.; MCEWAN, E.; SARGENT, E. Project interdependency management. **Paper presented at Project Management Institute Annual Seminars & Symposium**, San Antonio, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2002.
- AZUMA, R. M. **Otimização multiobjetivo em problema de estoque e roteamento gerenciados pelo fornecedor**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- BONNAL, P; GOURC, D; LACOSTE, G. The life cycle of technical projects. **Project Management Journal**, [s.i], v. 33, n. 1, p.12-19, 2002.
- BLAU, G. E. et al. Managing a Portfolio of Interdependent New Product Candidates in the Pharmaceutical Industry. **Journal Of Product Innovation Management**, [s.l.], v. 21, n. 4, p.227-245, jul. 2004.
- BYRD, Richard H.; NOCEDAL, Jorge; WALTZ, Richard A.. Knitro: An Integrated Package for Nonlinear Optimization. **Nonconvex Optimization And Its Applications**, [s.l.], p.35-59, 2006.
- CABALLERO, H. C.; CHOPRA, S.; SCHMIDT, E. K. Project portfolio selection using mathematical programming and optimization methods. **Paper PMI® Global Congress 2012 - North America**, Vancouver, British Columbia, Canada. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2012.

CANBAZ, B.; MARLE, F. Construction of project portfolio considering efficiency, strategic effectiveness, balance and project interdependencies. **International Journal Of Project Organisation And Management**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.103-126, 2016.

CARAZO, A. F. et al. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 37, n. 4, p.630-639, abr. 2010.

COLDRICK, S. et al. An R&D options selection model for investment decisions. **Technovation**, [s.l.], v. 25, n. 3, p.185-193, mar. 2005.

COLLYER, S; WARREN, Clive M.j.. Project management approaches for dynamic environments. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 27, n. 4, p.355-364, maio 2009.

COOPER, R. G. **Produtos Que Dão Certo: Como Criar Valor e Desenvolver Produtos Inovadores**. São Paulo: Saraiva, 2012. 448 p.

COOPER, R. G.; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J.. Benchmarking Best NPD Practices— I. **Research-technology Management**, [s.l.], v. 47, n. 1, p.31-43, jan. 2004.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J.. **Portfolio Management For New Products**. Cambridge, Ma: Perseus, 2001.

COOPER, R. G.; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J.. New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management More Effective. **Research-technology Management**, [s.l.], v. 43, n. 2, p.18-33, mar. 2000.

COOPER, R.G.; EDGETT, S. J; KLEINSCHMIDT, E. New product portfolio management: practices and performance. **Journal Of Product Innovation Management**, Nova York, v. 16, n. 4, p.333-351, jul. 1999.

COULON, M et al. An overview of tools for managing the corporate innovation portfolio. **International Journal Of Technology Intelligence And Planning**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.221-239, 2009.

CHEN, Jiaqiong; ASKIN, Ronald G.. Project selection, scheduling and resource allocation with time dependent returns. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 193, n. 1, p.23-34, fev. 2009.

DANILOVIC, M.; BROWNING, T.R.. Managing complex product development projects with design structure matrices and domain mapping matrices. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 25, n. 3, p.300-314, abr. 2007.

DVIR, D.; RAZ, T; SHENHAR, A. J.. An empirical analysis of the relationship between project planning and project success. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 21, n. 2, p.89-95, fev. 2003.

DICKINSON, M.W.; THORNTON, A.C.; GRAVES, S. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods. **Institute of Electrical and**

**Electronics Engineers (IEEE) Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. 48, n. 4, p.518-527, 2001.

DUTRA, C.C.; RIBEIRO, J.L. D.; CARVALHO, M.M. An economic–probabilistic model for project selection and prioritization. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 32, n. 6, p.1042-1055, ago. 2014.

ENGWALL, M.; JERBRANT, A. The resource allocation syndrome: the prime challenge of multi-project management?. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 21, n. 6, p.403-409, ago. 2003.

FERREIRA, E.C.; BAPTISTA, E.C.; SOLER, E.M. Uma investigação dos parâmetros nos métodos mistos de otimização não linear. In: II SEMINÁRIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, 2., 2012, Bauru. **Anais do II Seminário da Pós-graduação em Engenharia Elétrica (2012)**. Bauru: Unesp, 2012. p. 1 - 10.

