

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA  
INSTITUTO TERCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS  
COMPUTACIONAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

MARCELO CARVALHO FERNANDES

**I-PLAN: UM MÉTODO PARA O  
PLANEJAMENTO DE ENTREGAS  
EM PROJETOS ÁGEIS DE  
*SOFTWARE* NO SETOR PÚBLICO**

Rio de Janeiro  
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA  
INSTITUTO TERCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS  
COMPUTACIONAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

MARCELO CARVALHO FERNANDES

**I-PLAN: UM MÉTODO PARA O  
PLANEJAMENTO DE ENTREGAS  
EM PROJETOS ÁGEIS DE  
*SOFTWARE* NO SETOR PÚBLICO**

Tese de Doutorado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Informática.

Orientador: Eber Assis Schmitz, Ph.D.

Co-orientador: Antônio Juarez Sylvio Menezes de Alencar, D.Phil.

Rio de Janeiro  
2018

## CIP - Catalogação na Publicação

C331i Carvalho Fernandes, Marcelo  
i-PLAN: Um método para o planejamento de entregas em projetos ágeis de software no setor público / Marcelo Carvalho Fernandes. -- Rio de Janeiro, 2018.  
201 f.

Orientador: Eber Assis Schmitz.  
Coorientador: Antônio Juarez Sylvio Menezes de Alencar.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em informática, 2018.

1. Métodos Ágeis. 2. Avaliação de Investimentos. 3. Planejamento de Entregas. 4. Benefícios Intangíveis. 5. Análise Envoltória de Dados. I. Assis Schmitz, Eber, orient. II. Juarez Sylvio Menezes de Alencar, Antônio, coorient. III. Título.

MARCELO CARVALHO FERNANDES

**i-PLAN: UM MÉTODO PARA O PLANEJAMENTO DE  
ENTREGAS EM PROJETOS ÁGEIS DE *SOFTWARE*  
NO SETOR PÚBLICO**

Tese de Doutorado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Informática.

Aprovado em:

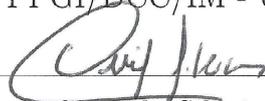
Rio de Janeiro, 26 de Março de 2018.



Prof. Eber Assis Schmitz, Ph.D.  
PPGI/DCC/IM - UFRJ (Orientador)



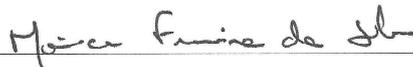
Prof. Antônio Juarez Sylvio Menezes de Alencar, D.Phil.  
PPGI/DCC/IM - UFRJ (Co-orientador)



Prof. Denis Silva da Silveira, D.Sc. DCA/CCSA - UFPE.



Prof. José Francisco Moreira Pessanha, D.Sc. IME - UERJ.



Prof. Mônica Ferreira da Silva, D.Sc. PPGI/NCE - UFRJ.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Sergio Pinheiro Fernandes e Dayse Carvalho Fernandes, à minha esposa Paula Mendes da Silva e ao meu filho Gabriel Mendes Fernandes.

Agradeço também aos professores Eber Assis Schmitz e Antônio Juarez Alencar pela parceria que tivemos desde 1995, quando os conheci durante o meu primeiro trabalho na área de informática no NCE-UFRJ.

## RESUMO

Nesses últimos anos, os métodos ágeis se tornaram um assunto de interesse para os servidores públicos. Não apenas o uso de métodos ágeis permite um envolvimento mais profundo dos donos de produto, como também favorecem a apropriação mais rápida de benefícios. Entretanto, as abordagens existentes para o direcionamento de investimentos durante o planejamento de entregas em projetos ágeis de *software* possuem deficiências que podem restringir sua aplicação no setor público. Esta tese tem como objetivo promover o desenvolvimento e o refinamento de melhores métodos para orientar as decisões de investimentos no planejamento de entregas em projetos ágeis de *software* no setor público.

**Palavras-chave:** Métodos Ágeis. Avaliação de Investimentos. Planejamento de Entregas. Benefícios Intangíveis. Setor Público. Processo Analítico Hierárquico. Análise Envoltória de Dados

## **ABSTRACT**

In recent years agile methods have become a subject of great interest for civil servants. Not only do their use enable a deeper involvement of product owners, but they also encourages the early appropriation of benefits. However, the existing approaches for directing the investments during the release planning of agile software projects have shortcomings that can restrict their use in the public sector. This thesis aims to promote the development and refinement of better methods to support investment decisions in the release planning of agile software projects in the public sector.

**Keywords:** Agile methods. Investment Analysis. Public Sector. Release Planning. Intangible Benefits. Analytic Hierarchy Process. Data Envelopment Analysis

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Plano de entrega de um projeto ágil de <i>software</i> . . . . .	25
Figura 2.2: Plano de entrega de um <i>portfolio</i> de projetos ágeis de <i>software</i> . . .	26
Figura 2.3: Exemplo de hierarquia do AHP para um planejamento de entregas considerando benefícios intangíveis. . . . .	31
Figura 2.4: Exemplo de fronteiras de eficiência utilizando os rendimentos constante (CRS) e variável (VRS) de escala. . . . .	46
Figura 2.5: Representação das eficiências orientadas a entrada e a saída em um rendimento variável de escala. . . . .	49
Figura 3.1: Resumo da revisão de literatura sobre análise de investimentos . .	74
Figura 3.2: Resumo da revisão de literatura sobre planejamento de entregas .	97
Figura 4.1: Principais atividades envolvidas no método i-Plan de planejamento de entregas. . . . .	100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Escala fundamental do AHP para comparação aos pares. . . . .	32
Tabela 2.2: Matriz de comparação dos benefícios intangíveis da hierarquia do AHP apresentada na Figura 2.3. . . . .	33
Tabela 2.3: Matriz de comparação dos benefícios intangíveis da hierarquia do AHP apresentada na Figura 2.3. . . . .	33
Tabela 2.4: Índices de relevância dos benefícios intangíveis apresentados na Figura 2.3. . . . .	34
Tabela 2.5: Índice aleatório para cálculo da taxa de consistência de matrizes de comparação de ordem $n$ (SAATY, 1977) . . . . .	35
Tabela 2.6: Matriz de comparação da relevância relativa dos diversos fatores da escala absoluta de valores. . . . .	36
Tabela 2.7: Avaliação da relevância das funcionalidades em relação a cada um dos benefícios intangíveis. . . . .	37
Tabela 2.8: Cálculo detalhado da relevância ponderada das funcionalidades. .	38
Tabela 2.9: Exemplo de planos de entrega do portfólio. . . . .	39
Tabela 2.10: Entradas e saídas de cada plano de entrega. . . . .	45
Tabela 2.11: Eficiência orientada a entrada e a saída de cada plano de entrega envolvido no planejamento de entregas. . . . .	51
Tabela 2.12: Entradas e Saídas das DMUs fictícias em uma amostra <i>bootstrap</i> . .	57
Tabela 2.13: Eficiências orientadas a saída das DMUs tendo como referência a fronteira de eficiência criada pelas DMUs fictícias. . . . .	58
Tabela 2.14: Eficiências orientadas a saída e intervalos de confiança calculados usando o método de Simar & Wilson. . . . .	59
Tabela 3.1: Bases de dados pesquisadas. . . . .	62
Tabela 3.2: Termos de busca utilizados. . . . .	63
Tabela 3.3: Quantidade de trabalhos retornados pela busca em cada base de dados. . . . .	64
Tabela 3.4: Trabalhos submetidos aos critérios detalhado de seleção . . . . .	67
Tabela 3.5: Critérios detalhados de seleção . . . . .	68
Tabela 3.6: Bases de dados pesquisadas. . . . .	77
Tabela 3.7: Termos de busca utilizados. . . . .	79
Tabela 3.8: Quantidade de trabalhos retornados pela busca em cada base de dados. . . . .	81
Tabela 3.9: Critérios básicos de seleção . . . . .	82
Tabela 3.10: Critérios detalhados de seleção . . . . .	83

Tabela 3.11: Trabalhos selecionados na segunda revisão de literatura . . . . .	85
Tabela 3.12: Taxonomia de critérios para avaliar funcionalidades proposta por Svahnberg <i>et al.</i> . . . . .	90
Tabela 4.1: Portfólio de projetos . . . . .	109
Tabela 4.2: <i>Backlog</i> de funcionalidades do portfólio com suas respectivas estimativas de duração e de capital. . . . .	110
Tabela 4.3: Relações de precedência entre as funcionalidades do <i>backlog</i> . . . . .	111
Tabela 4.4: Avaliação da relevância das funcionalidades do ponto de vista dos benefícios intangíveis por elas propiciados. . . . .	113
Tabela 4.5: Cálculo do índice de relevância ponderado das funcionalidades do ponto de vista dos benefícios intangíveis por elas proporcionados. . . . .	114
Tabela 4.6: Benefícios tangíveis: redução de custos e/ou aumento da arrecadação propiciado por cada funcionalidade. . . . .	115
Tabela 4.7: Conjunto de planos de entrega válidos . . . . .	116
Tabela 4.8: Dados de entrada e saída das DMUs submetidas ao cálculo de eficiência relativa utilizando o DEA. . . . .	118
Tabela 4.9: Resultado apresentado pelo i-Plan se os planos de entrega corresponderem à população de planos viáveis. . . . .	119
Tabela 4.10: Resultado apresentado pelo i-Plan caso os planos de entrega sejam uma amostra estatisticamente representativa da população de planos viáveis. . . . .	120
Tabela 5.1: Critérios e subcritérios utilizados no planejamento de entregas do TRE-RJ. . . . .	130
Tabela 5.2: Quantidades de funcionalidade e de planos de entrega no pior caso. . . . .	146
Tabela 5.3: Funcionalidades e seus atributos. . . . .	149
Tabela 5.4: Planos de entrega eficientes da população. . . . .	151
Tabela 5.5: Alguns dos planos de entrega que obtidos através da abordagem estatística do i-Plan, suas eficiências médias e seus respectivos intervalos de confiança. . . . .	152
Tabela 6.1: Dimensões e pesos. . . . .	160
Tabela 6.2: Critérios da dimensão <i>Importância do processo</i> . . . . .	161

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Elemento Arquitetural ( <i>Architectural Element</i> )
AHP	Processo Analítico Hierárquico ( <i>Analytic Hierarchy Process</i> )
AIE	Economia da Informação Aplicada ( <i>Applied Information Economics</i> )
CRS	Retorno Constante de Escala ( <i>Constant Returns to Scale</i> )
DEA	Análise Envoltória de Dados ( <i>Data Envelopment Analysis</i> )
EUA	Estados Unidos da América
GAO	Escritório de Contabilidade do Governo dos EUA ( <i>Government Accountability Office</i> )
IC	Índice de Consistência
IR	Índice de Relevância
IRP	Índice de Relevância Ponderado
IRR	Taxa Interna de Retorno ( <i>Internal Rate of Return</i> )
TC	Taxa de Consistência
TCU	Tribunal de Contas da União
TIC	Tecnologia da Informação e da Comunicação
TRA	Avaliação de Maturidade Tecnológica ( <i>Technology Readiness Assessment</i> )
TRE-RJ	Tribunal Reginal Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro
MFI	Método de Financiamento Incremental ( <i>Incremental Funding Method</i> )
MMF	Funcionalidade Mínima Comercializável ( <i>Minimum Marketable Feature</i> )
NPV	Valor Presente Líquido ( <i>Net Present Value</i> )
ROI	Retorno sobre Investimento ( <i>Return On Investment</i> )
VRS	Retorno Variável de Escala ( <i>Variable Returns to Scale</i> )
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
XP	Programação Extrema ( <i>Extreme Programming</i> )

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.1	MOTIVAÇÃO	13
1.2	OBJETIVO	18
1.3	DELIMITAÇÃO	19
1.4	ARTIGOS PUBLICADOS	20
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
<b>2</b>	<b>ARCABOUÇO CONCEITUAL</b>	22
2.1	PROJETOS ÁGEIS DE <i>SOFTWARE</i>	22
2.1.1	Planejamento de entregas em projetos ágeis de <i>software</i>	23
2.2	APROPRIAÇÃO DE BENEFÍCIOS INTANGÍVEIS	27
2.2.1	Avaliação baseada em Benefícios Intangíveis	29
2.3	EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE RECURSOS PÚBLICOS	41
2.3.1	Análise Estatística da Eficiência	53
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	60
3.1	PRIMEIRA REVISÃO DE LITERATURA	61
3.1.1	Fontes de Pesquisa	61
3.1.2	Termos de Busca	62
3.1.3	Execução da Busca	64
3.1.4	Critérios de Seleção de Trabalhos	65
3.1.5	Resumo dos Trabalhos Submetidos ao Critério Detalhado de Seleção	68
3.1.6	Sumário da Revisão de Literatura	73
3.1.7	Conclusão da Primeira Revisão de Literatura	75
3.2	MOTIVAÇÃO PARA A SEGUNDA REVISÃO DE LITERATURA	75
3.3	SEGUNDA REVISÃO DE LITERATURA	76
3.3.1	Fontes de Pesquisa	77
3.3.2	Termos de Busca	77
3.3.3	Execução da Busca	80
3.3.4	Critérios de Seleção de Trabalhos	81
3.3.4.1	Primeira fase	81
3.3.4.2	Segunda fase	82
3.3.4.3	Terceira fase	83
3.3.5	Resumo dos Trabalhos Selecionados	84
3.3.6	Sumário da Revisão de Literatura	96

<b>4</b>	<b>O MÉTODO i-PLAN</b>	98
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	98
4.2	ESPECIFICAÇÃO FORMAL DO MÉTODO	101
4.3	EXEMPLO DE APLICAÇÃO	108
4.4	A FERRAMENTA i-PLAN	121
<b>5</b>	<b>AValiaÇÃO DO MÉTODO</b>	124
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	124
5.2	ESTUDO DE CASO	125
<b>5.2.1</b>	<b>Contexto da avaliação</b>	125
5.2.1.1	Sobre o TRE-RJ	126
<b>5.2.2</b>	<b>A avaliação</b>	127
5.2.2.1	Primeira fase da avaliação	128
5.2.2.2	Segunda fase da avaliação	131
5.2.2.3	Terceira fase da avaliação	138
5.2.2.4	Quarta fase da avaliação	138
<b>5.2.3</b>	<b>Opinião do avaliador</b>	139
5.2.3.1	Qual a importância da apropriação de benefícios tangíveis e, de forma explícita, intangíveis durante o planejamento de entregas?	139
5.2.3.2	Qual a relevância da estruturação hierárquica de critérios e subcritérios nos métodos de planejamento de entregas?	140
5.2.3.3	Quais as vantagens e desvantagens de utilizar a comparação aos pares para definir os pesos dos critérios e as pontuações dos subcritérios?	141
5.2.3.4	Qual a importância de identificar inconsistências ao avaliar critérios e benefícios intangíveis?	142
5.2.3.5	Qual o mérito de orientar as decisões de planejamento de entregas pela eficiência?	143
5.2.3.6	Por que um método de planejamento de entregas deve ser capaz de tratar um grande número de projetos e funcionalidades?	143
5.2.3.7	É viável usar o i-Plan como método de planejamento de entregas no setor público?	144
5.3	AValiaÇÃO DO DESEMPENHO COMPUTACIONAL	145
<b>5.3.1</b>	<b>Considerações iniciais</b>	145
<b>5.3.2</b>	<b>Avaliação mais próxima da realidade das organizações públicas</b>	147
<b>5.3.3</b>	<b>Resultados da avaliação de desempenho computacional</b>	150
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	153
6.1	DISCUSSÃO	153
6.1.1	Por que é importante considerar a eficiência na tomada de decisão envolvendo recursos públicos?	153

6.1.2	Por que os praticantes de métodos ágeis no setor público devem adotar o i-Plan? . . . . .	154
6.1.3	É necessário treinamento para utilizar o i-Plan? . . . . .	155
6.1.4	É viável utilizar o i-Plan na prática? . . . . .	156
6.1.5	Quais as vantagens em estruturar hierarquicamente os benefícios intangíveis propiciados por entregas de um portfólio de projetos ágeis? . . . . .	158
6.1.6	Qual o mérito de utilizar o AHP para determinar a relevância relativa entre os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas? . . . . .	162
6.1.7	Qual é o ganho oferecido pela capacidade do i-Plan de detectar eventuais inconsistências que possam acontecer durante a comparação aos pares dos benefícios intangíveis? . . . . .	163
6.2	LIMITAÇÕES . . . . .	164
6.2.1	Reinvestimento de recursos financeiros . . . . .	164
6.2.2	Utilização do AHP e do DEA . . . . .	165
6.2.3	Valores das variáveis de entrada e saída . . . . .	166
6.2.4	Plataforma para execução da ferramenta . . . . .	166
6.3	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS . . . . .	167
6.3.1	Reinvestimento de recursos financeiros . . . . .	167
6.3.2	Estudo de caso . . . . .	168
6.3.3	Interface de usuário da ferramenta . . . . .	168
6.3.4	Supereficiência . . . . .	169
6.4	CONCLUSÃO . . . . .	169
<b>7</b>	<b>ANEXO . . . . .</b>	<b>173</b>
7.1	DEA COMO UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR . . . . .	173
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>175</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO

De acordo com Susan Moore, analista do Gartner Group, nesses últimos anos o setor público vem enfrentando um regime de grande austeridade fiscal e de incerteza econômica tanto no Brasil quanto no restante do mundo (HANSEN; KRISTIANSEN; SØRENSEN, 2017; MOORE, 2013). Apesar disso, os investimentos em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) continuam volumosos, apresentando cifras consideráveis (SCHOLTENS et al., 2017; BUGGELN; DAUNTON; NÜTZENADEL, 2017).

Por exemplo, em 2016, o governo federal americano investiu mais de 83 bilhões de dólares em TIC, o que equivale, no mesmo período, a mais do que o dobro do faturamento do Grupo BHP Billiton, uma das três maiores mineradoras do mundo (US Government, 2017; BHP Billiton, 2016). No Brasil, em 2017, a administração pública federal estimou ter investido cerca de 16,5 bilhões de reais em TIC (Tribunal de Contas da União, 2017). O montante efetivamente investido ainda não havia sido divulgado pelo governo brasileiro quando da elaboração do presente trabalho.

Estima-se que os gastos mundiais com TIC no setor público tenham sido de quase meio trilhão de dólares em 2013 (MOORE, 2013). Portanto, o governo figura como um dos maiores investidores em TIC (OBEIDAT; NORTH, 2014; ALENCAR et al., 2013).

Esses investimentos sofreram mudanças consideráveis ao longo dos anos. Ini-

cialmente tinham um objetivo eminentemente operacional, já que focavam apenas em iniciativas que permitiam que cálculos fossem feitos de forma mais ágil (FALK; RÖMMELE; SILVERMAN, 2017).

Posteriormente, a TIC passou a auxiliar na automação de processos de cunho gerencial, como a análise de dados sócio econômicos e o apoio à tomada de decisões, tornando-os mais eficientes e eficazes (US Government, 1995).

Mais recentemente, a TIC se tornou um instrumento de apoio à atividade de inteligência e segurança, chegando a gerar disputas e atritos entre nações (REUTERS, 2014; BBC, 2014; The Washington Post, 2013).

Além disso, a TIC passou a ser vista como um instrumento capaz de tornar o governo mais sensível aos desejos e anseios de seus cidadãos. O termo *governo eletrônico* ou *e-gov* em Inglês tem sido utilizado para designar iniciativas de TIC no setor público (FALK; RÖMMELE; SILVERMAN, 2017; WOOD, 2014).

Atualmente, avanços nas áreas de telecomunicação, banco de dados, redes de comunicação de dados e internet das coisas permitiram o surgimento das chamadas *ciudades inteligentes*. Nessas cidades, sistemas computacionais permitem que agentes públicos possam interagir diretamente com os cidadãos, monitorando suas dinâmicas. Possibilitando, com isso, a melhoria da qualidade de vida da população (WEISS, 2017).

Tudo isso levou ao aumento considerável do número de projetos de TIC no âmbito governamental. Além disso, esses projetos se tornaram mais diversificados e muito mais complexos, envolvendo o uso harmonioso de diversas tecnologias (WEERAKKODY; REDDICK, 2017; EGGERS, 2016).