FOX, G. E.; BAKER, N. R.; BRYANT, J. L.. Economic Models for R and D Project Selection in the Presence of Project Interactions. **Management Science**, [s.l.], v. 30, n. 7, p.890-902, jul. 1984.

FRISCH, K. R. The logarithmic Potential Method of Convex Programming, **Memorandum, University Institute of Economics**, Oslo, Norway, 1955.

GAMS. **KNITRO**. Disponível em: <[https://www.gams.com/latest/docs/S\\_KNITRO.html](https://www.gams.com/latest/docs/S_KNITRO.html)>. Acesso em: 16 fev. 2018.

GEAR, A. E.; LOCKETT, A. G.; PEARSON, A. W. Analysis of some portfolio selection models for R&D. **IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. -18, n. 2, p.66-76, 1971.

GHASEMZADEH, F.; IYOGUN, P.; ARCHER, N. A Zero-One ILP model for project portfolio selection. **Innovation Research Centre Working Paper**, Michael G. De Groote School of Business, McMaster University, Hamilton, ON, 1996.

GUPTA, O.K.; RAVINDRAN, A. Branch and Bound Experiments in Convex Nonlinear Integer Programming. **Management Science**, [s.l.], v. 31, n. 12, p.1533-1546, dez. 1985.

GUTJAHR, W. J. et al. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 205, n. 3, p.670-679, set. 2010.

HAIMES, Y. Y.; WISMER, D. A.; LASDON, L.S.. On a Bicriterion Formulation of the Problems of Integrated System Identification and System Optimization. **Ieee Transactions On Systems, Man, And Cybernetics**, [s.l.], v. -1, n. 3, p.296-297, jul. 1971.

HARTMANN, S.; KOLISCH, R. Experimental evaluation of state-of-the-art heuristics for the resource-constrained project scheduling problem. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 127, n. 2, p.394-407, dez. 2000.

HENRIKSEN, A.d.; TRAYNOR, A.j.. A practical R&D project-selection scoring tool. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. 46, n. 2, p.158-170, maio 1999. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

HERROELEN, W.; REYCK, B.; DEMEULEMEESTER, Erik. Resource-constrained project scheduling: A survey of recent developments. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 25, n. 4, p.279-302, abr. 1998.

HESS, S. W.. A Dynamic Programming Approach to R and D Budgeting and Project Selection. **IEE Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. -9, n. 4, p.170-179, dez. 1962.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, Gerald J.. **Introdução À Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2006.

JONAS, D.; KOCK, A.; GEMÜNDEN, H. G. Predicting Project Portfolio Success by Measuring Management Quality—A Longitudinal Study. **IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. 60, n. 2, p.215-226, maio 2013.

JONAS, D. Empowering project portfolio managers: How management involvement impacts project portfolio management performance. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 28, n. 8, p.818-831, dez. 2010.

JUGEND, D.; BARBALHO, S.C.M.; SILVA, S.L. Contribuições do escritório de projetos à gestão do portfólio de produtos. **Production**, [s.l.], v. 26, n. 1, p.190-202, mar. 2016.

JUGEND, D.; BARBALHO, S.C.M.; SILVA, S.L. **Gestão de Projetos: Teoria, prática e tendências**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

JUGEND, D.; SILVA, S. L. Product-portfolio management: A framework based on Methods, Organization, and Strategy. **Concurrent Engineering**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.17-28, 12 nov. 2013.

KAISER, M. G.; ARBI, Fedi El; AHLEMANN, Frederik. Successful project portfolio management beyond project selection techniques: Understanding the role of structural alignment. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.126-139, jan. 2015.

KAVADIAS, Stylianos; LOCH, Christoph H.. Optimal project sequencing with recourse at a scarce resource. **Production And Operations Management**, [s.l.], v. 12, n. 4, p.433-444, 5 jan. 2009.

KENDALL, G. I.; ROLLINS, S. C. **Advanced Project Portfolio Management and the PMO: Multiplying ROI at Warp Speed**. Florida: J. Ross Publishing, 2016. 434 p.