Portanto, os conceitos, métodos, técnicas e ferramentas capazes de agilizar o processo de desenvolvimento de *software* se tornaram uma área de interesse para os tomadores de decisão no setor público (US Government Accountability Office, 2016; AGGOUNE et al., 2011). Note que uma parcela considerável de projetos de TIC tendem a envolver o desenvolvimento de *software* (VACARI; PRIKLADNICKI, 2015; TIMMER; ARK, 2005).

Assim como na iniciativa privada, o setor público passou a ter necessidade de um envolvimento maior dos responsáveis pela definição dos requisitos, da entrega contínua de módulos de *software* e da gestão rápida de mudanças (WERNHAM, 2012; AGGOUNE et al., 2011). Não chega portanto a surpreender o crescente interesse dos servidores públicos pela adoção de métodos ágeis na gestão projetos de desenvolvimento de *software* (Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015; VACARI; PRIKLADNICKI, 2015; GORANS; KRUCHTEN, 2014; US Government Accountability Office, 2012; UK Cabinet Office, 2011).

Como nos ensina Milton Friedman (1912 - 2006), o laureado economista norte americano: “Não existe almoço grátis” (FRIEDMAN; S.BECKER, 2008). Portanto, até mesmo os projetos de TIC no setor público necessitam de capital para seu desenvolvimento.

Entretanto, apesar de toda a qualificação e experiência que os servidores públicos possam ter adquirido ao longo dos anos no direcionamento de investimentos em TIC, a decisão de onde e quando investir continua representando um desafio considerável (ASK; HEDSTRÖM, 2011; BEKKERS; HOMBURG, 2007).

O que torna o direcionamento desses investimentos tão difícil não é somente a abrangência das suas consequências, que são significativas nos dias de hoje. Há de se considerar também a diversidade de provedores de produtos e serviços, e os

pacotes de soluções existentes no mercado. Além disso, é necessário levar em conta as plataformas desenvolvimento e as novas tecnologias que surgem a cada instante (SANDOVAL-ALMAZÁN et al., 2017; PATANAKUL, 2014).

Em adição, os investimentos em TIC no setor público tendem a produzir uma quantidade considerável de benefícios intangíveis, que são difíceis de serem quantificados (SAAM; WEINHARDT; TROTTNER, 2016; SAUNDERS, 2010; DAWES et al., 2004).

Tudo isso tem motivado o surgimento de inúmeras propostas para orientar os investimentos em projetos de TIC no setor público. Várias dessas propostas são na verdade adaptações de métodos utilizados no setor privado (PATANAKUL, 2014).

Entretanto, o setor público e o setor privado diferem substancialmente nos seus objetivos, culturas, estruturas gerenciais, riscos, impactos e incertezas. Em consequência disso, essas adaptações nem sempre alcançam os seus objetivos, fazendo com que projetos de TIC no setor público tenham sido avaliados como ineficientes e apresentado baixo desempenho (ARROW; LIND, 2014; ROSACKER; ROSACKER, 2010; CAMPBELL; McDonald; SETHIBE, 2010).

Por exemplo, recentemente o escritório de contabilidade do governo norte americano publicou um relatório constatando que, no ano de 2015, investimentos em projetos de TIC da ordem de 9 bilhões de dólares estavam sob risco. Esse mesmo relatório aponta a incapacidade de tais projetos atingirem seus objetivos esperados, uma vez que eles estavam custando mais do que o estimado e também estavam ultrapassando a duração prevista (US Government Accountability Office, 2015a). Os números reais ainda não haviam sido publicados quando o presente trabalho foi concluído.

Tal incapacidade também é apresentada em um relatório do The Standish Group publicado em 2015. Segundo esse relatório, entre os anos fiscais de 2010 e 2014, 87% dos grandes projetos de TIC no setor público atrasaram, custaram mais do que o orçado, foram cancelados ou não atingiram os resultados esperados, pois não conseguiram realizar a entrega dos produtos e/ou serviços que estavam planejados (MULDER; KONTAKOS, 2015).

Tudo isso tem motivado ações administrativas de governos ao redor do mundo. Um dos exemplos mais relevantes aconteceu no governo norte americano, onde durante a gestão de Barak Obama em 2009, o escritório de gestão e orçamento implementou uma série de iniciativas visando aprimorar a supervisão e a gestão dos investimentos nos projetos de TIC. Dentre essas iniciativas estão o *IT Dashboard* (US Government, 2017), as *TechStat reviews*, o *PortfolioStat* e o *IT Reform Plan* (US Government Accountability Office, 2015a,b, 2013; ZIENTS, 2013).

Ademais, tem sido crescente a preocupação por uma gestão de custos mais efetiva e por uma maior atenção aos prazos nos projetos no setor público não apenas nos Estados Unidos mas também em todo mundo (PATANAKUL et al., 2016; BALTER, 2011).

Esse cenário não chega a surpreender, já que, além de outros problemas gerenciais (DUHAMEL et al., 2014), a gestão de investimentos em TIC no setor público tipicamente não trata o cronograma e a cadência de entrega de produtos e serviços, e não considera como um fator de decisão primário os benefícios intangíveis proporcionados por tais entregas (US Government Accountability Office, 2016; PATANAKUL et al., 2016; PEFFERS; SANTOS, 2013).

Em conclusão, é de significativa relevância o desenvolvimento de conceitos, métodos e ferramentas de avaliação de investimentos em projetos ágeis de *software*

no setor público que levem em consideração a apropriação de benefícios tangíveis e intangíveis (FERNANDES et al., 2016; ALENCAR et al., 2015a).

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é fornecer subsídios para a avaliação de investimentos em projetos ágeis no setor público que seja orientada à eficiência e que ofereça uma visão equilibrada entre os benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pelas entregas de tais projetos.

A maneira encontrada para tornar mais eficiente a avaliação de investimentos em projetos ágeis no setor público, foi desenvolver um método, denominado i-Plan, para o planejamento de entregas que reflète de forma mais adequada o processo decisório no âmbito governamental, assim como os desejos, anseios e necessidades da sociedade em geral.

Vale ressaltar que o nome i-Plan foi idealizado a partir da do termo em Inglês “intangible planning”, ou seja, um planejamento de entregas que leva em consideração, dentro outros fatores, os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas de um portfólio de projetos ágeis.

Os algoritmos do método i-Plan deram origem a uma ferramenta computacional de mesmo nome que está disponível publicamente.

### 1.3 DELIMITAÇÃO

O presente trabalho parte da premissa de que já existem projetos de *software* aprovados para implementação em uma instituição pública. Além disso, considera-se que nesses projetos serão utilizados métodos ágeis para a gestão do desenvolvimento de *software*.

Esse trabalho não tem como objetivo tratar da garantia ou do controle da qualidade dos *softwares* que estão sendo desenvolvidos. Parte-se da crença de que a equipe de desenvolvimento consegue entregar *software* com o nível de qualidade esperado.

Outra delimitação está relacionada ao uso dos termos *método* e *metodologia*. Embora existam diferenças entre eles (VACARI, 2015), elas não são levadas em consideração no escopo desse trabalho. O termo *método ágil* é utilizado para se referir às abordagens ágeis de gestão de desenvolvimento de *software* (STEINHARDT, 2017).

O i-Plan parte da premissa de que os benefícios tangíveis e intangíveis propiciados pelas funcionalidades são independentes e aditivos.

No que diz respeito à análise de eficiência, não serão tratadas questões relacionadas aos motivos da falta de eficiência ou de como é possível transformar planos de entrega ineficientes em planos eficientes.

Por fim, esse trabalho não irá tratar de assuntos relacionados a papéis e responsabilidades dos profissionais envolvidos no planejamento de entregas no que diz respeito às atividades do método i-Plan.

## 1.4 ARTIGOS PUBLICADOS

Resultados parciais produzidos por esta tese foram publicados em 2015 no *Journal of Software* (Vol. 10, No 7) sob o título *Acknowledging the Effect of the Depreciation of Tangible and Intangible Benefits upon the Evaluation of E-Gov Projects* (FERNANDES et al., 2015).

O capítulo *Evaluating E-Government Initiatives: An Approach Based upon the Appropriation of Tangible and Intangible Benefits* foi publicado em 2015 no livro *Handbook of Research on Democratic Strategies and Citizen-Centered E-Government Services* (ALENCAR et al., 2015b).

Um terceiro trabalho intitulado *Research Opportunities in the Evaluation of Agile Software Projects in the Public Sector* (FERNANDES et al., 2016), foi publicado em 2016 no *Journal of Software* (Vol. 11, No. 3).

A publicação desses artigos enaltece a marca UFRJ e o nome do Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI. Além disso, ajudam a divulgar junto à sociedade os resultados práticos e teóricos desse trabalho. Por fim, contam pontos para a avaliação a que o PPGI é submetido periodicamente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa tese está organizada da seguinte forma.

No Capítulo 2 - Arcabouço Conceitual, é apresentado um resumo de três

importantes áreas de conhecimento relacionadas ao escopo dessa tese: métodos ágeis de *software*; a propriação de benefícios intangíveis; e avaliação de eficiência.

O Capítulo 3 - Revisão de Literatura apresenta duas revisões de literatura que analisam como a avaliação de investimento em projetos ágeis de *software* é realizada no setor público.

No Capítulo 4 - O Método i-Plan, o método de planejamento de entregas é explicado em termos formais e com o apoio de um exemplo. Além disso, esse capítulo introduz a ferramenta de *software* que foi desenvolvida para automatizar as principais atividades do método i-Plan.

O Capítulo 5 - Avaliação do Método mostra as duas avaliações do método que foram realizadas: estudo de caso e avaliação do desempenho computacional.

No Capítulo 6 - Considerações Finais são discutidas questões-chaves que nortearam a tese e suas principais implicações para os tomadores de decisão no setor público e para a população em geral. Em seguida, esse capítulo relata as limitações tanto do método quanto da ferramenta i-Plan e enumera possíveis trabalhos futuros. Em adição, esse capítulo conclui a tese, apresentando as suas principais contribuições.

## 2 ARCABOUÇO CONCEITUAL

### 2.1 PROJETOS ÁGEIS DE *SOFTWARE*

O final do século XX foi marcado pelo surgimento de princípios e práticas de desenvolvimento de *software* que tinham como objetivo reduzir a necessidade de realizar um extenso e detalhado planejamento antes que a construção do *software* tivesse início. Esses métodos, chamados *peso leve*, em inglês *lightweight*, se contrapunham aos métodos até então existentes que passaram a ser considerados *peso pesado* (*heavyweight* em inglês) (AL-ZEWAIRI et al., 2017; ABBAS; GRAVELL; B.WILLS, 2008).

Nesse sentido, o início dos anos 2000 foi um marco para o desenvolvimento de *software* devido à criação do Manifesto Ágil (BECK et al., 2001a), que reuniu e consolidou todos aqueles princípios e práticas *peso leve*. Até então, esses princípios e práticas, vinham sendo adotados separadamente em diferentes métodos (ABBAS; GRAVELL; B.WILLS, 2008).

Desde então, um projeto de *software* é considerado ágil quando o conjunto de práticas de gestão e de desenvolvimento de *software* seguem não apenas o Manifesto Ágil mas também os doze princípios que o fundamentam (BECK et al., 2001a,b).

A comunidade de pesquisadores e praticantes dos métodos ágeis atribuem frequentemente a esses métodos as seguintes vantagens:

- Priorização do que deve ser feito segundo a percepção de valor do cliente ou

*product owner*;

- Entrega contínua e frequente de partições funcionais do *software*, favorecendo a antecipação do *feedback* do cliente em relação ao que está sendo desenvolvido; e
- Maior flexibilidade na gestão de mudanças ao longo do projeto.

Tudo isso, permite a participação mais ativa do cliente no projeto e melhora a comunicação e a cooperação entre todos os envolvidos (PETERSEN; WOHLIN, 2009).

Um dos fatores de sucesso para a obtenção dessas vantagens é o esforço de direcionamento de investimentos realizado durante o planejamento de entregas, *release planning* em inglês (NAYEBI; RUHE, 2015).

### **2.1.1 Planejamento de entregas em projetos ágeis de *software***

Uma das principais características dos projetos ágeis é o modelo de desenvolvimento de *software* iterativo e incremental. Através desse modelo, o processo de desenvolvimento é realizado em iterações ou ciclos de tempo onde ao final de cada ciclo se entrega um novo incremento de *software*, ou seja, um novo conjunto de partições funcionais (SERRADOR; PINTO, 2015).

Esse modelo de desenvolvimento é adotado nos projetos ágeis de *software* de forma que cada iteração é realizada em ciclos de tempo suficientemente curtos. Isso permite que se obtenha do cliente um *feedback* antecipado em relação a cada novo incremento de *software* que foi entregue (DYBA; DINGSOYR, 2015).

Cada uma dessas entregas representam, na percepção do cliente, as partições funcionais que possuem maior valor. Dessa forma, ao final de cada iteração, o cliente pode começar a usar o *software* de imediato. Isso permite que ele obtenha os benefícios de cada incremento de forma antecipada, ou seja, sem que tenha que esperar o final do projeto ou que todas as funcionalidades do *software* tenham sido entregues (CLAASSEN; BOEKHORST, 2015).

O Manifesto Ágil (*op. cit.*) considera como principal medida de progresso de um projeto de *software* a entrega frequente desses conjuntos de partições funcionais. Tais incrementos são desenvolvidos durante períodos de tempo chamados *ciclos de entrega*. O planejamento dos ciclos de entrega, *release planning* em Inglês, é uma das práticas mais adotadas em projetos ágeis de desenvolvimento de *software* (CAMPANELLI; PARREIRAS, 2015).

O planejamento dos ciclos de entrega, ou simplesmente planejamento de entregas, considera a existência de um *backlog* de partições funcionais candidatas a fazerem parte de alguma entrega futura. Esse *backlog* é considerado volátil uma vez que, a qualquer momento, novas partições funcionais podem ser adicionadas, funcionalidades existentes podem ser descartadas ou ainda divididas, refinadas ou agrupadas (AMELLER et al., 2017).

Durante o planejamento, o investimento necessário para cada entrega é analisado objetivando decidir para cada ciclo, dentro de períodos de tempo previamente estabelecidos, qual será o subconjunto de funcionalidades do *backlog* a ser desenvolvido (AGARWAL; KARIMPOUR; RUHE, 2014). Dessa forma, o produto do planejamento de entregas é um plano de entregas, sendo que tal plano pode conter um ou mais ciclos de entrega (AMELLER et al., 2017).

Para um único projeto ágil de desenvolvimento de *software*, a Figura 2.1

apresenta a organização de um plano de entrega. Note que esse plano é composto de ciclos de entrega. Por sua vez, ciclos de entrega são compostos por diversas funcionalidades, que fazem parte do *backlog*.

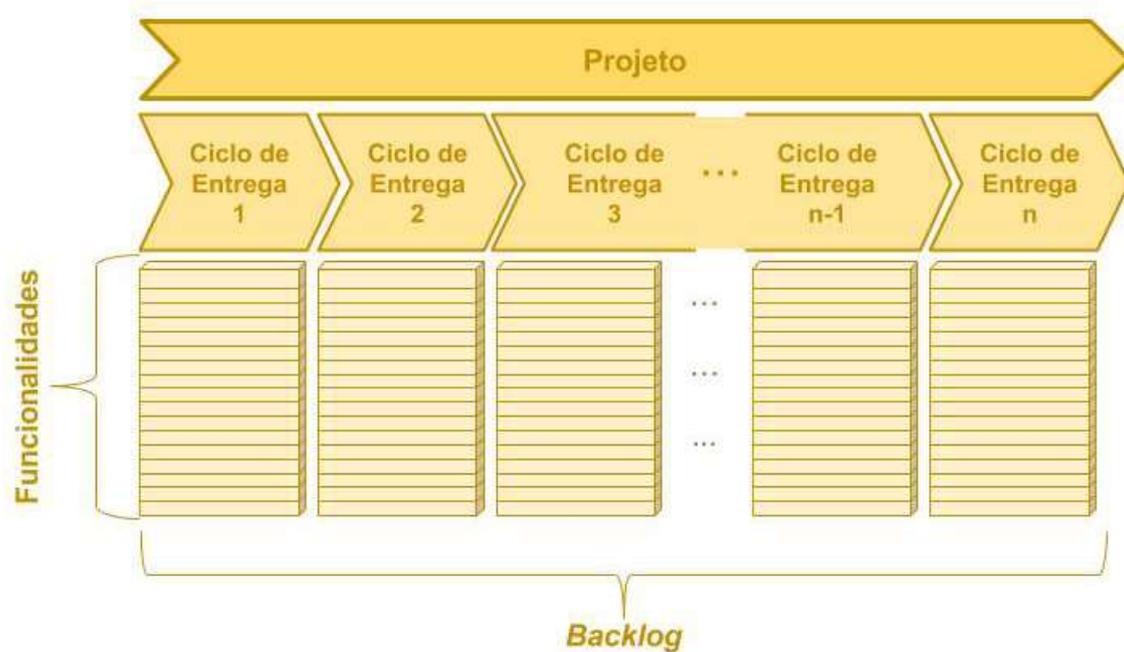


Figura 2.1: Plano de entrega de um projeto ágil de *software*.

Frequentemente, em muitas organizações, mais de um projeto de *software* é executado ao mesmo tempo, formando um *portfolio* de projetos. Observe que a mesma organização de ciclos de entrega pode ser empregada quando estamos lidando com um portfólio de projetos. Tal organização é a base de *frameworks* de gestão de *portfolios* de projetos ágeis de *software* (KNASTER; LEFFINGWELL, 2017; LARMAN; VODDE, 2015; DEAN, 2010).

Quando um *portfolio* de projetos está sendo implementado, cada ciclo de entrega de um plano de entrega pode conter funcionalidades de diferentes projetos. Isso depende da estratégia de planejamento que estiver sendo empregada (NAYEBI; RUHE, 2015; STETTINA; HÖRZ, 2015; KREBS, 2008). A Figura 2.2 exemplifica

essas ideias.

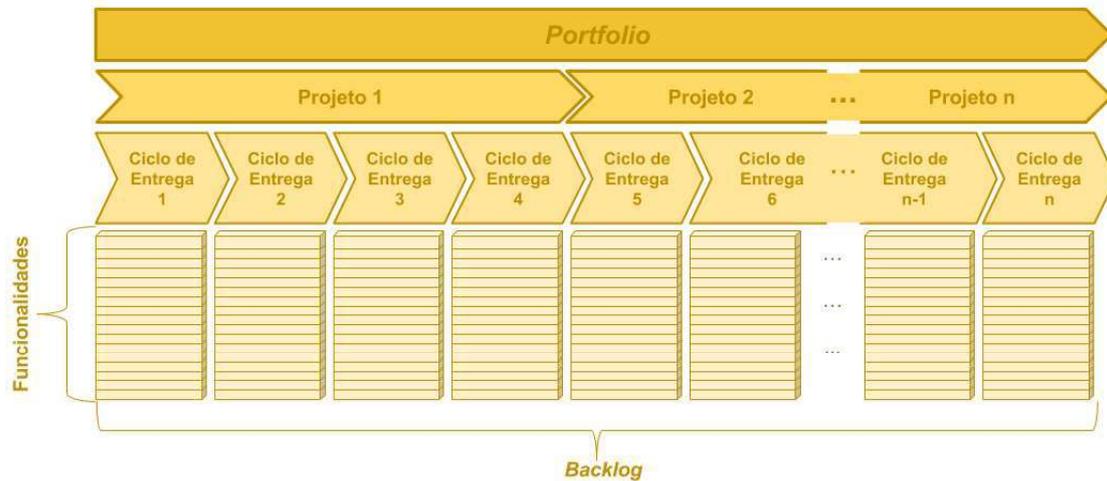


Figura 2.2: Plano de entrega de um *portfolio* de projetos ágeis de *software*.

Quando estamos lidando com um portfólio de projetos, a análise de investimentos é feita levando-se em consideração uma diversidade de critérios financeiros e não financeiros, e também uma variedade de restrições técnicas e de negócio. Tais critérios e restrições podem variar não somente de acordo com os objetivos e características de cada projeto, mas também com o contexto e a cultura no qual o projeto de desenvolvimento está inserido. Tudo isso faz com que, nesse cenário, o planejamento de entregas torne-se uma atividade desafiadora (AMELLER et al., 2016; NAYEBI; RUHE, 2014).