KESTER, L.; HULTINK, E. J.; GRIFFIN, A. An Empirical Investigation of the Antecedents and Outcomes of NPD Portfolio Success. **Journal Of Product Innovation Management**, [s.l.], v. 31, n. 6, p.1199-1213, 16 jun. 2014.

KESTER, L. et al. Exploring Portfolio Decision-Making Processes. **Journal Of Product Innovation Management**, [s.l.], p.641-661, 2011.

KILLEN, C. P. Evaluation of project interdependency visualizations through decision scenario experimentation. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 31, n. 6, p.804-816, ago. 2013.

KOCK, A.; HEISING, W.; GEMÜNDEN, H. G. A Contingency Approach on the Impact of Front-End Success on Project Portfolio Success. **Project Management Journal**, [s.l.], v. 47, n. 2, p.115-129, 4 mar. 2016.

KOCK, A.; HEISING, W.; GEMÜNDEN, H. G. How Ideation Portfolio Management Influences Front-End Success. **Journal Of Product Innovation Management**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.539-555, 1 set. 2014.

KOLISCH, R; PADMAN, R. An integrated survey of deterministic project scheduling. **Omega**, [s.l.], v. 29, n. 3, p.249-272, jun. 2001.

KOPMANN, J. et al. The role of project portfolio management in fostering both deliberate and emergent strategy. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.557-570, maio 2017.

KOPMANN, Julian et al. Business Case Control in Project Portfolios—An Empirical Investigation of Performance Consequences and Moderating Effects. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. 62, n. 4, p.529-543, nov. 2015.

KORHONEN, T.; LAINE, T.; MARTINSUO, M. Management Control of Project Portfolio Uncertainty: A Managerial Role Perspective. **Project Management Journal**, [s.l.], v. 45, n. 1, p.21-37, fev. 2014.

KOSTALOVA, J.; TETREVOVA, L.; SVEDIK, J. Support of Project Management Methods by Project Management Information System. **Procedia - Social And Behavioral Sciences**, [s.l.], v. 210, p.96-104, dez. 2015.

KOSTALOVA, J.; TETREVOVA, L. Project Management and its Tools in Practice in the Czech Republic. **Procedia - Social And Behavioral Sciences**, [s.l.], v. 150, p.678-689, set. 2014.

KPMG. KPMG New Zealand Project Management Survey 2010. KPMG.2010.

LABUSCHAGNE, C.; BRENT, A.C.. Sustainable Project Life Cycle Management: the need to integrate life cycles in the manufacturing sector. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.159-168, fev. 2005.

LERCH, M.; SPIETH, P. Innovation Project Portfolio Management: A Qualitative Analysis. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.18-29, fev. 2013.

LEVINE, H. A. **Project Portfolio Management: A Practical Guide to Selecting Projects, Managing Portfolios, and Maximizing Benefits**. São Francisco, Ca: Jossey- Bass, 2005. 560 p.

LASLO, Z. Project portfolio management: An integrated method for resource planning and scheduling to minimize planning/scheduling-dependent expenses. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 28, n. 6, p.609-618, ago. 2010.

LOURENÇÃO, A.M. **Uma proposta de modelo e método de otimização para sistemas de estoque multiprodutos**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

MARCELINO-SÁDABA, S.; GONZÁLEZ-JAEN, L.F.; PÉREZ-EZCURDIA, Amaya. Using project management as a way to sustainability. From a comprehensive review to a framework definition. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 99, p.1-16, jul. 2015.

MARTINO, J.P. **Research and Development Project Selection**. Nova York: Wiley Series In Engineering And Technology Management, 1995. 266 p.

MCNALLY, R.C. et al. Exploring new product portfolio management decisions: The role of managers' dispositional traits. **Industrial Marketing Management**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.127-143, jan. 2009.

MAIO, A.; VERGANTI, R.; CORSO, M. A multi-project management framework for new product development. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 78, n. 2, p.178-191, out. 1994.

MARKOWITZ, H. PORTFOLIO SELECTION. **The Journal Of Finance**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.77-91, mar. 1952.