Por esses motivos o planejamento de entregas é classificado como sendo um *wicked problem* (ou extremamente problemático, em português). Trata-se de uma classificação de problemas de difícil solução sugerida pelos professores Horst Rittel e Melvin Webber da Universidade da Califórnia em Berkley nos Estados Unidos (NAYEBI; RUHE, 2015; CARLSHAMRE, 2002; RITTEL; WEBBER, 1973).

De acordo com Rittel & Webber (1973), um problema é considerado *wicked*

quando ele apresenta uma ou mais das seguintes características: informações incompletas, informações contraditórias e/ou mudanças de requisitos que são difíceis de serem identificadas.

## 2.2 APROPRIAÇÃO DE BENEFÍCIOS INTANGÍVEIS

No jargão financeiro, um bem é alguma coisa de valor que pode ser possuída ou controlada. Por exemplo, carros, computadores, imóveis, ações e cotas de empresas, títulos de clubes, direitos autorais etc.

É importante notar que o valor de um bem advém dos benefícios que ele propicia ou pode propiciar ao seu dono ou controlador. Um carro, por exemplo, pode ser vendido ou alugado e o capital resultante pode ser utilizado para comprar outros produtos e serviços, ou para iniciar um novo negócio. A mesma linha de raciocínio pode ser aplicado a computadores, imóveis, ações, cotas de empresas etc. (ALAHYARI; SVENSSON; GORSCHER, 2017; WHITTINGTON, 2014).

Alguns dos benefícios propiciados por um bem podem ser intangíveis. Nesse caso, eles derivam de percepções subjetivas da realidade que carecem de um corpo físico e/ou de um corpo financeiro (SAATY; ROKOU, 2017; ZÉGHAL; MAALOUL, 2011; TOLLINGTON; LIU, 1998). Por exemplo, a satisfação com o trabalho, a sensação de segurança propiciada pelo uso de uma determinada marca de produto ou serviço, o orgulho por ter se formado em uma instituição de ensino renomada, a motivação para exceder nos esportes, o sentimento de felicidade por participar de uma campanha de ajuda aos mais necessitados etc.

Muitas das decisões que tomamos ao longo das nossas vidas, sejam elas em nível pessoal ou profissional, são baseadas, mesmo que parcialmente, em benefícios

intangíveis (BARRY; HALFMANN, 2016). Por exemplo, suponha que você seja convidado para um almoço de negócios. Antes de aceitar o convite, você muito provavelmente irá considerar as oportunidades que tal almoço pode trazer, assim como as suas implicações sociais e para sua carreira.

Em adição, você irá ainda considerar a reputação da pessoa que fez o convite assim como do restaurante onde a refeição será servida. Todas essas considerações são intangíveis. Entretanto, se as oportunidades forem boas, as implicações forem positivas e a reputação for sólida, não existirá nenhuma razão lógica para recusar o convite.

Caso um investimento em TIC seja feito no setor público, as chances de nos depararmos com benefícios intangíveis são consideráveis. Afinal de contas, o governo é uma instituição sem fins lucrativos que tem por objetivo a melhoria da qualidade de vida de seus cidadãos. Em decorrência, as ações governamentais estão sujeitas a pressões de toda ordem, oriundas dos eleitores, de seus representantes no poder legislativo e de grupos organizados da sociedade (sindicatos, associações, confederações etc.) (PATANAKUL et al., 2016; BARBOSA; POZZEBON; DINIZ, 2013; CINCA; MOLINERO; QUEIROZ, 2003).

Neste cenário, a percepção de aumento da sensação de segurança, melhores e novas oportunidades de trabalho, melhoria nos sistemas de saúde, educação mais abrangente e de qualidade, e transparência nas decisões de governo são exemplos de benefícios intangíveis que frequentemente norteiam os investimentos no setor público (BANNISTER; CONNOLLY, 2014).

É fato notório que o governo não visa lucro e tem por objetivo melhorar, em linhas gerais, a qualidade de vida dos seus cidadãos. Sendo assim, a avaliação do desempenho de uma administração pública decorre, em grande parte, de uma

série de percepções subjetivas da realidade por parte desses cidadãos. Em outras palavras, dos benefícios intangíveis que essa administração propicia ao público em geral (PATANAKUL et al., 2016; MAGLEBY; LIGHT; NEMACHECK, 2015).

### 2.2.1 Avaliação baseada em Benefícios Intangíveis

Como benefícios intangíveis não possuem um corpo físico ou financeiro, eles tendem a ser difíceis de serem quantificados em termos absolutos (TOMEK, 2017; CARLUCCI; SCHIUMA; LINZALONE, 2017; BAHILL; MADNI, 2017). Segundo Tomas L. Saaty, benefícios intangíveis podem ser mais facilmente quantificados quando comparados aos pares em relação a um determinado critério ou propriedade (SAATY, 2008).

O Processo Analítico Hierárquico, do Inglês *Analytic Hierarchy Process* ou simplesmente AHP, desenvolvido por Saaty, é um dos métodos mais utilizados em problemas de tomada de decisão baseada em benefícios intangíveis.

A popularidade do AHP em relação aos demais métodos existentes deve-se ao fato do AHP fazer uso de uma estrutura hierárquica que permite a alocação de pesos aos critérios de forma mais efetiva (ISHIZAKA; LABIB, 2011).

Outro fator que contribuiu para a popularidade do AHP em relação aos demais métodos, deve-se ao fato dele fazer uso da comparação aos pares para identificar a importância relativa de cada um dos benefícios de interesse (KAZIBUDZKI, 2017).

De acordo com Saaty (*op. cit.*), um problema de decisão pode ser representado como uma estrutura hierárquica que contém um objetivo, critérios e escalas de avaliação desses critérios (SAATY; ROKOU, 2017; SAATY; VARGAS, 2012; BO-

DIN; GASS, 2003).

O método AHP pode ser resumido em 6 passos e com a utilização de um exemplo pode ser melhor compreendido.

Nesse sentido, considere o exemplo de um planejamento de entregas em um portfólio de projetos ágeis onde 4 funcionalidades,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  e  $f_4$ , fazem parte do *backlog* desse portfólio.

### **Passo 1: Construção da hierarquia.**

O primeiro passo do AHP consiste em estruturar o problema de avaliação como uma hierarquia que possui pelo menos três níveis. No nível mais alto está o objetivo ou a decisão que será tomada. Nos níveis intermediários estão os critérios de decisão que, nesse caso, são os benefícios intangíveis. No nível mais baixo estão as escalas de avaliação, ou seja, a relevância com que cada benefício intangível pode ser proporcionado.

Deseja-se avaliar as quatro funcionalidades do ponto de vista da relevância dos benefícios que elas propiciam. Assuma que foram considerados os seguintes benefícios intangíveis como critérios de decisão:

- $C_1$  - clareza de informações para o exercício da cidadania;
- $C_2$  - transparência nas decisões governamentais;
- $C_3$  - cobertura positiva da mídia

Com o intuito de avaliar a relevância das funcionalidades do ponto de vista de cada benefício que elas propiciam, utiliza-se uma escala de valores absolutos, seguindo as

ideias de (SAATY; VARGAS, 2012) e de FERNANDES et al. (2015). Essa escala é composta de 5 fatores, a saber: *Extrema*, *Alta*, *Moderada*, *Pequena* e *Insignificante*.

A Figura 2.3 resume essas ideias.

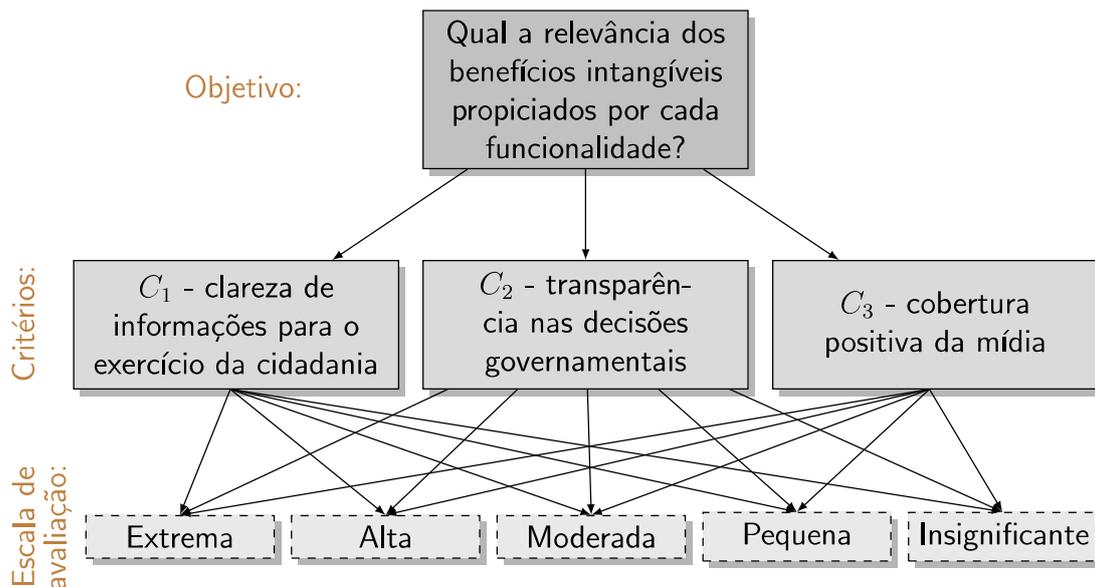


Figura 2.3: Exemplo de hierarquia do AHP para um planejamento de entregas considerando benefícios intangíveis.

## Passo 2: Comparação dos benefícios intangíveis.

O segundo passo do AHP é a comparação aos pares, que ocorre entre os elementos de um mesmo nível da hierarquia. No caso, o nível dos benefícios intangíveis.

Para realizar essas comparações, Saaty (*op. cit.*) propõe o uso de uma escala denominada *escala fundamental*, que vai de 1 a 9. A Tabela 2.1 apresenta essa escala.

Seja  $\mathfrak{F}$  a função que retorna o resultado da comparação de dois elementos de um mesmo nível da hierarquia, por exemplo, um benefício  $C_i$  com  $C_j$ . Nesse caso,

Tabela 2.1: Escala fundamental do AHP para comparação aos pares.

Intensidade da Relevância	Definição	Explicação
1	Mesma relevância	Os dois elementos são igualmente relevantes quando comparados um com o outro
3	Relevância moderada	Experiência e julgamento de valor favorece moderadamente um elemento em relação ao outro
5	Relevância maior	Experiência e julgamento de valor favorece fortemente um elemento em relação ao outro
7	Relevância muito maior	Um dos elementos é favorecido muito fortemente. Sua dominância sobre o outro pode ser observada claramente
9	Relevância extrema	A dominância de um dos elementos é absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Podem ser utilizados conforme a necessidade

$\mathfrak{F}(C_i, C_j) = 1$  se  $C_i$  e  $C_j$  são igualmente relevantes. Se  $\mathfrak{F}(C_i, C_j) = 3$ , então  $C_i$  é moderadamente mais relevante do que  $C_j$  e assim por diante.

Note que, se  $\mathfrak{F}(C_i, C_j) = k$ , onde  $k \in \{1, 2, \dots, 9\}$ , então  $\mathfrak{F}(C_j, C_i) = \frac{1}{k}$ . Por exemplo, se  $\mathfrak{F}(C_i, C_j) = 3$ , então  $\mathfrak{F}(C_j, C_i) = \frac{1}{3}$ . Em outras palavras, se  $C_i$  é moderadamente mais relevante que  $C_j$ , então  $C_j$  é moderadamente menos relevante que  $C_i$ .

A função  $\mathfrak{F}$  quando aplicada a um conjunto de critérios  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , pode ser representada por uma matriz  $n \times n$ . A Tabela 2.2 introduz a representação matricial da função  $\mathfrak{F}$  para  $n = 3$ .

Observe que na representação matricial da função  $\mathfrak{F}$  a diagonal é sempre igual a 1. Isso ocorre porque  $C_i$  é sempre igualmente relevante a ele mesmo.

Por exemplo, considere a hierarquia da Figura 2.3. Admita que:

Tabela 2.2: Matriz de comparação dos benefícios intangíveis da hierarquia do AHP apresentada na Figura 2.3.

$$\begin{array}{c}
 C_1 \\
 \downarrow \\
 C_1 \rightarrow \left[ \begin{array}{ccc} \mathfrak{F}(C_1, C_1) & \mathfrak{F}(C_1, C_2) & \mathfrak{F}(C_1, C_3) \\ \mathfrak{F}(C_2, C_1) & \mathfrak{F}(C_2, C_2) & \mathfrak{F}(C_2, C_3) \\ \mathfrak{F}(C_3, C_1) & \mathfrak{F}(C_3, C_2) & \mathfrak{F}(C_3, C_3) \end{array} \right] \\
 C_2 \\
 \downarrow \\
 C_2 \rightarrow \\
 C_3 \\
 \downarrow \\
 C_3 \rightarrow
 \end{array}$$

- $C_1$  é ligeiramente mais relevante que  $C_2$ , portanto  $\mathfrak{F}(C_1, C_2) = 2$ ;
- $C_1$  é fortemente mais relevante que  $C_3$ , portanto  $\mathfrak{F}(C_1, C_3) = 5$ ;
- $C_2$  é moderadamente mais relevante que  $C_3$ , portanto  $\mathfrak{F}(C_2, C_3) = 3$ .

Nessas circunstâncias, a Tabela 2.3 mostra a representação matricial da função  $\mathfrak{F}$ .

Tabela 2.3: Matriz de comparação dos benefícios intangíveis da hierarquia do AHP apresentada na Figura 2.3.

$$\begin{array}{c}
 C1 \\
 \downarrow \\
 C1 \rightarrow \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 5 \\ \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{array} \right] \\
 C2 \\
 \downarrow \\
 C2 \rightarrow \\
 C3 \\
 \downarrow \\
 C3 \rightarrow
 \end{array}$$

No AHP os critérios de avaliação são comparados entre si e as alternativas são comparadas entre si em relação aos critérios.

### **Passo 3: Cálculo do índice de relevância dos benefícios intangíveis.**

Após o preenchimento da matriz de comparação, devem ser obtidos os índices de relevância (IR) de cada elemento envolvido na comparação. No caso da matriz apresentada na Tabela 2.3, o passo seguinte do AHP consiste no cálculo dos índices de relevância de cada um dos benefícios intangíveis. Segundo Saaty, esses índices

de relevância são dados pelo autovetor principal da matriz de avaliação (SAATY, 2003a).

A Tabela 2.4 mostra os índices de relevância (IR) dos benefícios intangíveis  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ , resultado da obtenção do autovetor principal da matriz representada na Tabela 2.3.

Tabela 2.4: Índices de relevância dos benefícios intangíveis apresentados na Figura 2.3.

		$IR(\%)$	
		↓	
$C_1$	→	58,1	←
$C_2$	→	30,9	←
$C_3$	→	11,0	←

Vale ressaltar que esses índices de relevância foram normalizados de tal forma que a sua soma é igual a 1. Esse é um procedimento do AHP que visa facilitar a identificação da relevância de cada benefício.

Note que o benefício intangível mais relevante é o  $C_1$ , ou seja, clareza de informações para o exercício da cidadania, com índice de relevância de 58,1%. Em segundo lugar vem  $C_2$ , ou seja, transparência nas decisões governamentais, com um índice de 30,9%. Finalmente, vem  $C_3$ , ou seja, cobertura positiva da mídia, que possui um índice de relevância de 11,0%.

No AHP, os índices de relevância não devem ser utilizados sem que antes tenha sido verificada a consistência da matriz de comparação (SAATY, 1977). Para atingir esse objetivo Saaty propõe o uso da taxa de consistência ( $TC$ ).

Para uma matriz de comparação de ordem  $n$ , tendo  $\lambda_{max}$  como autovalor

principal,

$$TC = \frac{IC}{I}, \quad (2.1)$$

onde  $IC$ , o índice de consistência, é o resultado de

$$\frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}, \quad (2.2)$$

e  $I$ , o índice aleatório, é obtido diretamente da Tabela 2.5.

Tabela 2.5: Índice aleatório para cálculo da taxa de consistência de matrizes de comparação de ordem  $n$  (SAATY, 1977)

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10
$I$	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

O limite aceitável para a taxa de consistência varia de acordo com a ordem da matriz de comparação. De acordo com Saaty (SAATY, 2012), para matrizes  $3 \times 3$ , se  $TC \geq 5\%$ , então as inconsistências nas comparações devem ser resolvidas. Para matrizes  $4 \times 4$  o limite aceitável é de  $9\%$ , e para matrizes  $5 \times 5$  ou maiores esse limite é de  $10\%$ .

#### **Passo 4: Cálculo do índice de relevância da escala de avaliação.**

Para estabelecer o índice de relevância dos elementos da escala de avaliação, eles são submetidos à comparação aos pares utilizando a *escala fundamental* (ver Tabela 2.1). A Tabela 2.6 mostra a matriz dessa comparação.

Para construir a Tabela 2.6, as seguintes comparações aos pares foram estabelecidas:

- *Extrema* possui relevância ligeiramente maior do que *Alta*;
- *Extrema* possui relevância consideravelmente maior do que *Moderada*;
- *Extrema* possui dominância quase absoluta em relação a *Pequena*;

Tabela 2.6: Matriz de comparação da relevância relativa dos diversos fatores da escala absoluta de valores.

	<i>Extrema</i>	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>	<i>Pequena</i>	<i>Insignificante</i>	<i>IR(%)</i>
<i>Extrema</i> →	↓ 1	↓ 2	↓ 4	↓ 8	↓ 9	↓ 48,8
<i>Alta</i> →	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	27,4
<i>Moderada</i> →	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	12,8
<i>Pequena</i> →	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	6,9
<i>Insignificante</i> →	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	4,1

- *Extrema* possui dominância absoluta em relação a *Insignificante*;
- Etc.

Observe na Tabela 2.6 que se a relevância de um determinado benefício intangível for considerada *Extrema*, o índice de relevância será  $IR(Extrema) = 48,8\%$ . Quando a relevância for *Alta*, o índice de relevância  $IR(Alta) = 27,4\%$ . A relevância *Moderada* é considerada como  $IR(Moderada) = 12,8\%$ . Finalmente, as relevâncias *Pequena* e *Insignificante* possuem índices de, reespectivamente,  $IR(Pequena) = 6,9\%$  e  $IR(Insignificante) = 4,1\%$ .

Além disso, a matriz de comparação apresentada na Tabela 2.6 possui  $TC = 1,1\%$ , o que indica que a escala é consistente e que os IRs podem ser usados para avaliar tanto os projetos quanto as funcionalidades.

### **Passo 5: Avaliação das funcionalidades.**

Em seguida, é avaliada a relevância das funcionalidades do ponto de vista de

cada um dos benefícios intangíveis que elas propiciam. A Tabela 2.7 apresenta o resultado dessa avaliação.

Tabela 2.7: Avaliação da relevância das funcionalidades em relação a cada um dos benefícios intangíveis.

Funcionalidades	Benefício intangível		
	$C_1$	$C_2$	$C_3$
$f_1$	<i>Moderado</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>
$f_2$	<i>Extremo</i>	<i>Extremo</i>	<i>Alto</i>
$f_3$	<i>Extremo</i>	<i>Extremo</i>	<i>Insignificante</i>
$f_4$	<i>Moderado</i>	<i>Alto</i>	<i>Insignificante</i>

**Passo 6: Cálculo do índice de relevância ponderado das funcionalidades.**

No último passo do AHP ocorre o cálculo dos índices de relevância ponderados (*IRP*) das funcionalidades. Esse cálculo é realizado a partir da Tabela 2.7. A média ponderada de cada linha dessa tabela corresponde *IRP* da funcionalidade naquela linha. Quanto maior for o *IRP*, maior será a relevância da funcionalidade do ponto de vista dos benefícios intangíveis que ela propicia. Em outras palavras, quanto maior o *IRP* de uma funcionalidade, melhor.

Então, em termos formais, para uma dada funcionalidade  $f_\alpha$ ,

$$IRP(f_\alpha) = \sum_{i=1}^n \left( IR(C_i) \times IR_{C_i}(f_\alpha) \right),$$

onde  $n$  é a quantidade de benefícios intangíveis que estão sendo considerados,  $IR(C_i)$  é o índice de relevância do benefício intangível  $C_i$  e  $IR_{C_i}(f_\alpha)$  é o índice de relevância da funcionalidade  $f_\alpha$  em relação ao benefício  $C_i$ .

Por exemplo, de acordo com a Tabela 2.4,  $IR(C_1)$ ,  $IR(C_2)$  e  $IR(C_3)$  são respectivamente 58,1%, 30,9% e 11,0%. Conforme as Tabelas 2.6 e 2.7, a funcionalidade

$f_1$  possui  $IR_{C_1}(f_1) = IR(Moderada) = 12,8\%$  e  $IR_{C_2}(f_1) = IR(Alta) = IR_{C_3}(f_1) = 27,4\%$ . Então,

$$IRP(f_1) = (58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 27,4) = 18,9\%,$$

que após a normalização, para que a soma dos  $IRPs$  seja igual a 100%, passa a ser 15,1%.

A Tabela 2.8 mostra no detalhe o cálculo do índice de relevância ponderado das funcionalidades do ponto de vista dos benefícios que elas propiciam.

Tabela 2.8: Cálculo detalhado da relevância ponderada das funcionalidades.

Funcionalidade	IRP (%)	IRP (%) normalizado
$f_1$	$(58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 27,4) = 18,9$	15,1
$f_2$	$(58,1 \times 48,8) + (30,9 \times 48,8) + (11,0 \times 27,4) = 46,4$	37,0
$f_3$	$(58,1 \times 48,8) + (30,9 \times 48,8) + (11,0 \times 4,1) = 43,9$	34,9
$f_4$	$(58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 4,1) = 16,4$	13,0
<b>Total:</b>		100,0

De acordo com a Tabela 2.8, a funcionalidade  $f_2$  é a mais relevante em termos dos benefícios intangíveis que ela propicia, onde  $IRP(f_2) = 37,0\%$ , seguido pelas funcionalidades  $f_3$ , onde  $IRP(f_3) = 34,9\%$ ,  $f_1$ , que tem  $IRP(f_1) = 15,1\%$ , e finalmente  $f_4$ , que tem  $IRP(f_4) = 13,0\%$ .

### Sobre o uso do AHP em planejamento de entregas

Durante um planejamento de entregas, diferentes conjuntos de funcionalidades são analisados. Esses conjunto de funcionalidades, que são organizadas em um ou mais ciclos de entrega, representam planos de entrega distintos que podem propiciar benefícios com diferentes relevâncias.

Se considerarmos que os benefícios propiciados pelas funcionalidades são independentes e aditivos, então o índice de relevância ponderado de um plano de entrega, do ponto de vista dos benefícios por ele propiciados, será dado pela soma dos *IRPs* dos ciclos de entrega que compõem esse plano.

Como um ciclo de entrega é composto por um conjunto de funcionalidades, o índice de relevância ponderado de um ciclo, do ponto de vista dos benefícios por ele propiciados, será dado pela soma dos *IRPs* das funcionalidades que o compõe.

Por exemplo, a Tabela 2.9 apresenta quatro planos de entrega,  $PE_1$ ,  $PE_2$ ,  $PE_3$  e  $PE_4$ , que possuem apenas 1 ciclo de entrega, e seus respectivos índices de relevância ponderados.

Tabela 2.9: Exemplo de planos de entrega do portfólio.

Plano de entrega	Ciclo de entrega	IRP (%)
	Funcionalidades	
$PE_1$	$f_1, f_2$	52,1
$PE_2$	$f_2, f_3, f_4$	84,9
$PE_3$	$f_1, f_3, f_4$	63,0
$PE_4$	$f_3, f_4$	47,9

Note, na Tabela 2.9, que os índices de relevância ponderados dos planos de entrega foram obtidos a partir da soma dos *IRPs* das funcionalidades que compõem o único ciclo de entrega de cada plano.

Em um planejamento de entregas que envolve esses quatro planos de entrega, a decisão de qual plano será implementado poderá ser feita com base nessas informações. Considerando que os únicos critérios que estão sendo levados em consideração são  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ , e que a decisão será racional, o plano de entrega  $PE_2$  deverá ser o escolhido para ser implementado.

Do ponto de vista de quem analisa ou recebe os benefícios propiciados por um plano de entrega, um *IRP* mais alto é muitas vezes percebido como indicando um volume maior de benefícios.

Embora os benefícios na sua descrição sejam exatamente os mesmos, um *IRP* mais alto indica que, ponderadamente, eles são propiciados de forma mais intensa. Portanto, poderia se utilizar a expressão “ $PE_i$  propicia um maior volume de benefícios do que  $PE_j$ ” para indicar que um plano de entrega  $PE_i$  possui um *IRP* mais alto do que  $PE_j$ .

### Considerações sobre o AHP

Desde que foi proposto na década de 1970, o AHP tem sido usado para resolver problemas complexos de tomada de decisão de variados tipos e nas mais diferentes áreas do conhecimento (SHI; KOU, 2018; SCHMOLDT et al., 2013; SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012; LIBERATORE; NYDICK, 2008).

Uma busca no Google Scholar, realizada em 26 de março de 2018, utilizando a *string* de busca

*“Analytic Hierarchy Process” Saaty*

retorna aproximadamente 49.200 referências. Isso indica que uma grande quantidade de trabalhos científicos fazem referência a esse método. No Google padrão, a mesma *string* retorna aproximadamente 226.000 referências. Isso mostra que existe um grande interesse pelo método mesmo fora da área acadêmica.

O trabalho seminal sobre AHP fez com que Saaty fosse agraciado, em 2008, pelo *The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)* com o *2008 INFORMS Impact Prize* e, em 2011, pelo *International So-*

*ciety on Multiple Criteria Decision Making (MDCM)* com o *MDCM Gold Medal* (INFORMS, 2017).

## 2.3 EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE RECURSOS PÚBLICOS

Em engenharia de produção, uma unidade produtiva (*decision making unit* ou simplesmente DMU, em Inglês) é um conjunto de processos relacionados que recebe entradas (insumos) e as transforma sistematicamente em saídas (produtos e/ou serviços) que podem ser utilizadas para alimentar outras unidades produtivas ou para serem consumidas pelo cliente final.

São exemplos de unidades produtivas:

- Filiais de uma rede de *fast-food* - que requerem capital de investimento para serem montadas, insumos para produzir comidas e bebidas, e empregados para atender os consumidores, produzindo retorno financeiro e clientes satisfeitos;
- Departamentos de uma mesma instituição de ensino e pesquisa - que utilizam pesquisadores, professores, salas de aula, e laboratórios para produzir profissionais qualificados, artigos, material didático, protótipos de produtos e serviços, e patentes;
- Instituições públicas de um mesmo país - que recebem recursos para fornecer serviços de qualidade para a população em geral;
- Diferentes planos de entrega em um projeto ágil de *software* - que necessitam de investimento financeiro para implementar funcionalidades que irão proporcionar benefícios tangíveis e intangíveis;
- Etc.

Quanto menos entradas uma unidade produtiva consumir para fabricar a mesma quantidade de saídas, mais produtiva ela irá ser e vice-versa (COOK; TONE; ZHU, 2014; PESSANHA et al., 2013). Portanto, nesse sentido, a produtividade de uma unidade  $K$  pode ser definida como:

$$Produtividade_K = \frac{Saídas_K}{Entradas_K} \quad (2.3)$$

Observe que, nesse caso, as entradas representam os insumos requeridos pela unidade  $K$ , e as saídas representam os produtos e/ou serviços produzidas por essa unidade.

Quando a produtividade atinge o seu limite diante da tecnologia disponível ou do modelo de produção adotado, ela é chamada de eficiência. Embora a eficiência seja muitas vezes difícil de ser atribuída a uma determinada unidade produtiva em termos absolutos, ela é mais facilmente identificada em termos relativos, quando existe a referência de uma fronteira de eficiência, ou seja, um limite da produtividade, considerando-se unidades produtivas do mesmo tipo CHARNES; COOPER; RHODES (1978).

Por exemplo, considere um loja de  $n$  metros quadrados em um centro de compras. Suponha que estamos interessados em medir a produtividade desta loja em termos dos recursos financeiros que ela consome para poder existir e do lucro que ela propicia ao seu proprietário. Neste caso, basta dividir um valor pelo outro conforme indicado na Equação 2.3.

Entretanto, sem uma referência bem estabelecida, nos encontramos numa posição difícil para afirmar que se trata de uma unidade produtiva eficiente. Porém, se considerarmos a produtividade das demais lojas desse mesmo centro de compras,

podemos determinar a eficiência da loja em questão em relação às demais.

Nesse caso, a loja que apresentar a maior produtividade determinará uma fronteira de eficiência. As demais lojas apresentarão diferentes graus de ineficiência em relação a essa fronteira. É importante ressaltar que nem sempre a fronteira de eficiência é composta de uma única unidade produtiva. Em diversas situações, a fronteira de eficiência é composta por unidades produtivas que apresentam graus de eficiência equivalentes COOK; TONE; ZHU (2014).

Já que os governos democráticos têm sua atuação avaliada de tempos em tempos através do processo eleitoral, esses governos tendem a ser mais sensíveis aos desejos e aspirações populares. Obter mais por menos parece ser um desejo comum entre os eleitores.

Em decorrência disso, os tomadores de decisões no setor público frequentemente se encontram sob pressão para reduzir os gastos e assim mesmo prover mais serviços e/ou os mesmos serviços com mais qualidade. Em outras palavras, espera-se que estes tomadores de decisão sejam mais eficientes na aplicação dos recursos públicos (AHN et al., 2017; MANZOOR, 2014; FOX, 2013).

A avaliação de eficiência relativa como um problema de programação linear foi originalmente formalizada por Charnes, Cooper e Rhodes (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). Isso deu origem a um método chamado *análise envoltória de dados* ou *data envelopment analysis (DEA)*, em Inglês.

A formulação do DEA como um problema de programação linear é apresentada em detalhes no Capítulo 7 - Anexo.

DEA é um método que, a partir de um determinado conjunto de DMUs do

mesmo tipo, possibilita determinar quais DMUs compõem a fronteira de eficiência e então calcular a eficiência das demais DMUs em relação à essa fronteira (LIU; LU; LU, 2016).

### **Determinando uma fronteira de eficiência**

Para determinar as DMUs que compõem a fronteira de eficiência é necessário considerar a relação entre as entradas consumidas pelas DMUs e suas saídas. Essa relação é denominada escala de rendimento (*returns to scale* em Inglês). Em geral, existem duas possibilidades: rendimento constante e rendimento variável (MEZA; GOMES; NETO, 2005).

No rendimento constante de escala, no Inglês *constant returns to scale* ou simplesmente CRS, assume-se que aumentos na quantidade das entradas consumidas por cada DMU correspondem a um aumento proporcionalmente constantes na quantidade das saídas produzidas por essas DMUs. Já no rendimento variável de escala, no Inglês *variable returns to scale* ou simplesmente VRS, essa proporção pode variar.

Considere o exemplo do planejamento de entregas apresentado na Seção 2.2.1, onde foram avaliados 4 planos de entrega. Note que cada plano de entrega necessita de investimento para ser executado e propicia benefícios para aqueles que se beneficiarão dos resultados obtidos. Portanto, um plano de entrega pode ser visto como uma DMU, onde o investimento é a entrada requerida pela unidade produtiva e os benefícios são aquilo que, em última instância, ela propicia.

Considere também que os profissionais envolvidos no planejamento das entregas tenham estimado a quantidade total de investimento financeiro necessário para implementar cada um desses 4 planos de entrega. A Tabela 2.10 apresenta essas

quantidades na coluna *Entrada* juntamente com a relevância do ponto de vista dos benefícios intangíveis propiciados por cada plano de entrega, que são apresentados na coluna *Saída*. Nesse caso, a relevância desses benefícios é expressa pelo índice de relevância ponderado ou IRP, que foi calculado através do AHP (ver Seção 2.2.1, página 29).

Tabela 2.10: Entradas e saídas de cada plano de entrega.

Plano de entrega	Entrada	Saída
	<i>Investimento</i> ( $\times R\$10\text{ mil}$ )	<i>IRP</i> (%)
$PE_1$	20	52,1
$PE_2$	30	84,9
$PE_3$	35	63,0
$PE_4$	6	47,9

Como nesse exemplo existe apenas 1 entrada e 1 saída, é possível representar graficamente, em um plano cartesiano, a relação entre as entradas e as saídas de cada DMU. A Figura 2.4 apresenta esse plano cartesiano.

Observe que as coordenadas da cada DMU correspondem aos valores apresentados na Tabela 2.10, ou seja,  $PE_1 = (20; 52, 1)$ ,  $PE_2 = (30; 84, 9)$ ,  $PE_3 = (35; 63)$  e  $PE_4 = (6; 47, 9)$ .

É possível observar que o ponto correspondente à DMU  $PE_4$  possui a maior razão  $\frac{Saídas}{Entradas}$ . Se considerarmos todos os pontos do plano cartesiano que possuem essa mesma razão, estaremos diante de uma reta, que passa pela origem do plano cartesiano e por  $PE_4$ . Tal reta determina a fronteira de eficiência segundo o rendimento constante de escala (CRS). As DMUs que estiverem sobre essa reta são consideradas eficientes. Na Figura 2.4 essa fronteira é representada pela reta tracejada.

De acordo com (BOGETOFT; OTTO, 2015), se a premissa assumida for a do rendimento variável de escala (VRS), teremos a fronteira de eficiência represen-

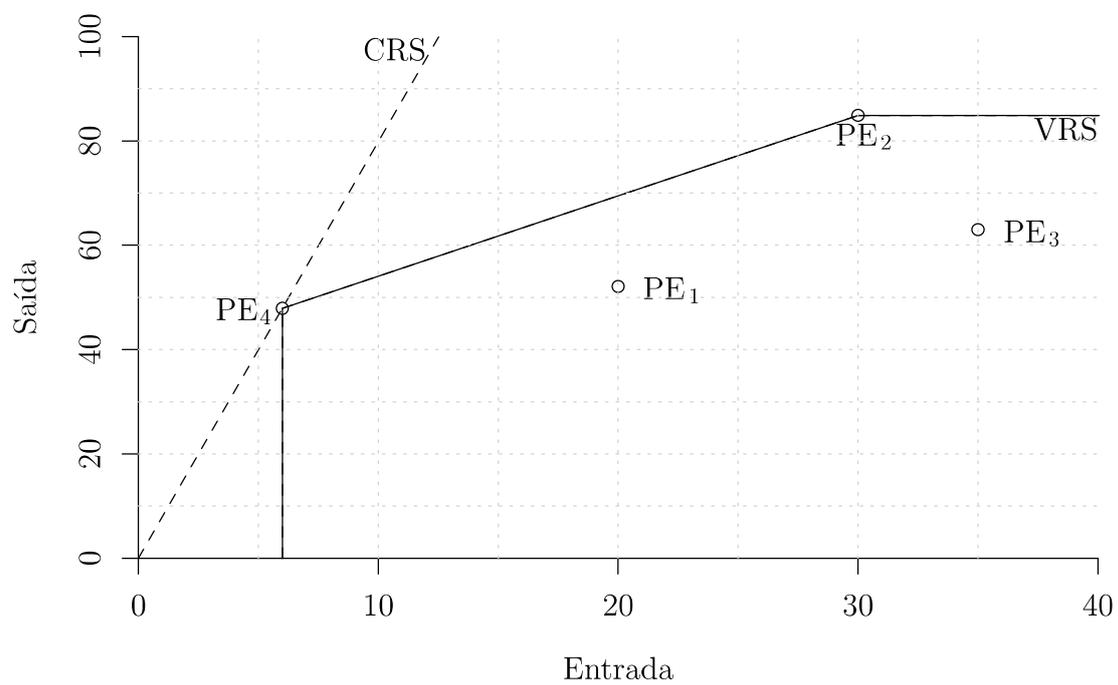


Figura 2.4: Exemplo de fronteiras de eficiência utilizando os rendimentos constante (CRS) e variável (VRS) de escala.

tada por segmentos de reta que formam uma superfície semi-convexa. Nesse caso, a fronteira de eficiência é dada pela linha não pontilhada que passa pelas DMUs  $PE_4 = (6; 47, 9)$  e  $PE_2 = (30; 84, 9)$ . Sob essa premissa, tais DMUs são consideradas igualmente eficientes e as demais DMUs,  $PE_1$  e  $PE_3$ , são consideradas ineficientes.

O VRS tende a retratar com mais fidelidade situações do mundo real onde a economia de escala e o aumento da complexidade do processo produtivo tendem a interferir na razão entre saídas e entradas.

Por exemplo, a economia de escala frequentemente permite que a unidade produtiva obtenha entradas por um preço mais atrativo por unidade. Por outro lado, o aumento substancial da produção pode fazer com que o processo produtivo se torne mais complexo e, portanto, mais difícil de ser gerenciado. Isso pode levar à queda da produção esperada. Tudo isso faz com que a razão entre saídas e entradas não seja constante, como pressupõe o CRS (ANDRIAMASY; BRIEC; MUSSARD, 2017; BEHR, 2016).

Estudos realizados recentemente por pesquisadores da Escola de Administração de Negócios da *Pennsylvania State University*, nos EUA, indicam que o rendimento de escala considerado o mais adequado para projetos de desenvolvimento de *software* é o VRS (PAI; SUBRAMANIAN; PENDHARKAR, 2015).

Esse resultado foi revalidado por estudos realizados pela *University of Copenhagen* em cooperação com a empresa de energia Argentina *Pan American Energy* (ASMILD; IMPERATORE, 2016). A adequabilidade do VRS para projetos de *software* é também confirmada por estudos realizados na Escola de Engenharia da Universidade de Oviedo e no Departamento de Gestão Industrial da Universidade de Sevilha, na Espanha, (ADENSO-DÍAZ et al., 2017).

### Calculando eficiências em relação à fronteira de eficiência

As DMUs que compõem a fronteira de eficiência são aquelas que conseguem atingir o limite da produtividade diante da tecnologia ou do modelo de produção adotado pelo conjunto de DMUs que está sendo analisado. As DMUs que não fazem parte da fronteira de eficiência são consideradas ineficientes (BOGETOFT; OTTO, 2010).

No DEA, a eficiência de uma DMU é representada por um valor entre 0 e 1 na escala de números reais. Este valor pode ser interpretado como um percentual de eficiência que varia entre 0% e 100% . Assume-se que as DMUs eficientes, ou seja, as que estão na fronteira de eficiência, possuem eficiência igual a 1 (ou 100%). As eficiências das demais DMUs são calculadas em função da distância a que cada DMU está da fronteira de eficiência (APARICIO; CORDERO; PASTOR, 2017).

Eficiência orientada a entrada ou, em Inglês, *input-oriented efficiency*, é o nome que se dá quando a estratégia de avaliação da eficiência está relacionada ao cálculo da menor redução possível de entradas de tal forma que razão entre saídas e entradas se torna equivalente às DMUs que estão na fronteira de eficiência (PESSANHA et al., 2015).

Por exemplo, observe na Figura 2.5 a distância representada pela linha horizontal que liga  $PE_3$  à fronteira de eficiência no ponto  $PE_{3,1} = (35; 84, 9)$ . Essa linha representa, com base nas premissas assumidas, o quanto o investimento em  $PE_3$  teria que ser reduzido para que essa DMU pudesse se tornar eficiente. Essa redução pressupõe que a relevância dos benefícios propiciados por  $PE_3$  não se altera.