MESKENDAHL, S. The influence of business strategy on project portfolio management and its success — A conceptual framework. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 28, n. 8, p.807-817, dez. 2010.

MIKKOLA, Juliana Hsuan. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. **Technovation**, [s.l.], v. 21, n. 7, p.423-435, jul. 2001.

MUSAWIR, A. U. et al. Project governance, benefit management, and project success: Towards a framework for supporting organizational strategy implementation. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 35, n. 8, p.1658-1672, nov. 2017.

OKPALA, D.C. Evaluation and selection of construction projects in Nigeria. **Construction Management And Economics**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.51-61, fev. 1991.

ÖZDAMAR, L.; ULUSOY, G. A survey on the resource-constrained project scheduling problem. **Iie Transactions**, [s.l.], v. 27, n. 5, p.574-586, out. 1995.

PADOVANI, M.; CARVALHO, M.M; MUSCAT, A. R. N.. Ajuste e balanceamento do portfólio de projetos: o caso de uma empresa do setor químico. **Production**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.651-695, 18 set. 2012.

PANTUZA JÚNIOR, G.P. Uma abordagem multiobjetivo para o problema de sequenciamento e alocação de trabalhadores. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.132-145, mar. 2016.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J.P; PROBERT, D. R.. Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting And Social Change**, [s.l.], v. 71, n. 1-2, p.5-26, jan. 2004.

PLATJE, A.; SEIDEL, H.; WADMAN, S. Project and portfolio planning cycle. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 12, n. 2, p.100-106, maio 1994.

Project Management Institute. PMI's Pulse of the Profession: The High Cost of Low Performance. **Project Management Institute**, 2014.

Project Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)**. 4. ed. Newtown Square, Pa: Project Management Institute, 2008a.

Project Management Institute. **The standard for portfolio management**. 2. ed. Newtown Square: Project Management Institute., 2008b.

RANK, J.; UNGER, B.N.; GEMÜNDEN, H. G Preparedness for the future in project portfolio management: The roles of proactiveness, riskiness and willingness to cannibalize. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 33, n. 8, p.1730-1743, nov. 2015.

ROHRBECK, R.; GEMÜNDEN, H.G. Corporate foresight: Its three roles in enhancing the innovation capacity of a firm. **Technological Forecasting And Social Change**, [s.l.], v. 78, n. 2, p.231-243, fev. 2011.

SANCHEZ, H.; ROBERT, B.; PELLERIN, R. A project portfolio risk-opportunity identification framework. **Project Management Journal**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.97-109, 2008.

SAGE, D.; DAINTY, A.; BROOKES, N. A critical argument in favor of theoretical pluralism: Project failure and the many and varied limitations of project management. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.544-555, maio 2014.

SCHMIDT, R.L. A model for R&D project selection with combined benefit, outcome and resource interactions. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [s.l.], v. 40, n. 4, p.403-410, 1993.

SHENHAR, A. J. et al. Project Success: A Multidimensional Strategic Concept: The roles of proactiveness, riskiness and willingness to cannibalize. **Long Range Planning**, [s.l.], v. 34, p.699-725, 2001.

SHENHAR, A.J.; DVIR, Dov. Toward a typological theory of project management. **Research Policy**, [s.l.], v. 25, n. 4, p.607-632, jun. 1996.

TELLER, J.; KOCK, A. An empirical investigation on how portfolio risk management influences project portfolio success. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 31, n. 6, p.817-829, ago. 2013.

UNGER, B.N. et al. Enforcing strategic fit of project portfolios by project termination: An empirical study on senior management involvement. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 30, n. 6, p.675-685, ago. 2012.

QUESADA, I; GROSSMANN, I. An LP/NLP based branch and bound algorithm for convex MINLP optimization problems. **Computers And Chemical Engineering**, [s.l.], v. 10, n. 16, p.937-947, 1992.

VERBANO, C.; NOSELLA, A. Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. **European Journal Of Innovation Management**, [s.l.], v. 13, n. 3, p.355-379, 3 ago. 2010.

VOSS, M. Impact of customer integration on project portfolio management and its success - Developing a conceptual framework. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 30, n. 5, p.567-581, jul. 2012.