Sendo assim, a eficiência orientada a entrada do plano de entrega  $PE_3$ ,

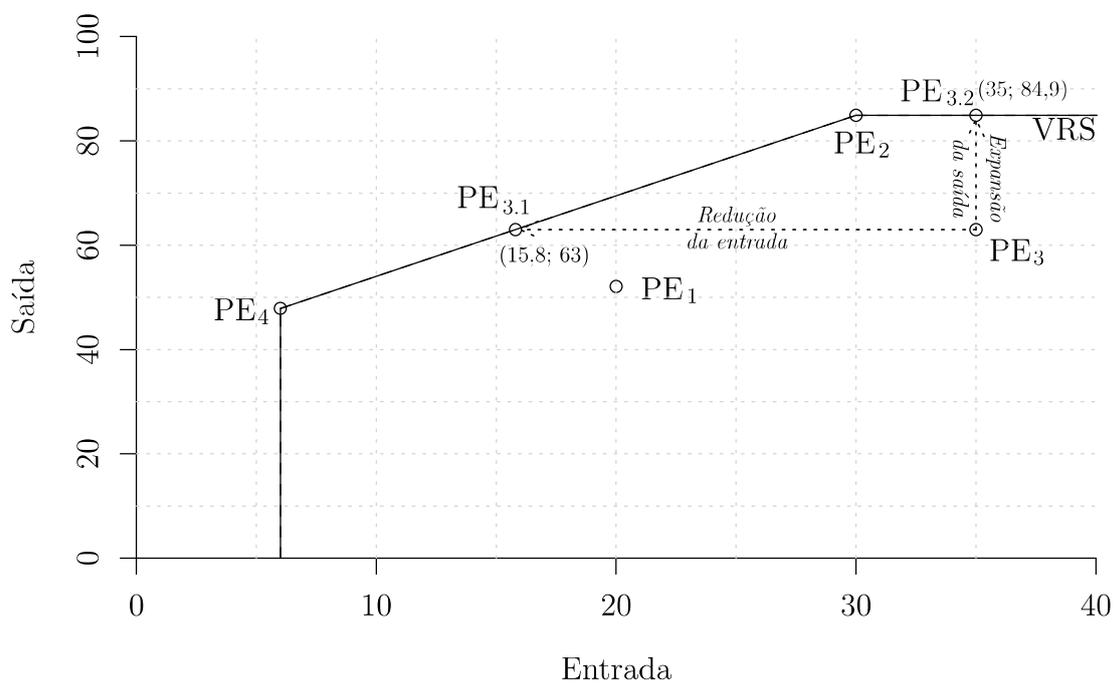


Figura 2.5: Representação das eficiências orientadas a entrada e a saída em um rendimento variável de escala.

$\theta_{entrada}(PE_3)$ , é dada por:

$$\theta_{entrada}(PE_3) = \frac{Entradas_{PE_{3,1}}}{Entradas_{PE_3}} = \frac{15,8}{35} = 0.451 = 45,1\%,$$

onde  $Entradas_{PE_3}$  é o investimento requerido pela DMU  $PE_3$  e  $Entradas_{PE_{3,1}}$  é o menor investimento que teria que ser feito em  $PE_3$  a fim de torná-la eficiente, considerando que a relevância dos benefícios propiciados por  $PE_3$  se mantém a mesma.

Em outras palavras, considerando que a relevância dos benefícios proporcionados por  $PE_3$  se mantém a mesma, esse plano de entrega teria que utilizar apenas 45,1% do investimento atual para se tornar eficiente. Em outras palavras, essa DMU atualmente está consumindo  $221,7\% = \frac{1}{45,1\%}$  mais insumos do que deveria para ser eficiente.

Por outro lado, quando a estratégia de avaliação de eficiência está relacionada ao aumento daquilo que é produzido a partir da mesma quantidade de entradas, dá-se o nome de eficiência orientada a saída (em Inglês, *output-oriented efficiency*) (PESSANHA et al., 2010).

Observe na Figura 2.5 a distância representada pela linha pontilhada vertical que liga a DMU  $PE_3$  à fronteira de eficiência no ponto  $PE_{3,2} = (35; 84, 9)$ . Tal distância representa quão mais relevantes deveriam ser os benefícios proporcionados por  $PE_3$  para que esse plano de entrega se tornasse eficiente, mantendo o mesmo investimento.

De forma análoga à eficiência orientada a entrada, no caso da Figura 2.5, ao calcular a eficiência orientada a saída da DMU  $PE_3$ , indicamos o quanto que essa DMU deveria ser movimentada verticalmente até o ponto  $PE_{3,2}$ .

Sendo assim, a eficiência orientada a saída do plano de entrega  $PE_3$ ,  $\theta_{saida}(PE_3)$ ,

é dada por:

$$\theta_{saida}(PE_{3.2}) = \frac{Saidas_{PE_3}}{Saidas_{PE_{3.2}}} = \frac{63}{84,9} = 0,742 = 74,2\%,$$

onde  $Saidas_{PE_3}$  representa a relevância dos benefícios intangíveis proporcionados por  $PE_3$  e  $Saidas_{PE_{3.2}}$  indica quão relevante deveriam ser os benefícios proporcionados por  $PE_3$  para que esse plano de entrega se torne eficiente, mantendo o mesmo investimento.

Em outras palavras, para  $PE_3$  se tornar eficiente mantendo o mesmo investimento, esse plano de entrega teria que ter uma relevância  $134,7\% = \frac{1}{0,742}$  maior do que a atual, do ponto de vista dos benefícios que ele proporciona.

A Tabela 2.11 apresenta as eficiências relativas dos 4 planos envolvidos no exemplo de planejamento de entregas, considerando a premissa de escala variável de rendimento (VRS) e tanto a premissa de orientação a entrada quanto a de orientação a saída.

Tabela 2.11: Eficiência orientada a entrada e a saída de cada plano de entrega envolvido no planejamento de entregas.

Plano de entrega	Eficiência (%)	
	$\theta_{entrada}$	$\theta_{saida}$
$PE_1$	43,6	75,0
$PE_2$	100,0	100,0
$PE_3$	45,1	74,2
$PE_4$	100,0	100,0

Observe ainda, na Tabela 2.11, que as DMUs  $PE_2$  e  $PE_4$  têm tanto a suas eficiências orientadas a entrada quanto suas eficiências orientadas a saídas com o valor 100%. Isso se deve ao fato dessas DMUs comporem a fronteira de eficiência, ou seja, não é possível, pelas premissas assumidas, reduzir o investimento ou aumentar a sua relevância do ponto de vista dos benefícios por eles proporcionados, sem que tais DMUs deixem de ser eficientes ou extrapolem a fronteira.

Através da Figura 2.5 é possível perceber que as distâncias horizontal e vertical não representam as únicas maneiras nas quais uma DMU ineficiente pode ter as quantidades de suas entradas e saídas alterados a fim de torná-la eficiente. Existem diversas formas para calcular essas distâncias, sendo que cada uma delas representa uma maneira diferente de medir a eficiência. O uso de tais formas de cálculo está relacionado às estratégias e aos objetivos de cada avaliação (APARICIO; CORDERO; PASTOR, 2017).

### Considerações sobre o DEA

DEA se tornou muito popular por ser um método não paramétrico, ou seja, nenhuma premissa é feita sobre a distribuição das variáveis. Além disso, essa popularidade deve-se também pelo fato dele permitir que as diferentes entradas e saídas possam ser medidas em diferentes escalas (BEHR, 2016; BOGETOFT; OTTO, 2010).

Desde quando foi originalmente proposto em 1978, o DEA vem sendo utilizado para resolver problemas de cálculo de eficiência relativa nas mais diversas áreas de conhecimento (EMROUZNEJAD; YANG, 2017; LIU et al., 2013a; CHARNES et al., 1994). Uma busca no Google Acadêmico, realizada em 26 de março de 2018, revela que mais de 93.200 documentos fazem referência à análise envoltória de dados. Revisões dos trabalhos publicados até o ano de 2017 podem ser encontradas em (OLESEN; PETERSEN, 2015; KAO, 2014; LIU et al., 2013b).

Em adição, o DEA vem sendo combinado com o AHP para resolver problemas tais como:

- Determinar a melhor disposição (*layout*) de equipamentos em uma linha de produção, em termos de flexibilidade, acessibilidade e manutenibilidade (YANG; KUO, 2003);

- Medir a eficiência de empresas terceirizadas no processo de publicações técnicas de peças de reposição de aeronaves (FERREIRA FILHO; MARINS; SALOMON, 2009);
- Selecionar fornecedores de produtos e serviços que sejam ambientalmente responsáveis (WEN; CHI, 2010);
- Avaliar o desempenho de fornecedores de produtos e serviços na indústria automotiva (ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011);
- Avaliar o desempenho de sistemas logísticos durante a ocorrência de desastres naturais (ZHANG; FU, 2012);
- Recomendar a melhoria de desempenho de projetos na *National Aeronautics and Space Administration - NASA* (MEZA; JEONG, 2013);
- Estabelecer o ranqueamento de DMUs independente da sua natureza (RAKSHAN; KAMYAD; EFFATI, 2015);
- Fornecer subsídios para a seleção de serviços de *cloud computing* (JATOTH; GANGADHARAN; FIORE, 2016),

entre outros.

### 2.3.1 Análise Estatística da Eficiência

Nem sempre é possível examinar todas as alternativas disponíveis ou todos os elementos de uma população para que uma decisão possa ser tomada. Muitas vezes o número de alternativas ou o tamanho da população é simplesmente muito grande ou mesmo infinito. Isso torna as análises proibitivas do ponto de vista do custo e do tempo necessário para realizá-las.

Inferência estatística é uma área de estudo cujo objetivo é permitir a tomada de decisões a partir de um subconjunto representativo da população. Em geral, um subconjunto é representativo se todos os elementos da população têm a mesma chance de fazer parte desse subconjunto. Nesse caso, esse subconjunto é denominado *amostra aleatória*. No escopo dessa tese, todas as amostras são consideradas aleatórias, a menos que se diga explicitamente o contrário.

Como na inferência nem todos os elementos da população são considerados, os valores calculados vêm necessariamente acompanhados de uma certa dose de incerteza. (THIJSEN, 2016)

*Bootstrapping*<sup>1</sup> é uma prática da inferência estatística que permite estimar o grau de variabilidade ou de incerteza de estimativas feitas a partir de uma amostra quando se tem pouca ou nenhuma informação sobre a população, ou quando obter observações da população é um processo custoso ou demorado (DAVISON; HINKLEY, 1997; BERAN, 1992).

Após ter sido proposto em 1979 por Bradley Efron, o *Bootstrapping* contribuiu enormemente para o desenvolvimento não só da Estatística mas também de todas as áreas da ciência e da tecnologia onde a estatística é aplicada. Tal contribuição fez com que Efron fosse agraciado pelo governo dos EUA, em 2005, com a mais alta honraria científica, a Medalha Nacional da Ciência (JACKSON, 2007).

A ideia do *bootstrapping* é, a partir de uma amostra de uma população, criar novas amostras, todas de mesmo tamanho. Essas novas amostras são chamadas de *amostras bootstrap*. Em seguida, para cada amostra *bootstrap* uma estatística de interesse é calculada. Então, a forma como essa estatística varia de amostra para

---

<sup>1</sup>A origem do termo *Bootstrapping* está associada à história de *Baron von Munchausen*, que conseguiu se suspender pelo cabelo e sair de um atoleiro estando montado em seu cavalo, segurando-o com as pernas. (RASPE, 2009).

amostra é utilizada para estimar o valor dessa estatística na população, ou seja, do parâmetro populacional (EFRON; TIBSHIRANI, 1994).

Uma área que teve grande avanço com a adoção do *Bootstrapping* foi a da avaliação de eficiência, onde surgiram métodos de análise estatística para o DEA, os chamados DEA estocásticos. Tais métodos partem do princípio de que o conjunto de DMUs que está sendo analisado é uma amostra populacional (OLESEN; PETERSEN, 2015).

Dessa forma, as medidas de eficiência fornecidas pelo DEA são, na verdade, uma estimativa das eficiências “reais”, ou seja, daquelas que teriam sido obtidas se estivessem sendo analisadas todas as DMUs que compõem a população.

Em se tratando de uma amostra, podemos conceber a existência de uma fronteira de eficiência amostral. Essa fronteira se aproxima da fronteira de eficiência real, formada por todas as DMUs eficientes dessa população. Frequentemente, a fronteira real é desconhecida. Por esse motivo, as medidas de eficiência fornecidas pelo DEA estocástico são consideradas sensíveis, estando sujeitas à variação amostral do conjunto de DMUs que estão sendo analisadas. Sendo assim, os métodos de DEA estocásticos permitem calcular medidas de variabilidade da eficiência de cada DMU da amostra em relação à fronteira de eficiência real (WEN, 2015).

Um desses métodos em particular se tornou muito popular, o método de análise de sensibilidade de medidas de eficiência proposto por Leopold Simar e Paul W. Wilson, publicado em 1998 (SIMAR; WILSON, 1998). Tal método utiliza *Bootstrapping* em conjunto com o DEA para fornecer estimativas da eficiência relativa de cada DMU, juntamente com seus respectivos intervalos de confiança. O método proposto pode ser usado tanto na escala de rendimento variável (VRS) quanto na constante (CRS).

De acordo com (BEHR, 2016), em linhas gerais, o método proposto por Simar & Wilson pode ser resumido nos seguintes passos.

### **Passo 1**

O primeiro passo consiste em obter uma amostra das eficiências das  $n$  DMUs que estão sendo analisadas. Esse processo de amostragem é realizado com reposição e de forma que a amostra tenha tamanho  $n$ . Seja  $\theta^*$  os valores de eficiência obtidos por esse processo.

Considere como exemplo as eficiências orientadas a saída dos 4 planos de entrega apresentados na Tabela 2.11, página 51. Agora, considere como resultado de uma amostragem com reposição, contendo 4 observações, os seguintes valores  $\theta^*$  de eficiências: 100%, 100%, 74,2% e 74,2%.

### **Passo 2**

Em seguida, os valores de  $\theta^*$  são utilizados para criar um novo conjunto de  $n$  DMUs fictícias que tem como referência as  $n$  DMUs originais que estão sendo analisadas. No caso de modelos orientados a saída, as quantidades das entradas produzidas pelas DMUs fictícias são as mesmas das DMUs originais. Já a quantidade das saídas produzidas pelas DMUs fictícias são uma fração das quantidades das saídas das DMUs originais. Essa fração é dada por  $\frac{\theta^*}{\theta}$ , onde  $\theta$  são as eficiências orientadas a saída das DMUs originais.

Para modelos orientados a entrada, as quantidades das saídas permanecem as mesmas e as quantidades das entradas são recalculadas como uma fração das quantidades das entradas das DMUs originais.

De volta ao exemplo, considere as entradas e saídas das DMUs originais presentes na Tabela 2.10 e suas respectivas eficiências orientadas a saída apresentadas na Tabela 2.11. A Tabela 2.12 mostra o cálculo das entradas e das saídas das 4 DMUs fictícias.

Tabela 2.12: Entradas e Saídas das DMUs fictícias em uma amostra *bootstrap*.

Plano de entrega	Entrada	Saída
	Investimento ( $\times R\$10 \text{ mil}$ )	IRP (%)
$PE_5$	20	$52,1 \times \frac{100\%}{75,0\%} = 69,5$
$PE_6$	30	$84,9 \times \frac{100,0\%}{100,0\%} = 84,9$
$PE_7$	35	$63,0 \times \frac{74,2\%}{74,2\%} = 63,0$
$PE_8$	6	$47,9 \times \frac{74,2\%}{100,0\%} = 55,6$

Note que as DMUs fictícias foram nomeadas como  $PE_5$ ,  $PE_6$ ,  $PE_7$  e  $PE_8$ , sendo que tais DMUs têm como referência, respectivamente, as DMUs originais  $PE_1$ ,  $PE_2$ ,  $PE_3$  e  $PE_4$ . Dessa forma, a quantidade da saída da DMU  $PE_5$ , 69,5, foi calculada a partir da saída da DMU  $PE_1$  cujo valor é 52,1, multiplicado pela razão entre o valor da primeira observação de  $\theta^*$ , 100%, e o valor da eficiência da DMU  $PE_1$ , 75%.

Já a quantidade da saída proporcionada por  $PE_6$ , 84,9, é calculada a partir da entrada de  $PE_2$ , cujo valor é 84,9, multiplicado pela razão entre o valor da segunda observação de  $\theta^*$ , 100,0%, e o valor da eficiência de  $PE_2$ , 100,0%. De forma análoga, os valores das saídas das DMUs  $PE_7$  e  $PE_8$  foram calculados tendo como referências, respectivamente, as saídas e as eficiências das DMUs  $PE_3$  e  $PE_4$ .

Os valores das entradas das DMUs fictícias  $PE_5$ ,  $PE_6$ ,  $PE_7$  e  $PE_8$  se manti-

veram as mesmos das DMUs  $PE_1$ ,  $PE_2$ ,  $PE_3$  e  $PE_4$ .

### Passo 3

O terceiro passo do método é calcular novos valores das eficiências das DMUs originais. Esse cálculo é feito adotando como referência a fronteira de eficiência estabelecida pelas DMUs fictícias, usando a mesma escala de rendimento e orientação (no caso, VRS e orientação a entrada). A Tabela 2.13 mostra o resultado desse cálculo, para a amostra *bootstrap* apresentada na Tabela 2.12.

Tabela 2.13: Eficiências orientadas a saída das DMUs tendo como referência a fronteira de eficiência criada pelas DMUs fictícias.

Plano de entrega	Eficiência
$PE_1$	71,7%
$PE_2$	100,0%
$PE_3$	74,2%
$PE_4$	86,2%

### Passo 4

Os passos de 1 a 3 são repetidos para  $m$  amostras *bootstrap*, de forma que ao final são obtidos  $m$  valores de eficiências para cada uma das  $n$  DMUs originais. Tipicamente aconselha-se o uso de pelo menos 1.000 amostras (BOGETOFT; OTTO, 2010, 2015). Pattengale *et al.* discutem de forma mais ampla como determinar a quantidade de amostras *bootstrap* (PATTENGALÉ et al., 2010).

O último passo consiste em calcular a eficiência média de cada DMU original considerando seus respectivos enviesamentos amostrais (*bias*, em Inglês) (RUMSEY, 2009). E em seguida, são obtidos os intervalos de confiança das eficiência das  $n$  DMUs originais nos quantis 5%, para o limite inferior, e 95%, para o limite superior (BEHR, 2016).

A Tabela 2.14 apresenta tais valores, para o exemplo do planejamento de entrega envolvendo 4 planos de entrega. Esses valores representam o resultado final da aplicação do método de Simar & Wilson.

Tabela 2.14: Eficiências orientadas a saída e intervalos de confiança calculados usando o método de Simar & Wilson.

Plano de entrega	Eficiência média	Intervalo de confiança	
		Limite inferior	Limite superior
$PE_1$	70,4%	65,8%	90,8%
$PE_2$	90,7%	81,4%	100,0%
$PE_3$	68,8%	63,4%	88,2%
$PE_4$	83,0%	66,1%	100,0%

Revisões de literatura sobre a utilização de análises estatísticas no cálculo de eficiência usando DEA são apresentadas em (JOHNSON, 2017) e (OLESEN; PETERSEN, 2015).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

As ideias que nortearam o desenvolvimento dessa tese foram baseadas em duas revisões de literatura. Ambas as revisões analisaram como a avaliação de investimento em projetos ágeis de *software* é realizada no setor público.

A primeira revisão teve como objetivo identificar como os benefícios intangíveis são tratados nos modelos, métodos, *frameworks* e práticas de avaliação de investimentos.

A segunda revisão focou em uma das atividades mais críticas da gestão de projetos ágeis de *software*: o planejamento de entregas. Nessa revisão procurou-se identificar os critérios de tomada de decisão utilizados durante o planejamento de entregas, a fim de verificar como os benefícios intangíveis são tratados.

Em linhas gerais, ambas as revisões de literatura seguiram os seguintes passos:

- Estabelecimento do objetivo da revisão de literatura;
- Identificação das bases de dados a serem pesquisadas;
- Determinação dos critérios de seleção de trabalhos;
- Construção da *string* de busca;
- Execução da busca;
- Aplicação dos critérios de seleção de trabalhos;
- Análise dos trabalhos selecionados;

- Conclusão da revisão de literatura.

As duas revisões de literatura concluíram que, até o momento, não existem propostas para o planejamento de entregas em projetos ágeis de *software* no setor público, que levem em consideração os benefícios intangíveis proporcionados por essas entregas e que orientem as decisões pela eficiência dos investimentos a serem realizados. Como consequência disso, o desenvolvimento de uma proposta nessa linha passou a ser objetivo dessa tese.