VOSS, M.; KOCK, A. Impact of relationship value on project portfolio success — Investigating the moderating effects of portfolio characteristics and external turbulence. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 31, n. 6, p.847-861, ago. 2013.

WALTZ, R.A. et al. An interior algorithm for nonlinear optimization that combines line search and trust region steps. **Mathematical Programming**, [s.l.], v. 107, n. 3, p.391-408, 25 nov. 2005.

## ANEXO I - GUIA DE ENTREVISTA

### INTRODUÇÃO: (10 min)

A entrevista será iniciada com uma breve apresentação do projeto de pesquisa.

Notas:

- Para este trabalho, “projeto” será considerado com um evento que possui um começo e final (escopo) bem definidos, isto é, projetos atuais, projetos já iniciados e ideias potenciais de projetos já aprovadas pela gestão
- Os dados fornecidos para esta pesquisa podem ser aproximados, entretanto quanto mais próximos eles forem da realidade, melhor serão os resultados da seleção de portfólio.

### DIMENSÃO: MAXIMIZAÇÃO DE VALOR (25 min)

- 1) Em um período de 3 anos: Quantos ciclos de financiamento foram realizados no portfólio de projetos da empresa? [R, I]
  - 1.1) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor do investimento? (quantidade de investimentos  $i$  necessários para o portfólio)? [i]
  - 1.2) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor máximo que o investimento pode atingir? [x]
  - 1.3) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor dos lucros esperados (quantidade dos resultados  $r$  esperados para o portfólio)? [r]
  - 1.4) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor mínimo de lucro esperado? [y]

É necessário verificar qual é o período de avaliação (*stage gate*) da empresa. O período de 3 anos, é somente ilustrativo e pode variar de acordo com a realidade da organização.

Para as questões de 2 – 4:

- A avaliação será realizada da combinação entre os pares de projetos. Por exemplo: Considerando que a empresa possui 3 projetos, A, B e C. A avaliação será do projeto A em relação a ele mesmo, projeto A em relação ao projeto B e do projeto A em relação ao C. Depois: Projeto B em relação ao projeto A,

Projeto B em relação a ele mesmo e do projeto B em relação ao projeto C, e assim por diante.

- Se a interação é benéfica, seu valor será positivo, caso contrário, o valor será negativo. Caso não haja interação entre os projetos, seu valor será nulo.

- 2) Como os projetos são lançados juntos no portfólio, eles podem compartilhar recursos financeiros. Qual é o valor da interação de recursos entre os pares de projetos para cada investimento  $i$ ? [U]
- 3) Como os projetos são lançados juntos no portfólio, o lucro esperado para eles pode mudar. Qual é a interação de benefício (valor direto do lucro) entre os projetos para cada output  $r$ ? [V]
- 4) Os projetos são independentes, logo a sua probabilidade de sucesso pode ser alterada quando esses são lançados juntos. Qual é a interação de probabilidade de sucesso entre os pares de projetos? [P]

#### **DIMENSÃO: ALINHAMENTO ESTRATÉGICO (20 min)**

- 5) Qual é o número total de projetos disponíveis no portfólio da empresa? [j]
- 6) Qual é o limite máximo de projetos, em termos de capacidade operacional, que a empresa pode executar? [max]
- 7) Qual é o limite mínimo de projetos, em termos de receita esperada, que a empresa deve executar para fornecer lucro suficiente para a empresa? [min]
- 8) Quais são os principais objetivos da empresa? [o]
  - 8.1) A empresa possui algum método de pontuação para avaliar seus projetos em relação aos objetivos declarados?

Se sim:

- Qual é a pontuação para cada projeto de acordo com os objetivos listados da empresa? [P; score of the project]
- Qual é a pontuação mínima para cada objetivo? [min score]

Caso contrário:

- Em uma escala de 0-10, em que 0 corresponde a “não atende” e 10 corresponde a “atende totalmente”, atribua uma pontuação para cada projeto de acordo com cada objetivo da empresa [P<sub>j</sub> score of the project]

### **DIMENSÃO: BALANCEAMENTO (20 min)**

- 9) Quais projetos, dentre os que foram listados, já foi iniciado? [constraint]
- 10) Quais projetos são considerados mais difíceis em se executar? Se algum deles for considerado no portfólio, o limite de capacidade de execução de projetos será afetado? Se sim, qual é o novo limite máximo para cada caso? [Max j]
- 11) Quais projetos são considerados mais simples de se executar? Se um deles for considerado no portfólio, o limite de capacidade de execução de projetos será afetado? (em termos da empresa obter o lucro mínimo esperado). Se sim, qual é o novo limite mínimo para cada caso? [Min j]
- 12) Existe algum projeto que deve ser executado com outro projeto específico? (Projetos que compartilham recursos -financeiro, funcionários, maquinário-, que são mutualmente complementares, por exemplo). [constraint]
- 13) Existe algum projeto que se deve evitar sua execução na presença de outro projeto específico? (Projetos que compete pelos mesmos recursos, por exemplo) [constraint]
- 14) Existe algum projeto que é considerado essencial (carro chefe)? (Projetos que devem fazer parte do portfólio). [constraint]
- 15) A empresa se preocupa em equilibrar os projetos de inovação radical e incremental na composição do portfólio? [constraint]

Se sim:

- Há uma relação percentual entre os projetos de inovação radical e incremental que a empresa considera que o portfólio deve apresentar para ser bem-sucedido?
- Quais projetos são considerados de inovação radical?
- Quais projetos são considerados de inovação incremental?

- 16) A empresa se preocupa em equilibrar os projetos de longo e curto prazo? [constraint]

Se sim:

- Há uma relação percentual entre os projetos de longo e curto prazo que a empresa considera que o portfólio deve apresentar para ser bem-sucedido?

- Quais projetos são considerados de longo prazo?
- Quais projetos são considerados de curto prazo?

**DIMENSÃO: PREPARAÇÃO PARA O FUTURO (15 min)**

- 17) Quanto cada projeto considerado capacita o desenvolvimento de novas tecnologias para a empresa? (Avaliar cada projeto em uma escala de 0 a 10, em que 0 corresponde a “não atende” e 10 corresponde a “atende totalmente”).
- 18) Quanto cada projeto contribui para o desenvolvimento de novos mercados para a companhia? (Avaliar cada projeto em uma escala de 0 a 10, em que 0 corresponde a “não atende” e 10 corresponde a “atende totalmente”).
- 19) Quanto cada projeto contribui para que a empresa esteja a frente de seus competidores? (Avaliar cada projeto em uma escala de 0 a 10, em que 0 corresponde a “não atende” e 10 corresponde a “atende totalmente”).