### 3.1 PRIMEIRA REVISÃO DE LITERATURA

Nesta revisão de literatura, buscou-se analisar como os benefícios intangíveis são considerados nos métodos e práticas existentes de análise de investimentos em projetos ágeis de *software*, assim como a adequação de tais métodos ao contexto do setor público.

Vale ressaltar que tal revisão de literatura foi executada entre Abril e Junho de 2014, atualizada uma primeira vez entre Setembro e Outubro de 2014 e uma segunda vez em Abril de 2015.

#### 3.1.1 Fontes de Pesquisa

Neste revisão de literatura foram utilizadas as bases eletrônicas de dados listadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Bases de dados pesquisadas.

Nome da base de dados
ACM Digital Library
Google Scholar
IEEE Xplore Digital Library
JSTOR
Science Direct
Scopus
Springer Link
Web of Science
Wiley Digital Library

### 3.1.2 Termos de Busca

A identificação dos termos de busca foi feita considerando áreas de conhecimento distintas que se complementam em relação ao tema de interesse dessa revisão de literatura.

Uma dessas áreas é a avaliação de investimentos. Outra é a do estudo de benefícios intangíveis propiciados por projetos das mais diversas origens e finalidades. Finalmente, foram considerados os estudos relativos a projetos ágeis de *software*.

Para cada uma dessas áreas, foi estabelecido um conjunto de termos inspirados em conceitos bem sedimentados da engenharia de produção, finanças, economia e tecnologia da informação e da comunicação (SANTOS, 1991). A Tabela 3.2 apresenta cada um dos termos de busca.

É importante ressaltar que, na Tabela 3.2, os termos de busca de número 1 a 6 foram utilizados com o objetivo de obter nas fontes de pesquisa, trabalhos relevantes à avaliação de investimentos. Por sua vez, os termos de busca de número 7 e 8 foram utilizados para obter trabalhos relacionados a benefícios intangíveis propiciados pela

Tabela 3.2: Termos de busca utilizados.

Id	Termos de busca
1	Investment
2	Evaluation
3	Valuation
4	Appraisal
5	Analysis
6	Assessment
7	Intangible Benefit
8	Intangible Value
9	Agile Method
10	Agile Approach
11	Agile Methodology
12	Agile Manifesto
13	Agile Development
14	Agile Software
15	Agile Project
16	Agile Management
17	(1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6) AND (7 OR 8) AND (9 OR 10 OR 11 OR 12 OR 13 OR 14 OR 15 OR 16)

execução de projetos de características genéricas. Já os termos de busca número 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 estão relacionados à obtenção de trabalhos relacionados a projetos ágeis de *software*.

Finalmente, o termo de busca número 17 representa a composição dos termos de número 1 a 16, sendo portanto o termo que foi aplicado em cada uma das bases de dados fontes da pesquisa, objetivando assim selecionar trabalhos relevantes à avaliação de investimentos em projetos ágeis de *software* baseada em benefícios intangíveis.

O tema setor público não é considerado na *string* de busca. Entretanto, ele é tratado nos critérios de seleção de trabalhos, que serão discutidos mais adiante.

Note que todos os termos estão em inglês, uma vez que o objetivo foi analisar trabalhos escritos nesse idioma, que é a *lingua franca* da computação. Entretanto, foram considerados também trabalhos escritos em português que contém tais termos. Além disso, é importante frisar que ao realizar a busca os termos apresentados na Tabela 3.2 foram utilizados tanto no singular quanto no plural.

### 3.1.3 Execução da Busca

Ao realizar as buscas nas bases de dados, não foi aplicado nenhum filtro por área de pesquisa, disciplina, tipo de conteúdo ou ano de publicação dos trabalhos.

A Tabela 3.3 apresenta a quantidade de trabalhos retornados pela busca em cada uma das bases de dados utilizadas como fonte de pesquisa.

Tabela 3.3: Quantidade de trabalhos retornados pela busca em cada base de dados.

Base de dados	Quantidade	%
ACM Digital Library	23	2,2
Google Scholar	843	80,2
IEEE Xplore Digital Library	44	4,2
JSTOR	0	0,0
Science Direct	52	4,9
Scopus	22	2,1
Springer Link	34	3,2
Web of Science	0	0,0
Wiley Digital Library	33	3,1
Total de trabalhos	1.051	100

Embora a utilização do Google Scholar como fonte de pesquisa tenha sido questionada nos últimos anos, optamos por incluí-la como fonte de pesquisa LI; AVGERIOU; LIANG (2015); LÓPEZ-CÓZAR; ROBINSON-GARCÍA; TORRES-SALINAS (2014). Tal decisão foi tomada pelo autor da tese pois, diferentemente das outras bases, o Google Scholar indexa conteúdos de livros, dissertações, teses,

relatórios técnicos etc., o que torna a pesquisa mais abrangente contribuindo para o aumento da qualidade do processo de busca.

Entretanto, para atingir tal aumento de qualidade foi necessária a definição de critérios de seleção de trabalhos ainda mais apurados. Isso por que, por exemplo, o Google Scholar retornou como parte do resultado de busca trabalhos incompletos que sequer haviam sido publicados. Isso foi confirmado através de contato por *email* com os autores desses trabalhos.

Portanto, recomendamos a utilização do Google Scholar como fonte de pesquisa complementar a outras bases de pesquisa, desde que sejam estabelecidos critérios rigorosos de seleção dos trabalhos por ele apresentados como resultados de busca.

#### **3.1.4 Critérios de Seleção de Trabalhos**

Dando prosseguimento à estratégia de identificação, foram estabelecidos critérios de seleção de trabalhos para serem aplicados sobre os resultados das buscas em cada uma das bases pesquisadas.

Em um primeiro momento, foi aplicado um critério básico de eliminação de trabalhos. Esse critério consistiu da leitura dos títulos, palavras chave e resumos de todos os 1.051 trabalhos resultantes da busca. Isso teve por objetivo eliminar trabalhos duplicados ou trabalhos que não estivessem relacionados à avaliação de investimentos em projetos de *software*.

No caso do Google Scholar, a busca retornou livros disponíveis no Google Books. Em decorrência, utilizou-se a ferramenta de busca do Google Books para

analisar todas as ocorrências dos termos de busca com o objetivo de verificar sua relação com a avaliação de investimentos em projetos de *software*. Sendo assim, da mesma forma que os demais tipos de trabalhos, o critério básico de seleção teve como objetivo adicional eliminar livros não relacionados à avaliação de investimentos em projetos de *software*.

Como resultado da aplicação do critério básico citado acima, foram encontrados 3 trabalhos que ainda não haviam sido publicados e 789 trabalhos duplicados. Dentre os 259 trabalhos restantes ( $1051 - 3 - 789 = 259$ ), 237 foram eliminados por não estarem conectados aos objetivos da pesquisa. Os 22 trabalhos restantes foram submetidos a critérios detalhados de seleção a fim de realizar uma análise ainda mais apurada. Tais trabalhos são listados na Tabela 3.4.

Os critérios detalhados de seleção consistiram de verificações que foram aplicadas durante da leitura de todo o texto de cada um desses trabalhos. Esses critérios são apresentados na Tabela 3.5.

É importante observar que foi através dos critérios detalhados de seleção constantes na Tabela 3.5 que a estratégia de busca procurou selecionar trabalhos relacionados ao setor público e que estivessem também relacionados a projetos ágeis de *software*, assuntos esses que não fizeram parte do critério básico de seleção de trabalhos.

De acordo com o critério detalhado, revisões de literatura e revisões sistemáticas também foram analisadas. Além de terem seu conteúdo analisado, esses tipos de trabalho foram considerados como meio de identificação de outros trabalhos que, por sua vez, pudessem estar de acordo com os demais critérios de seleção.

Tabela 3.4: Trabalhos submetidos aos critérios detalhado de seleção

Id	Título
1	A model for evaluating the ROI of technology readiness assessments (BAILEY et al., 2014)
2	A new framework for IT investment decisions: A practical guide to assessing the true value of IT projects in business (BARNES, 2010)
3	Adapting funding processes for agile IT projects: an empirical investigation (CAO et al., 2013)
4	Analysis of Return on Investment in Different Types of Agile Software Development Project Teams (MILANOV; NJEGUS, 2012)
5	Benefit realisation lifecycle management in IT-related business projects (WATTRUS, 2010)
6	Critical thoughts from a government perspective (AL-KHOURI, 2013)
7	Information Systems Development & Management (AVGEROU, 2011)
8	Directing The Agile Organisation: A lean approach to business management (LEYBOURN, 2013)
9	IT Strategy & Governance Explained (ADUSUMILLI, 2011)
10	Assessing Agility (LAPPO; ANDREW, 2004)
11	Performance driven IT management: Five practical steps to business success (SACHS, 2011)
12	Managing Risks of ICT Projects (PATHER; REMENYI; REMENYI, 2011)
13	Decision support for product management of software intensive products (KHURUM, 2011)
14	The business value of IT: managing risks, optimizing performance and measuring results (HARRIS; HERRON; IWANICKI, 2008)
15	IT SUCCESS!: Towards a new model for information technology (GENTLE, 2007)
16	E-government adoption and acceptance: A literature review (TITAH; BARKI, 2006)
17	Improving IT-Strategy-Alignment and requirements engineering with a multi-dimensional business value (RUSNJAK, 2010)
18	Management principles associated with IT project success (NICHOLAS; HIDDING, 2010)
19	Towards an integrated measurement of IS project performance: The project performance scorecard (BARCLAY, 2008)
20	Valuation of Software Initiatives Under Uncertainty: Concepts, Issues, and Techniques (ERDOGMUS; FAVARO; HALLING, 2006)
21	Software product release planning through optimization and what-if analysis (AKKER et al., 2008)
22	From agile software development to agile businesses (STEINDL, 2005)

Tabela 3.5: Critérios detalhados de seleção

Id	Critérios
1	O texto completo do trabalho está disponível na base de dados ou, se não disponível, o autor disponibilizou-o ao ser contactado.
2	O trabalho apresenta uma estratégia de avaliação de investimentos em projetos ágeis de <i>software</i> no setor público que considera benefícios intangíveis.
3	O trabalho discute, compara ou avalia estratégias de investimentos em projetos ágeis de <i>software</i> no setor público.
4	O trabalho está escrito na língua inglesa ou portuguesa.

### 3.1.5 Resumo dos Trabalhos Submetidos ao Critério Detalhado de Seleção

Dentre os trabalhos submetidos aos critérios detalhados, Bailey *et al.* BAILEY et al. (2014) propõem um *framework* para avaliar os benefícios econômicos da utilização do *Technology Readiness Assessment* (TRA) no departamento do governo norte americano. O *framework* possui 4 fases onde são avaliados o custo, o risco, o benefício e o valor do TRA. Tais avaliações são realizadas em termos financeiros utilizando métricas tradicionais tais como NPV e ROI.

O TRA é um processo sistemático, de uso obrigatório em todas as aquisições de tecnologia feitas pelo departamento de defesa, que tem como objetivo avaliar a maturidade do *software* e do *hardware* que são considerados elementos críticos nos sistemas a serem desenvolvidos (RESEARCH & ENGINEERING, 2011). Nesse contexto, maturidade indica o grau de confiabilidade dos sistemas de *software* e dos equipamentos (*hardware*).

Barnes (BARNES, 2010) comenta a dificuldade de considerar, no cálculo do ROI, todos os benefícios proporcionados pelos investimentos em projetos de TIC. Segundo o autor, isso se deve à existência de benefícios intangíveis, ou seja, benefícios

que são difíceis de serem quantificados em termos financeiros. Por esse motivo, o autor cita a impossibilidade de comparar diferentes projetos de TIC usando o ROI, uma vez que nem todos os benefícios poderão ser quantificados financeiramente.

Ao realizar um estudo de caso envolvendo projetos ágeis de *software*, Cao *et al.* (CAO et al., 2013) apresentam um conjunto de práticas que tratam dos seis tipos de conflitos que surgem ao aplicar a tais projetos métodos tradicionais de financiamento de investimentos. Tais conflitos estão relacionados às respostas díspares fornecidas por cada uma dessas abordagens às seguintes perguntas:

- Em que momento do projeto é realizado o levantamento de requisitos funcionais?
- Em que momento do projeto são implementados os requisitos não funcionais?
- O escopo, o cronograma e o custo do projeto são conhecidos?
- Existe um plano formal e detalhado para o projeto?
- Em que momento os custos de definição e planejamento do projeto são determinados?

Cao *et al.* comentam que os processos tradicionais de financiamento consideram que tanto os benefícios tangíveis quanto intangíveis proporcionados pelo projeto como um todo podem ser identificados e estimados antes do projeto ser iniciado. Os autores reconhecem que em projetos ágeis de *software* isso nem sempre é possível e que tal identificação e avaliação deve ser feita ao longo do projeto.

Milavov & Njegus (MILANOV; NJEGUS, 2012) analisam diferentes tipos de projetos de desenvolvimento de *software* com o objetivo de identificar o valor de

negócio e o ROI da adoção de métodos ágeis em tais projetos. Wattrus (WATTRUS, 2010), assim como Milavov & Njegus, sugerem a prática de traduzir os benefícios intangíveis em termos financeiros para comporem o cálculo do ROI. Tal prática é contestada por Barnes (BARNES, 2010) por considerar que os benefícios intangíveis deveriam ser apresentados de forma explícita no *business case* de justificativa de um projeto.

Explicitar benefícios intangíveis no *business case* de um projeto também é uma prática sugerida por Leybourn (LEYBOURN, 2013) e por Adusumilli (ADUSUMILLI, 2011). Tanto Leybourn quanto Adusumilli citam que os benefícios intangíveis devem ser avaliados, mas não sugerem como isso deve ser feito.

Já Al-Khouri, no livro “*Critical Thoughts from a Government Perspective*” (AL-KHOURI, 2013), aponta que projetos de TIC no setor público que se concentram apenas em uma análise de custo-benefício por meio do cálculo do ROI, não costumam atingir seus objetivos. Isso se deve ao fato do ROI ser um método limitado para tratar riscos e benefícios intangíveis de maneira apropriada, o que também foi comentado em (AVGEROU, 2011). Al-Khouri se utiliza do termo “abordagem ágil” de maneira genérica e não associada a projetos ágeis de desenvolvimento de *software*.

Lappo & Andrew (LAPPO; ANDREW, 2004) propõem uma técnica para avaliar a agilidade de times de desenvolvimento que utilizam métodos ágeis como o XP e o Scrum, assim como aspectos relativos à melhoria do processo de desenvolvimento de *software*. Segundo os autores, deve-se levar em consideração os benefícios intangíveis que a melhoria do processo de desenvolvimento possa vir a proporcionar. Entretanto, não é comentado como isso deve ser feito.

Sachs (SACHS, 2011), Pather *et al.* (PATHER; REMENYI; REMENYI,

2011), Khurum (KHURUM, 2011), Harris *et al.* (HARRIS; HERRON; IWANICKI, 2008), Barclay (BARCLAY, 2008) e Gentle (GENTLE, 2007) comentam os desafios e dificuldades em considerar benefícios intangíveis ao investir em projetos de *software*. Entretanto, esses autores não sugerem como a análise de tais benefícios deve ser realizada. Khurum chega a citar o Método de Financiamento Incremental (MFI) (DENNE; CLELAND-HUANG, 2004) como sendo um método que pode ser utilizando em projetos ágeis de *software* e leva em consideração benefícios intangíveis quantificando-os em termos financeiros.

Já Titah & Barki (TITAH; BARKI, 2006), ao comentarem a necessidade da identificação e avaliação dos impactos de um projeto de *e-gov*, apontam a importância dos benefícios intangíveis também serem tratados em conjunto com os benefícios tangíveis em tais projetos. Os autores citam o trabalho de Gupta & Jana (GUPTA; JANA, 2003) que, por sua vez, comentam que quando benefícios intangíveis não são considerados a avaliação de projetos de *e-gov* fica comprometida, podendo resultar na rejeição de projetos de grande potencial.

Rusnjak (RUSNJAK, 2010) ao propor um modelo multi-dimensional para determinar o valor de negócio em projetos ágeis de *software*, também comenta a importância de avaliar tanto os benefícios tangíveis quanto os intangíveis. Segundo o autor, isso deve ser feito tanto no domínio estratégico, quanto no tático e também no operacional. Entretanto, Rusnjak não propõe nem indica um método que torne isso possível.

Ao identificar princípios de gestão que contribuem para o sucesso de um projeto, Hidding & Nicholas (NICHOLAS; HIDDING, 2010) constatam que nem sempre projetos que ultrapassam o prazo de execução e o orçamento são vistos como projetos que falharam. Isso por que, embora alguns projetos, quando avaliados sob o ponto de vista dos critérios tradicionais de gestão de projetos, sejam considerados

como falhos, ainda assim eles podem ser percebidos como sendo um sucesso. Isso se deve justamente aos benefícios intangíveis propiciados pelos projetos mas que, geralmente, não são avaliados pelos critérios tradicionais de gestão de projetos.

Essa ideia também é compartilhada por Barclay (BARCLAY, 2008). Ou seja, o sucesso de um projeto pode ser percebido sob o ponto de vista dos benefícios intangíveis que ele propicia e não apenas sob o ponto de vista das métricas mais comuns de gestão de projetos, o que ressalta a importância de se considerar os benefícios intangíveis. Entretanto, Hidding & Nicholas não apresentam nenhum método de análise para tratar os benefícios intangíveis proporcionados por projetos de TIC.

Segundo Erdogmus *et al.* (ERDOGMUS; FAVARO; HALLING, 2006), geralmente benefícios intangíveis são a fonte dominante de geração de valor em iniciativas de desenvolvimento de *software*. Os autores comentam que as técnicas tradicionais de análise de investimentos orientadas a custo tratam apenas benefícios tangíveis, deixando de lado os benefícios intangíveis. Entretanto, os autores sugerem que benefícios intangíveis sejam representados em termos financeiros e incorporados ao cálculo do ROI e NPV.

Akker *et al.* (AKKER *et al.*, 2008) apresentam um método de otimização, baseado em programação linear, para o planejamento de entregas de um projeto de desenvolvimento de *software* cujo objetivo é maximizar a receita. O método proposto sugere que benefícios intangíveis sejam representados em valores financeiros e que esses valores sejam considerados como parte da receita projetada para cada entrega.

Os autores comentam que o método proposto precisaria ser aprimorado a fim de permitir sua utilização em conjunto com métodos ágeis tais como o Scrum, deixando essa questão aberta com possibilidades para trabalhos futuros.

Steindl STEINDL (2005), em seu artigo “*From agile software development to agile businesses*”, e Harris *et al.*, no livro “*The business value of IT*”(HARRIS; HERRON; IWANICKI, 2008), indicam que o Método de Financiamento Incremental (MFI) (DENNE; CLELAND-HUANG, 2004) é um método de análise de investimentos capaz de considerar tanto os benefícios tangíveis quanto os benefícios intangíveis. Segundo Steindl e Harris *et al.*, o MFI trata esses dois tipos de benefícios ao determinar o valor financeiro de cada módulo no qual um projeto pode ser dividido.

Harris *et al.* citam ainda o *business case* como sendo uma ferramenta gerencial de análise de investimentos em TIC e o *AIE - Applied Information Economics* como sendo uma abordagem multicritério para a análise de investimentos em TIC que consideram tanto os benefícios tangíveis quanto os intangíveis traduzindo-os em termos financeiros.

### 3.1.6 Sumário da Revisão de Literatura

A Figura 3.1 apresenta um resumo da estratégia de identificação das oportunidade de pesquisa contendo tanto a quantidade de trabalhos selecionados quanto a quantidade de trabalhos eliminados em cada passo do processo.

Observe que após a aplicação dos critérios detalhados, todos os 22 trabalhos que haviam sido selecionados pelo critério básico foram eliminados.