## ANEXO II - COLETA DE DADOS CASO A

1) Quantos ciclos de financiamento foram realizados no portfólio de projetos da empresa?		2							
1.1) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor máximo do investimento no portfólio?		R\$ 700.000,00	R\$ 2.000.000,00						
1.2) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor mínimo do lucro esperado para o portfólio?		R\$ 1.000.000,00	R\$ 9.000.000,00						
2) Qual é o número total de projetos disponíveis para o portfólio da empresa?		8							
3) Qual é a quantidade máxima de projetos que a empresa é capaz de executar?		5							
4) Qual é a quantidade mínima de projetos que a empresa precisa executar para atingir lucro suficiente para a empresa?		3							
5) Quantos objetivos organizacionais a empresa possui?		5							
1) Custo de execução de cada projeto		2) Lucro esperado para cada projeto?		3) Probabilidade de sucesso					
i=1		i=2		r=1		r=2			
Projeto A	R\$ -	R\$ 200.000,00	Projeto A	R\$ -	R\$ 1.000.000,00	Projeto A	90%		
Projeto B	R\$ 33.380,00	R\$ 200.000,00	Projeto B	R\$ 166.880,00	R\$ 1.000.000,00	Projeto B	80%		
Projeto C	R\$ 117.900,00	R\$ 600.000,00	Projeto C	R\$ 589.500,00	R\$ 3.000.000,00	Projeto C	60%		
Projeto D	R\$ 140.150,00	R\$ 600.000,00	Projeto D	R\$ 700.750,00	R\$ 3.000.000,00	Projeto D	70%		
Projeto E	R\$ 51.500,00	R\$ 100.000,00	Projeto E	R\$ 255.750,00	R\$ 5.000.000,00	Projeto E	80%		
Projeto F	R\$ -	R\$ 200.000,00	Projeto F	R\$ -	R\$ 1.000.000,00	Projeto F	70%		
Projeto G	R\$ -	R\$ 100.000,00	Projeto G	R\$ -	R\$ 2.000.000,00	Projeto G	100%		
Projeto H	R\$ 55.630,00	R\$ 600.000,00	Projeto H	R\$ 278.130,00	R\$ 3.000.000,00	Projeto H	50%		
4) Os pares de projetos abaixo compartilham recursos (equipamentos, instalações, mão-de-obra.)?									
Para i=1									
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	
Projeto A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto B	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto C	-	-R\$ 22.250,00	-	-	-	-	-	-	
Projeto D	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto E	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto F	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto G	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto H	-	-	-R\$ 22.250,00	-	-	-	-	-	
Para i=2 os pares de projetos não compartilham recursos									
5) Ao considerar os pares de projetos abaixo, o lucro de um projeto pode ser afetado pelo outro ?									
Em r=1 e r=2 não há relação									
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	
Projeto A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto B	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto C	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto D	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto E	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto F	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto G	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto H	-	-	-	-	-	-	-	-	
6) Dentre os pares de projetos abaixo, a probabilidade de sucesso pode sofrer influência de outro projeto?									
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	
Projeto A	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto B	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto C	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto D	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto E	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto F	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto G	-	-	-	-	-	-	-	-	
Projeto H	-	-	-	-	-	-	-	-	
Qual a contribuição de cada projeto com os objetivos organizacionais da empresa?									
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	MinScore
objetivo 1	0	7	10	9	0	1	1	3	15
objetivo 2	0	5	5	2	2	5	8	10	18
objetivo 3	0	8	10	10	7	0	10	0	22
objetivo 4	10	2	7	8	8	0	3	8	23
objetivo 5	7	7	10	8	10	7	10	8	33
Nota: Para as questões 8, 9 e 10, avalie a contribuição de cada projeto em uma escala de 0-10									
8) Quanto cada projeto capacita o desenvolvimento de novas tecnologias para a empresa?									
Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	MinScore	
6	8	10	7	0	10	0	0	15	
9) Quanto cada projeto contribui para o desenvolvimento de novos mercados para a companhia?									
Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	MinScore	
1	1	8	1	1	8	1	10	10	
10) Quanto cada projeto contribui para que a empresa esteja a frente de seus competidores?									
Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F	Projeto G	Projeto H	MinScore	
6	8	10	8	4	9	0	10	18	
11) Dentre os projetos que foram listados, qual deles já foram iniciados e encontram-se em estágio avançado de execução?									
12) Dentre os projetos que foram listados, algum deles é considerado essencial (carro chefe) para a empresa?								8 e 7	
13) Existe algum projeto que por ser mais complexo, necessite de mais investimentos?									
14) A empresa se preocupa em equilibrar os projetos de inovação radical e incremental na composição do portfólio?								N	N
Identifique a proporção/relação entre os projetos de inovação radical e incremental que a empresa adota:									
15) A empresa se preocupa em equilibrar os projetos de curto e longos prazo?								N	