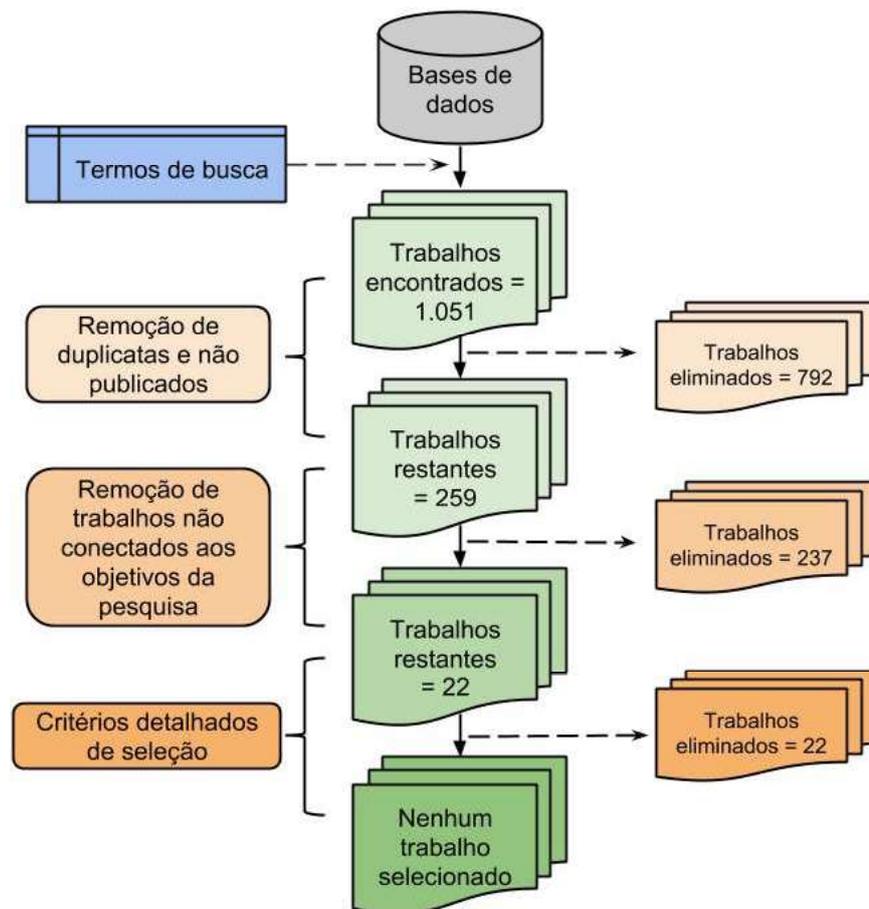


Figura 3.1: Resumo da revisão de literatura sobre análise de investimentos

### 3.1.7 Conclusão da Primeira Revisão de Literatura

Após a análise de 1.051 trabalhos obtidos em 9 bases de dados, foi constatado que nenhum desses trabalhos propõe uma metodologia de análise de investimentos em projetos ágeis de *software* no setor público, que leve em consideração, além dos benefícios tangíveis proporcionados por esses projetos, os benefícios intangíveis de forma explícita e que orientem as decisões pela eficiência dos investimentos a serem realizados.

## 3.2 MOTIVAÇÃO PARA A SEGUNDA REVISÃO DE LITERATURA

É importante mencionar que, em geral, uma metodologia de avaliação de investimento em projetos de *software* teria que considerar as seguintes etapas:

- Captura de requisitos;
- Determinação do valor dos requisitos e das dependências entre eles;
- Priorização dos requisitos;
- Especificação dos requisitos;
- Definição da plataforma e da arquitetura do *software*;
- Planejamento das entregas;
- Codificação;
- Gestão da qualidade e testes;
- Gestão de risco;

- Planejamento de *outsourcing* e *offshoring*; e
- Gestão dos benefícios

entre outras. Ver (LAUDON; LAUDON, 2015; KHAN; PARVEEN; SADIQ, 2014; SHARMA, 2014) a esse respeito.

Como o tempo e o esforço necessário para desenvolver uma metodologia voltada para a condução de projetos ágeis de *software* no setor público seria incompatível com o tempo disponível para a realização de uma tese de doutorado, optamos por concentrar nossos esforços em uma dessas etapas. Na verdade, naquela que é uma das mais críticas para a condução de projetos dessa natureza.

Nesse sentido, realizamos uma segunda revisão sistemática de literatura sobre a existência de propostas de modelos, métodos, *frameworks*, algoritmos, práticas etc. para o planejamento de entregas em projetos ágeis de *software* no setor público.

Essa revisão sistemática da literatura tem também por objetivo identificar propostas de planejamento de entregas que tratem, além dos benefícios tangíveis proporcionados por esses projetos, os benefícios intangíveis, de maneira explícita. Além disso, requer-se que essas propostas orientem as decisões de planejamento pela eficiência dos investimentos a serem realizados. Tal revisão de literatura é apresentada em detalhes a seguir.

### 3.3 SEGUNDA REVISÃO DE LITERATURA

Essa revisão de literatura segue as ideias propostas por Kitchenham (KITCHENHAM, 2004) sobre revisões sistemáticas de literatura. Vale ressaltar que a

revisão de literatura aqui apresentada foi executada entre Junho e Outubro de 2015, e atualizada em Abril de 2017.

### 3.3.1 Fontes de Pesquisa

A presente revisão sistemática utilizou como fontes de pesquisa os repositórios listados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Bases de dados pesquisadas.

Nome da base de dados
ACM Digital Library
Google Scholar
IEEE Xplore Digital Library
JSTOR
Science Direct
Scopus
Springer Link
Web of Science
Wiley Digital Library

Note que esses repositórios concentram a avassaladora maioria dos trabalhos realizados na Ciência da Computação e áreas correlatas. A despeito disso, na revisão de literatura, foram considerados trabalhos oriundos de todas as áreas do conhecimento.

### 3.3.2 Termos de Busca

O passo seguinte consistiu em identificar os termos de busca relevantes à estratégias (modelos, métodos, *frameworks*, algoritmos, práticas etc.) de planejamento de entregas em projetos de desenvolvimento de *software* que consideram a existência de benefícios intangíveis.

A identificação dos termos de busca foi feita considerando três áreas de conhecimento distintas que se complementam em relação ao tema de interesse desse trabalho, isto é:

- Modelos, métodos, *frameworks*, algoritmos, práticas etc. ligadas a desenvolvimento e uso de *software*;
- Planejamento de entregas; e
- modelos, métodos, *frameworks*, algoritmos, práticas etc. ligadas ao tratamento de benefícios intangíveis.

Além disso, foram considerados também os termos e jargões utilizados nos trabalhos analisados durante a última etapa da revisão de literatura sobre análise de investimento em projetos ágeis de *software*. Ver Tabela 3.4.

Outras fontes utilizadas para determinação dos termos de busca foram as revisões sistemáticas de literatura realizadas por Ameller *et al.* (AMELLER et al., 2016) e Svahnberg (SVAHNBERG et al., 2010) sobre modelos de planejamento de entrega.

Pode ser importante ressaltar que quando essa revisão de literatura foi atualizada em Abril de 2017, o Google Scholar passou a retornar o artigo que havíamos publicado como consequência da primeira revisão de literatura (FERNANDES et al., 2016). A Tabela 3.7 apresenta cada um dos termos de busca.

É importante ressaltar que, na Tabela 3.7, os termos de busca de número 1 a 6 foram utilizados com o objetivo de obter, nas fontes de pesquisa, trabalhos relevantes ao planejamento de entregas em projetos de *software* independente do método utilizado. Por sua vez, os termos de busca de número 7 e 24 foram utilizados para obter trabalhos relacionados a benefícios intangíveis propiciados pela execução

Tabela 3.7: Termos de busca utilizados.

Id	Termos de busca
1	Software
2	Release Plan
3	Release Planning
4	Release Analysis
5	Plan Release
6	Planning Release
7	Intangible Benefits
8	Intangible Factors
9	Intangible Value
10	Intangible Effect
11	Intangible Outcome
12	Intangible Criteria
13	Intangible Goal
14	Intangible Results
15	Intangible Advantage
16	Soft Benefits
17	Soft Factors
18	Soft Value
19	Soft Effect
20	Soft Outcome
21	Soft Criteria
22	Soft Goal
23	Soft Results
24	Soft Advantage
25	1 AND (2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6) AND ((7 OR 8 OR 9 OR 10 OR 11 OR 12 OR 13 OR 14 OR 15) OR (16 OR 17 OR 18 OR 19 OR 20 OR 21 OR 22 OR 23 OR 24))

de projetos de características genéricas, ou seja, independente se tais projetos estão inseridos no contexto do setor público ou privado.

Finalmente, o termo de busca número 25 representa a composição dos termos de número 1 a 24, sendo portanto o termo que foi aplicado em cada uma das bases de dados fontes da pesquisa. Isso teve como objetivo selecionar trabalhos relevantes ao

planejamento de entregas, em projetos de desenvolvimento de *software*, que utilizem como critérios de tomada de decisão os benefícios intangíveis proporcionados por tais entregas.

Note que todos os termos estão em inglês, uma vez que o objetivo foi analisar trabalhos escritos nesse idioma, que é a *língua franca* da computação. Entretanto, foram considerados também trabalhos escritos em português que contém tais termos. Além disso, é importante frisar que ao realizar a busca os termos apresentados na Tabela 3.7 foram utilizados tanto no singular quanto no plural.

Embora essa revisão de literatura como um todo considere a eficiência dos investimentos a serem realizados em projetos ágeis de *software*, esse assunto só é tratado após o exame minucioso dos artigos selecionados pelo processo de busca. Ver Seção 3.3.6, página 96.

### 3.3.3 Execução da Busca

Ao realizar as buscas nas bases de dados, não foi aplicado nenhum filtro por área de pesquisa, disciplina, tipo de conteúdo ou ano de publicação dos trabalhos.

A Tabela 3.8 apresenta a quantidade de trabalhos retornados pela busca em cada uma das bases de dados utilizadas como fonte de pesquisa assim como o percentual do resultado de cada base em relação ao total de trabalhos obtidos em todas as bases.

Em relação a livros, a utilização do Google Scholar como fonte de pesquisa seguiu a mesma estratégia adotada na revisão de literatura apresentada na Seção 3.1, página 61.

Tabela 3.8: Quantidade de trabalhos retornados pela busca em cada base de dados.

Base de dados	Quantidade	%
ACM Digital Library	17	5,8
Google Scholar	188	63,7
IEEE Xplore Digital Library	24	8,1
JSTOR	10	3,4
Science Direct	20	6,8
Scopus	7	2,4
Springer Link	24	8,1
Web of Science	1	0,3
Wiley Digital Library	4	1,4
Total de trabalhos	295	100

### 3.3.4 Critérios de Seleção de Trabalhos

Os 295 trabalhos resultantes da busca foram analisados em 3 fases. Na primeira fase foram eliminados os trabalhos duplicados. Como os trabalhos resultantes das buscas foram obtidos em diferentes bases, antes de analisar os resultados foi necessário identificar e eliminar duplicidades já que diferentes bases de dados poderiam retornar um mesmo trabalho.

Na segunda fase foram aplicados critérios básicos de seleção de trabalhos. Finalmente, na terceira fase, foram aplicados os critérios detalhados de seleção de trabalhos.

#### 3.3.4.1 Primeira fase

Na primeira fase, durante a análise dos trabalhos duplicados, foi constatado que enquanto alguns repositórios retornaram artigos publicado nos anais de um congresso/*workshop*, outros repositórios retornaram o conteúdo completo dos anais desses eventos. Nesse caso, apesar de ambos os resultados terem sido tratados como

duplicados, optou-se por analisar todos os trabalhos contidos nos anais do evento.

Como vez por outra o Google Scholar indexa trabalhos não publicados, tomou-se o cuidado de, no escopo dessa revisão de literatura, se considerar apenas trabalhos que foram publicados em algum veículo de comunicação.

Como resultado dessa primeira fase, foram eliminados 70 trabalhos, entre duplicados ou não publicados. Os 225 trabalhos restantes foram submetidos à segunda fase.

#### 3.3.4.2 Segunda fase

Na segunda fase, foram aplicados os critérios básicos de seleção de trabalhos que tinham como objetivo eliminar os trabalhos que não estivessem relacionados ao planejamento de entregas. Estes critérios foram aplicados a partir da leitura dos títulos, palavras chave e resumos de todos os 225 trabalhos obtidos da primeira fase. A Tabela 3.9 lista os critérios básicos que foram utilizados nessa fase.

Tabela 3.9: Critérios básicos de seleção

Id	Critérios
1	O texto completo do trabalho está disponível na base de dados ou, se não disponível, o autor disponibilizou-o ao ser contactado.
2	O texto do trabalho foi escrito em inglês ou português.
3	O trabalho foi publicado em revistas de cunho científico, livros, ou nos anais de um congresso ou <i>workshop</i> . Dissertações, teses e relatórios técnicos também foram considerados.
4	O trabalho está relacionado ao planejamento de entregas em projetos de desenvolvimento de <i>software</i> .

Ao final da segunda fase, 194 trabalhos foram descartados por não atenderem a tais critérios e conseqüentemente aos objetivos da presente revisão de literatura. Os 31 trabalhos restantes ( $225 - 194 = 31$ ) estavam aderentes aos critérios apresentados

na Tabela 3.9 e foram submetidos à terceira fase para uma análise mais apurada.

### 3.3.4.3 Terceira fase

A terceira e última fase consistiu na aplicação dos critérios detalhados de seleção. Essa fase teve como principal objetivo selecionar modelos, métodos, *frameworks*, algoritmos, práticas etc. de planejamento de entregas de *software* que considerassem benefícios intangíveis proporcionados por tais entregas.

Os critérios detalhados de seleção foram aplicados durante a leitura do texto completo dos 21 trabalhos selecionados na fase anterior. A Tabela 3.10 apresenta tal conjunto de critérios.

Tabela 3.10: Critérios detalhados de seleção

Id	Critérios
1	Apresenta modelos, métodos, <i>frameworks</i> , algoritmos, práticas etc. de planejamento de entregas de <i>software</i> que considera benefícios intangíveis.
2	Discute a validação ou avalia um modelo, método, <i>framework</i> , algoritmo, prática etc. de planejamento de entregas.
3	Compara modelos, métodos, <i>frameworks</i> , algoritmos, práticas etc. de planejamento de entregas.
4	Apresenta mapeamento sistemático ou revisão sistemática de literatura relacionada a planejamento de entregas de <i>software</i> .

É importante observar que nenhum dos termos de busca e nenhum dos critérios de seleção procurou distinguir se o tipo de projeto de desenvolvimento relatado no trabalho considerava ou não projetos ágeis de *software*. Da mesma forma, não foi feita distinção entre setor público e setor privado. Dessa forma, pôde-se analisar uma quantidade mais abrangente de trabalhos.

De acordo com o critério detalhado, revisões de literatura e revisões sistemáticas também foram analisadas. Além de terem seu conteúdo analisado, esses tipos

de trabalho foram considerados como meio de identificação de outros trabalhos que, por sua vez, pudessem estar de acordo com os critérios de seleção.

Ao término da terceira fase, após a aplicação dos critérios detalhados, foram descartados 10 e selecionados 21 trabalhos. A Tabela 3.11 lista, ordenados pelo ano de publicação, os 21 trabalhos selecionados. A análise desses trabalhos é apresentada na Seção 3.3.5.

### 3.3.5 Resumo dos Trabalhos Selecionados

Dentre os trabalhos selecionados, Denne & Cleland-Huang propõem em (DENNE; CLELAND-HUANG, 2004) e (DENNE; CLELAND-HUANG, 2003) a utilização do Método de Financiamento Incremental (MFI) como ferramenta de apoio ao planejamento de entregas em projetos ágeis de desenvolvimento de *software*. Os autores sugerem aos integrantes da reunião de planejamento que as histórias do usuário (*user stories*, em Inglês) sejam agrupadas em *minimum marketable features* (MMF) e que sob estas seja aplicado o MFI.

O MFI preconiza que os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas das MMFs sejam quantificados financeiramente a fim de compor o cálculo do ROI de cada MMF. Dessa forma, o MFI atribui a cada entrega aquelas MMFs com o maior potencial de geração de receita respeitando a restrição de velocidade para cada ciclo de entrega.

Ruhe & Momoh (RUHE; MOMOH, 2005) sugerem a utilização do método EVOLVE<sup>ext</sup> para o planejamento de entregas. O EVOLVE<sup>ext</sup> é uma extensão do método EVOLVE\* proposto por Ruhe & Ngo-The (RUHE; NGO, 2004) que objetiva tornar mais flexível a maneira como os requisitos são avaliados para decidir em qual

Tabela 3.11: Trabalhos selecionados na segunda revisão de literatura

Id	Título
1	Requirements lifecycle management and release planning in market-driven requirements engineering processes (CARLSHAMRE; REGNELL, 2000)
2	Software by numbers: Low-risk, high-return development (DENNE; CLELAND-HUANG, 2003)
3	The incremental funding method: data-driven software development (DENNE; CLELAND-HUANG, 2004)
4	Software release planning: an evolutionary and iterative approach (GREER; RUHE, 2004)
5	Strategic release planning and evaluation of operational feasibility (RUHE; MOMOH, 2005)
6	Flexible release planning using integer linear programming (AKKER et al., 2005)
7	Decision Support for Value-Based Software Release Planning (MAURICE et al., 2006)
8	Value-based software engineering (BIFFL et al., 2006)
9	Lightweight Replanning of Software Product Releases (ALBOURAE; RUHE; MOUSSAVI, 2006)
10	A systematic approach for solving the wicked problem of software release planning (NGO-THE; RUHE, 2007)
11	A systematic review on strategic release planning models (SVAHNBERG et al., 2010)
12	A comparison of model-based and judgment-based release planning in incremental software projects (BENESTAD; HANNAY, 2011)
13	A survey of release planning approaches in incremental software development (DANESH, 2011)
14	Decision support for product management of software intensive products (KHURUM, 2011)
15	Are my features innovative enough? A multi-variable innovation strategy model proposal (REGNELL, 2012)
16	Software release planning incorporating technological change? The case of considering software inspections (DIDAR-AL-ALAM; ZHI; RUHE, 2012)
17	Towards release planning generic model: market-driven software development perspective (ISONG; EKABUA, 2013)
18	Injecting Value-Thinking into prioritization decisions (CLELAND-HUANG, 2015)
19	Analytical Product Release Planning (NAYEBI; RUHE, 2015)
20	Risk-Aware Multi-stakeholder Next Release Planning (PITANGUEIRA et al., 2016)
21	A Survey on Software Release Planning Models (AMELLER et al., 2016)

ciclo de entrega eles serão implementados.

O EVOLVE<sup>ext</sup> considera duas dimensões de avaliação: valor e urgência. Através da dimensão de valor, cada requisito é avaliado através de uma escala numérica de 1 a 9 que representa o quanto de valor estima-se que o requisito irá agregar independente do ciclo de entrega que ele for implementado. Por exemplo, considera-se que um requisito avaliado como 1 representa um valor muito baixo e que um requisito avaliado como 9 representa um valor extremamente alto.

Através da dimensão de urgência busca-se capturar a opinião dos tomadores de decisão em relação a qual ciclo de entrega o requisito deveria ser implementado utilizando 3 opções: o próximo ciclo de entrega, o ciclo seguinte ao próximo ou (ii) um ciclo de entrega posterior a ser definido em um momento futuro.

Da mesma forma que na dimensão de valor, na dimensão de urgência é utilizada uma escala numérica de 1 a 9. Nesse caso, essa escala representa o grau de satisfação do tomador de decisão caso o requisito seja implementado em cada uma das 3 opções de ciclo de entrega. Os autores sugerem que ao avaliar a urgência de cada requisito, os tomadores de decisão devem considerar aspectos, por exemplo, como o *time-to-market*.

Ao invés de considerar os benefícios intangíveis que podem ser proporcionados pelos requisitos implementados em cada nova entrega do *software*, esse artigo comenta, na verdade, os benefícios intangíveis da utilização do EVOLVE<sup>ext</sup> e da ferramenta ReleasePlanner<sup>TM</sup>.

Outra extensão do EVOLVE\* é o método F-EVOLVE\* (MAURICE et al., 2006) que incorpora ao conceito de valor uma componente financeira ao realizar planejamento de entregas. O F-EVOLVE\* incorpora ao planejamento de entregas as estimativas de custo de desenvolvimento e de receita estimada para cada funcionalidade após o lançamento do *software*. Tais estimativas, recomendam os autores

do método, poderiam ser obtidas por tomadores de decisão com experiência em *marketing* e tendências de mercado.