## ANEXO III - COLETA DE DADOS CASO B

1) Em um determinado período de tempo (período de avaliação). Quantos ciclos de financiamento foram realizados no portfólio de projetos da empresa?										1		
1.1) Para cada ciclo de financiamento, qual é o valor máximo monetário do investimento no portfólio?										R\$ 600.000,00		
1.2) Para cada respectivo ciclo de financiamento, qual é o valor mínimo do lucro esperado para o portfólio?										R\$ 900.000,00		
2) Qual é o número total de projetos disponíveis para o portfólio da empresa?										6		
3) Em termos de capacidade operacional, qual é a quantidade máxima de projetos que a empresa é capaz de executar?										1		
4) Em termos de retorno esperado, qual é a quantidade mínima de projetos que a empresa precisa executar para atingir lucro suficiente para a empresa?										1		
5) Quantos objetivos organizacionais a empresa possui?										3		
1) Qual o custo de execução de cada projeto ?					2) Qual o lucro esperado para cada projeto?					3) Probabilidade de sucesso		
Projeto A	R\$ 170.000,00				Projeto A	R\$ 280.000,00				Projeto A	80%	
Projeto B	R\$ 215.000,00				Projeto B	R\$ 355.000,00				Projeto B	80%	
Projeto C	R\$ 200.000,00				Projeto C	R\$ 330.000,00				Projeto C	60%	
Projeto D	R\$ 85.000,00				Projeto D	R\$ 140.000,00				Projeto D	60%	
Projeto E	R\$ 55.000,00				Projeto E	R\$ 90.000,00				Projeto E	40%	
Projeto F	R\$ 70.000,00				Projeto F	R\$ 115.000,00				Projeto F	60%	
4) Os pares de projetos abaixo compartilham recursos (equipamentos, instalações, mão-de-obra.)?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F						
Projeto A	-	-65000	-65000	-65000	-65000	-65000						
Projeto B	-65000	-	-65000	-65000	-65000	-65000						
Projeto C	-65000	-65000	-	-65000	-65000	-65000						
Projeto D	-65000	-65000	-65000	-	-65000	-65000						
Projeto E	-65000	-65000	-65000	-65000	-	-65000						
Projeto F	-65000	-65000	-65000	-65000	-65000	-						
5) Ao considerar os pares de projetos abaixo, o lucro de um projeto pode ser afetado pelo outro ?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F						
Projeto A	-	-	-	-	-	-						
Projeto B	-	-	-	-	-	-						
Projeto C	-	-	-	-	-	-						
Projeto D	-	-	-	-	-	-						
Projeto E	-	-	-	-	-	-						
Projeto F	-	-	-	-	-	-						
6) Dentre os pares de projetos abaixo, a probabilidade de sucesso pode sofrer influência de outro projeto?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F						
Projeto A	-	-	-	-	-	-						
Projeto B	-	-	-	-	-	-						
Projeto C	-	-	-	-	-	-						
Projeto D	-	-	-	-	-	-						
Projeto E	-	-	-	-	-	-						
Projeto F	-	-	-	-	-	-						
7) De acordo com os objetivos organizacionais identificados pela empresa, considerando uma escala de 0-10.												
Qual a contribuição de cada projeto com os objetivos organizacionais da empresa?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F				Pontuação Mínima do portfólio		
objetivo 1	10	8	6	6	6	4				objetivo 1	20	
objetivo 2	10	8	8	6	6	6				objetivo 2	22	
objetivo 3	8	8	6	6	4	6				objetivo 3	19	
Nota: Para as questões 8, 9 e 10, avalie a contribuição de cada projeto em uma escala de 0-10.												
8) Quanto cada projeto capacita o desenvolvimento de novas tecnologias para a empresa?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F				Pontuação Mínima do portfólio	:12	
	2	4	4	4	6	4						
9) Quanto cada projeto contribui para o desenvolvimento de novos mercados para a companhia?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F				Pontuação Mínima do portfólio	:20	
	10	8	6	6	3	4						
10) Quanto cada projeto contribui para que a empresa esteja a frente de seus competidores?												
	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F				Pontuação Mínima do portfólio	:22	
	10	8	8	6	6	6						
11) Dentre os projetos que foram listados, qual deles já foram iniciados e encontram-se em estágio avançado de execução?												
12) Dentre os projetos que foram listados, algum deles é considerado essencial (carro chefe) para a empresa?												
13) Existe algum projeto que por ser mais complexo, necessite de mais investimentos e reduz a capacidade operacional da empresa?												B
Existe algum projeto que se enquadra nesta situação? Se sim, identifique o(s) projeto(s) e a(s) nova(s) capacidade(s) operacional(is).												
14) A empresa se preocupa em equilibrar os projetos de inovação radical e incremental na composição do portfólio?												N
SE SIM:												
Identifique os projetos de inovação radical:										Projeto E		
Identifique os projetos de inovação incremental:										Demais Projetos		
Identifique a proporção/relação entre os projetos de inovação radical e incremental que a empresa adota:												