O método F-EVOLVE\* não considera explicitamente os benefícios intangíveis que podem ser proporcionados pela implementação das funcionalidades em cada nova entrega do *software*.

Após a análise do trabalho que propõe o método F-EVOLVE\* (MAURICE et al., 2006), concluímos que ele só foi retornado pela busca da presente revisão sistemática pelo fato de haver outro capítulo nesse mesmo livro que trata de benefícios intangíveis associados a propriedade intelectual, estando portanto, fora do escopo e objetivo da presente revisão de literatura.

O método EVOLVE+ de planejamento de entregas, criado por Ngo-The & Ruhe (NGO-THE; RUHE, 2007), se baseia em dois tipos de restrições: *hard constraints* e *soft constraints*.

Segundo os autores do método, restrições do tipo *hard constraint* podem variar de acordo com as características de cada projeto. Geralmente, essas restrições estão relacionadas ao orçamento disponível para projeto, ao esforço necessário para realizar as entregas, ao prazo disponível para implementação de cada entrega, e ao valor, ao risco e à urgência de cada requisito.

Restrições do tipo *soft constraints* são restrições que os autores do método consideram como sendo difíceis de serem descritas ou que apenas precisam ser atendidas parcialmente. São exemplos desse tipo de restrição:

- O risco de implementação de uma funcionalidade em um determinado ciclo de entrega, objetivando minimizar riscos;

- O consumo balanceado de recursos de diferentes tipos, a fim de evitar tanto recursos sobrecarregados quanto recursos subutilizados;
- A satisfação dos envolvidos no projeto, possibilitando entregar mais cedo funcionalidades que consideradas prioritárias;
- A competitividade do produto, permitindo considerar planos alternativos;
- O relacionamento entre funcionalidades, onde a entrega de funcionalidades correlatas agrega mais valor ao *software* do que a soma individual do valor de cada funcionalidade.

De acordo com Ngo-The & Ruhe, *soft constraints* são tratadas por um especialista da área de negócio ao qual o projeto de *software* está relacionado. Para isso, o método considera a utilização de uma técnica multi-critério de tomada de decisão denominada ELECTRE IS (GOVINDAN; JEPSEN, 2015).

Akker *et al.* (AKKER et al., 2005) propõem um método de planejamento de entregas, que é baseado em programação linear, para empresas que comercializam produtos de *software*. O objetivo do método é alocar ao próximo ciclo de entrega o conjunto de requisitos que irá gerar a maior receita estimada, dada as restrições de disponibilidade de alocação de equipes durante o ciclo.

O método proposto por Akker *et al.* oferece ainda a possibilidade de o planejamento de entregas ser feito considerando diferentes mecanismos de gestão, tais como:

- Alocar apenas uma equipe de desenvolvimento;
- Alocar mais de uma equipe de desenvolvimento sem a possibilidade de transferir recursos entre elas;

- Alocar de uma equipe de desenvolvimento sendo possível transferir recursos entre elas;
- Aumentar a capacidade de desenvolvimento através da contratação de equipes de desenvolvimento externas adicionais às existentes; e
- Adiar a data planejada para a conclusão do próximo ciclo de entrega.

Vale ressaltar que Akker *et al.*, propuseram um segundo método de planejamento de entregas. Tal método foi analisado na primeira revisão de literatura (ver Seção 3.1.5, página 68, a esse respeito).

Em ambos os métodos, Akker *et al.* consideram que benefícios intangíveis sejam quantificados em termos financeiros e compostos como parte da receita projetada após a realização de cada entrega. Dessa forma a receita projetada para cada entrega é a soma das receitas projetadas de cada requisito a ser implementado como parte da entrega em questão.

Svahnberg *et al.* (SVAHNBERG et al., 2010) realizam uma revisão sistemática de literatura de modelos de planejamento de entregas. Os autores apresentam uma taxonomia de critérios utilizados para avaliar funcionalidades e estabelecer quais deverão ser implementadas em um dado ciclo de entrega. Foram identificadas 2 categorias de critérios.

A primeira categoria, denominada *hard constraints*, compreende critérios que podem ser avaliados estritamente e que restringem a ordem ou o tempo em que as funcionalidades são implementadas.

A segunda categoria engloba os fatores considerados difíceis de serem estimados, mas que também podem influenciar a ordem de implementação das funcionalidades.

dades em um ou mais ciclos de entrega.

A Tabela 3.12 mostra a taxonomia com essas duas categorias e os tipos de critérios nelas contidas.

Tabela 3.12: Taxonomia de critérios para avaliar funcionalidades proposta por Svahnberg *et al.*

Hard constraints	
Restrições técnicas	Envolvem restrições de dependência entre funcionalidades, ou relacionadas a qualidade ou aspectos legais.
Restrições de orçamento e custo	São restrições de cunho financeiro tais como as relacionadas a orçamento ou a custos.
Restrições de recursos	Estão relacionadas à quantidade e o tipo de recursos utilizados na implementação da funcionalidade
Restrições de esforço	Dizem respeito à quantidade de esforço para se implementar uma funcionalidade.
Restrições de tempo	Influenciam o momento em que uma funcionalidade deve ser entregue, a até quando um recurso pode ser utilizado ou um custo existe.
Soft factors	
Influência dos <i>stakeholders</i>	Envolvem os fatores que permitem que <i>stakeholders</i> influenciem o planejamento.
Valor	São os fatores que auxiliam a avaliação ou a maximização do valor de uma entrega.
Risco	Dizem respeito a avaliação de risco associado a uma funcionalidade.
Consumo de recursos	Incluem a estimativa da quantidade de recursos necessários para implementar uma funcionalidade. Podem estar relacionados aos fatores de orçamento, custo, esforço e tipos de recursos.

Svahnberg *et al.* identificaram a existência de 15 modelos de planejamento de entregas que utilizam *soft factors*, sendo que em nenhum deles os benefícios intangíveis, que são propiciados pelas entregas dos projetos, são tratados de maneira explícita. Dentre esses modelos, estão as quatro propostas da família EVOLVE, que foram comentados anteriormente nesta Seção.

A taxonomia de critérios proposta por Svahnberg *et al.* (*op cit.*) é utilizada por Benestad & Hannay (BENESTAD; HANNAY, 2011) para comparar ao critérios utilizados em projetos reais que foram estudados por esses autores. Tais critérios são:

- A clareza das especificações das funcionalidades e a sua relação com os objetivos do planejamento;
- Os benefícios para o usuário;
- As dependências entre funcionalidades;
- A disponibilidade dos recursos necessários para a realização de cada entrega;
- Os custos de implementação das funcionalidades de cada entrega e o orçamento disponível para o projeto;
- Os requisitos desejados por *stakeholders* externos ao projeto;
- A qualidade técnica necessária para implementação da funcionalidade.

Ao analisar o que Benestad & Hannay comentam em relação ao critério *benefícios para o usuário*, foi possível constatar que esses autores consideram que esses benefícios devem ser incorporados ao “critérios de valor” de cada entrega. Entretanto, os autores além de não comentarem como isso deve ser feito, não fazem nenhuma distinção entre os benefícios tangíveis e intangíveis que podem ser proporcionados aos usuários.

Já em relação ao critério *requisitos desejados por stakeholders externos*, apesar dos envolvidos nos projetos analisados reconhecerem a importância desses stakeholders, tais critério nem sempre é considerado durante o planejamento devido à

dificuldade de fazê-lo. Além disso, os autores não apresenta detalhes de como isso pode ser feito.

Danesh (DANESH, 2011) investiga diversas propostas de abordagens para o planejamento de entregas em relação ao grau de experiência empírica que elas possuem, e em relação aos fatores de seleção de requisitos que foram utilizados.

Dentre as propostas investigadas está a abordagem de jogo do planejamento (em inglês, *planning game*) do método ágil Programação Extrema (XP). O autor enumera algumas deficiências dessa abordagem que, segundo ele, estão relacionadas aos seguintes fatores:

- A maneira como a equipe de desenvolvimento deve interagir com *stakeholders* chave;
- Como funcionalidades devem ser priorizadas e desenvolvidas a fim de satisfazer múltiplos *stakeholders*;
- A maneira como demandas conflitantes de diferentes *stakeholders* devem ser balanceadas; e
- Como os valores das funcionalidades devem ser avaliados.

Danesh menciona o MFI, proposto por Denne & Cleland-Huang (*op. cit.*), como sendo um método de planejamento de entregas que enfatiza apenas aspectos financeiros das funcionalidades candidatas a serem desenvolvidas.

Sobre as abordagens de planejamento de entregas baseadas em otimização, Danesh ressalta que em nenhum método existente é dada oportunidade para que clientes possam participar das decisões.

Outro método de planejamento investigado por Danesh é o chamado *Lightweight re-planning* (ALBOURAE; RUHE; MOUSSAVI, 2006). Tal método considera como *stakeholders* profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento, tais como gerentes, desenvolvedores e usuários finais do software. Segundo Danesh, o tratamento dado aos *stakeholders* pelo *Lightweight re-planning* é equivalente ao que é realizado no método EVOLVE\*, proposto por Ruhe & Ngo-The (*op. cit.*).

Khurum (KHURUM, 2011) comenta que os métodos REPEAT (CARLSHAMRE; REGNELL, 2000), EVOLVE (GREER; RUHE, 2004), F-EVOLVE\* (*op. cit.*), MFI (*op. cit.*) e a abordagem custo-valor (*op. cit.*), requerem o cálculo de critérios que são difíceis de serem realizados. Além disso, o autor cita que os métodos de planejamento de entregas baseados em valor, tais como o apresentada em (BIFFL et al., 2006) requerem apenas estimativas financeiras, deixando de considerar aspectos intangíveis.

Regnell (REGNELL, 2012) propõe um modelo, intitulado INNOREAP, que trata, durante o planejamento de entregas, questões relacionadas a inovação. O INNOREAP considera como critérios de decisão:

- O grau de inovação de uma funcionalidade representa, ou seja, se uma funcionalidade representa uma melhoria ou uma inovação;
- O esforço de desenvolvimento da funcionalidade, classificado como pequeno ou grande;
- A alocação de recursos requerido pela funcionalidade ao longo do ciclo de entrega, que pode ser uma alocação em apenas um ciclo de entrega ou em mais de um ciclo; e
- A receita que espera-se obter após a entrega da funcionalidade, classificada como baixa receita ou alta receita;

O modelo proposto por Regnell não aborda os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas. Esse trabalho foi selecionado pela revisão sistemática pelo fato dele estar contido nos anais de um *workshop*, que possui outros trabalhos que falam sobre benefícios intangíveis. Por sua vez, tais trabalhos não estão relacionados ao planejamento de entregas e nem ao objetivo dessa revisão de literatura. Portanto, eles não foram analisados.

Didar-Al-Alam & Zhi (DIDAR-AL-ALAM; ZHI; RUHE, 2012) apresentam o método EVOLVE II para o planejamento de entregas. O EVOLVE II incorpora ao planejamento de entregas o impacto que uma mudança tecnológica pode ocasionar no esforço de desenvolvimento de uma funcionalidade e na alocação de recursos ao longo do ciclo de entrega.

O EVOLVE II não aborda os benefícios intangíveis proporcionados por entregas de um projeto. Esse trabalho foi selecionado pelo fato dele estar contido nos anais de um *workshop* que possui outros trabalhos que falam de benefícios intangíveis ao definir o que é um *produto*, mas que não estão relacionados ao objetivo dessa revisão de literatura.

Isong & Ekabua (ISONG; EKABUA, 2013) propõem um modelo genérico de planejamento de entregas inspirado no EVOLVE\*. O modelo considera 3 fases: modelagem, exploração e consolidação. Na fase de modelagem, devem ser definidas as *hard constraints* e os *soft factors* (*op. cit.*) que serão utilizadas durante o planejamento de entregas. Na fase de exploração, deve ser escolhido o algoritmo que irá determinar as diferentes alternativas de planos de entrega. Por último, na fase de consolidação, considera-se que um tomador de decisão experiente e um especialista no contexto no qual o *software* que está sendo desenvolvido, irão analisar os planos de entrega gerados na fase de exploração e escolher qual plano será adotado no próximo ciclo de entrega.

Como se trata de um modelo genérico, Isong & Ekabua não detalham quais técnicas ou métodos devem ser utilizados em cada fase do modelo proposto.

Cleland-Huang (CLELAND-HUANG, 2015) combina o MFI (*op. cit.*) com a prática ágil de *mapeamento de histórias do usuário*, criada por Jeff Patton (PATTON, 2014). Da mesma maneira que o MFI, a proposta considera que os benefícios intangíveis devam ser traduzidos em termos financeiros para compor o cálculo do ROI de cada história do usuário ou funcionalidade.

Nayebi & Ruhe (NAYEBI; RUHE, 2015) abordam o planejamento de entregas através de um paradigma denominado *Open Innovations* (CHESBROUGH; VANHAVERBEKE; WEST, 2017). Tal paradigma é utilizado de forma a possibilitar que sejam adicionados ao *backlog* do projeto funcionalidades sugeridas por usuários potenciais.

A abordagem proposta pelos autores, intitulada *Analytical Open Innovations for Release Planning - AOI@RP*, tem como objetivo fomentar inovação no projeto, tornando produtos mais atraentes uma vez que as funcionalidades entregues em uma próxima *release* seriam as mais desejadas por segmentos do mercado considerados potenciais e que se pretende atingir.

Ameller *et al.* (AMELLER et al., 2016) propõem um método de planejamento de entregas que é uma evolução da proposta de Pitangueira *et al.* (PITANGUEIRA et al., 2016) e que se baseia na *teoria de módulos de satisfação* (MONNIAUX, 2016). Essa teoria tem como objetivo reduzir o risco de insatisfação por parte dos *stakeholders* envolvidos no planejamento de entregas.

De acordo com Ameller *et al.*, o risco de insatisfação pode ser reduzido se forem selecionados para uma entrega os requisitos que propiciam, na percepção da

maioria dos *stakeholders*, maior valor. No método proposto, o “valor” de um plano de entrega está relacionado à sua capacidade gerar de receita, sem que seja tratado de forma explícita os benefícios intangíveis que poderiam ser proporcionados pela entrega.

### 3.3.6 Sumário da Revisão de Literatura

A Figura 3.2 apresenta um resumo da estratégia da revisão sistemática, contendo tanto a quantidade de trabalhos selecionados quanto a quantidade de trabalhos eliminados em cada passo do processo.

Após a análise de 295 trabalhos obtidos em 9 bases de dados, foi constatado que nenhum trabalho aborda o planejamento de entregas utilizando como critério de tomada de decisão tanto os benefícios tangíveis quanto, de maneira explícita, os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas de projetos ágeis de *software*.

Além disso, foi observado a inexistência de abordagens que orientem as decisões pela eficiência do investimentos que está sendo realizado no portfólio ou projeto.

A ausência de modelos, métodos, *frameworks*, algoritmos, práticas etc. desse tipo, indica a existência de uma lacuna de pesquisa. Essa lacuna motivou a criação do método de planejamento de entregas, denominado i-Plan, que é apresentado mais adiante.

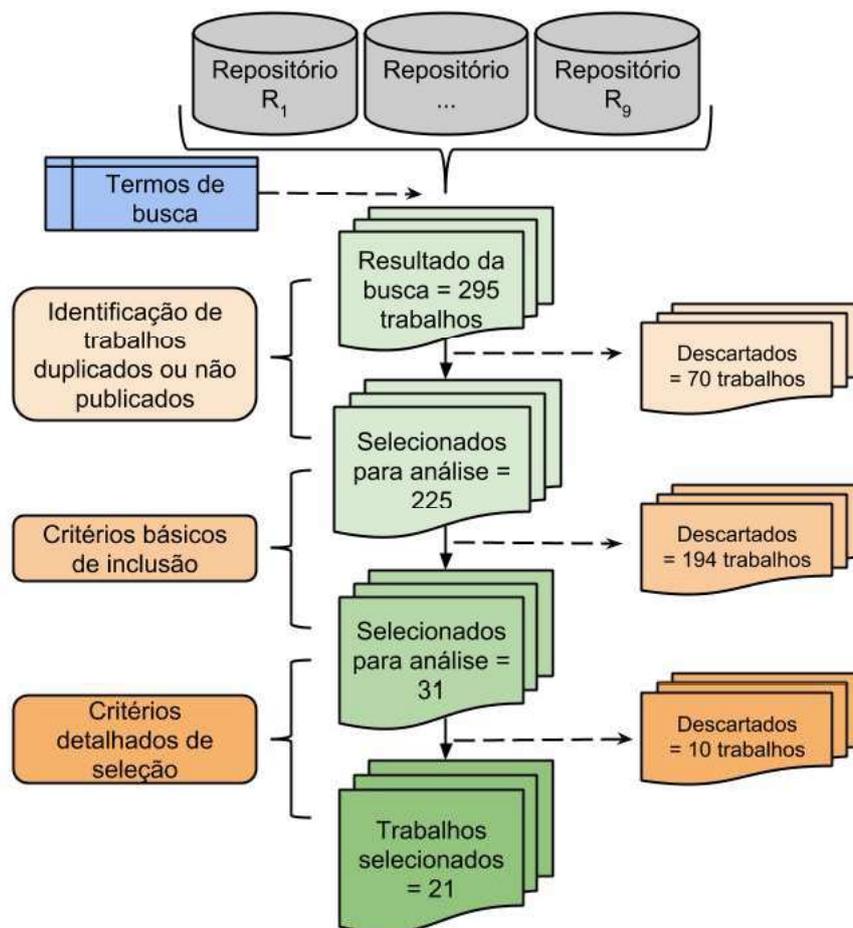


Figura 3.2: Resumo da revisão de literatura sobre planejamento de entregas

## 4 O MÉTODO i-PLAN

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O i-Plan é um método de planejamento de entregas para portfólio de projetos ágeis de *software* que considera tanto os benefícios tangíveis quanto, de maneira explícita, os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas. Além disso, o i-Plan possibilita que as decisões de planejamento sejam orientadas pela eficiência dos investimentos a serem realizados no portfólio.

Para que o método i-Plan possa ser utilizado é necessário que os envolvidos no planejamento de entregas forneçam, em linhas gerais, informações relacionadas a(o):

- Capital que será investido no portfólio;
- *Backlog* de funcionalidades de cada projeto do portfólio;
- Ordem de precedência do desenvolvimento das funcionalidades;
- Estimativa de duração do desenvolvimento de cada funcionalidade;
- Estimativa do capital de investimento necessário para desenvolvimento de cada funcionalidade;
- Benefícios tangíveis e intangíveis proporcionados pelas funcionalidades;
- Relevância de cada benefício tangível e intangível proporcionados por cada funcionalidade;

- Quantidade de ciclos de entrega e suas respectivas durações.

O método considera cada plano de entrega como uma DMU que possui 1 entrada e 2 saídas. A entrada de cada DMU é representada pelo capital de investimento necessário para o desenvolvimento do plano de entrega. Uma saída é representada pelos benefícios tangíveis proporcionados por cada plano de entrega e a outra é representada pelos benefícios intangíveis que são proporcionados por esses planos.

Os benefícios intangíveis proporcionado pelas entregas em cada plano são avaliados explicitamente através da aplicação do processo analítico hierárquico (AHP), que foi descrito na Seção 2.2.1, página 29.

A partir da análise de um conjunto de planos de entrega possíveis de serem executados, o método realiza o cálculo da eficiência relativa de cada plano de entrega. A análise envoltória de dados (DEA) é utilizada para esse cálculo, considerando as premissas de rendimento variável de escala (VRS) e de orientação à saída (*output-oriented*). Ver Seção 2.3.1, página 53, a esse respeito.

Como resultado, o método apresenta aos tomadores de decisão informações relativas à eficiência de cada plano de entrega. Essas informações possibilitam a escolha de um plano de entrega que seja eficiente em termos dos benefícios tangíveis e intangíveis que ele propicia e dos investimentos necessários para a obtenção desses benefícios.

A Figura 4.1 apresenta, utilizando a notação BPMN 2.0 (ALLWEYER, 2016), as principais atividades envolvidas no método de planejamento de entregas i-Plan e um possível sequenciamento para essas atividades, que considera paralelismo.

Vale ressaltar que as atividades apresentadas na Figura 4.1 são descritas em

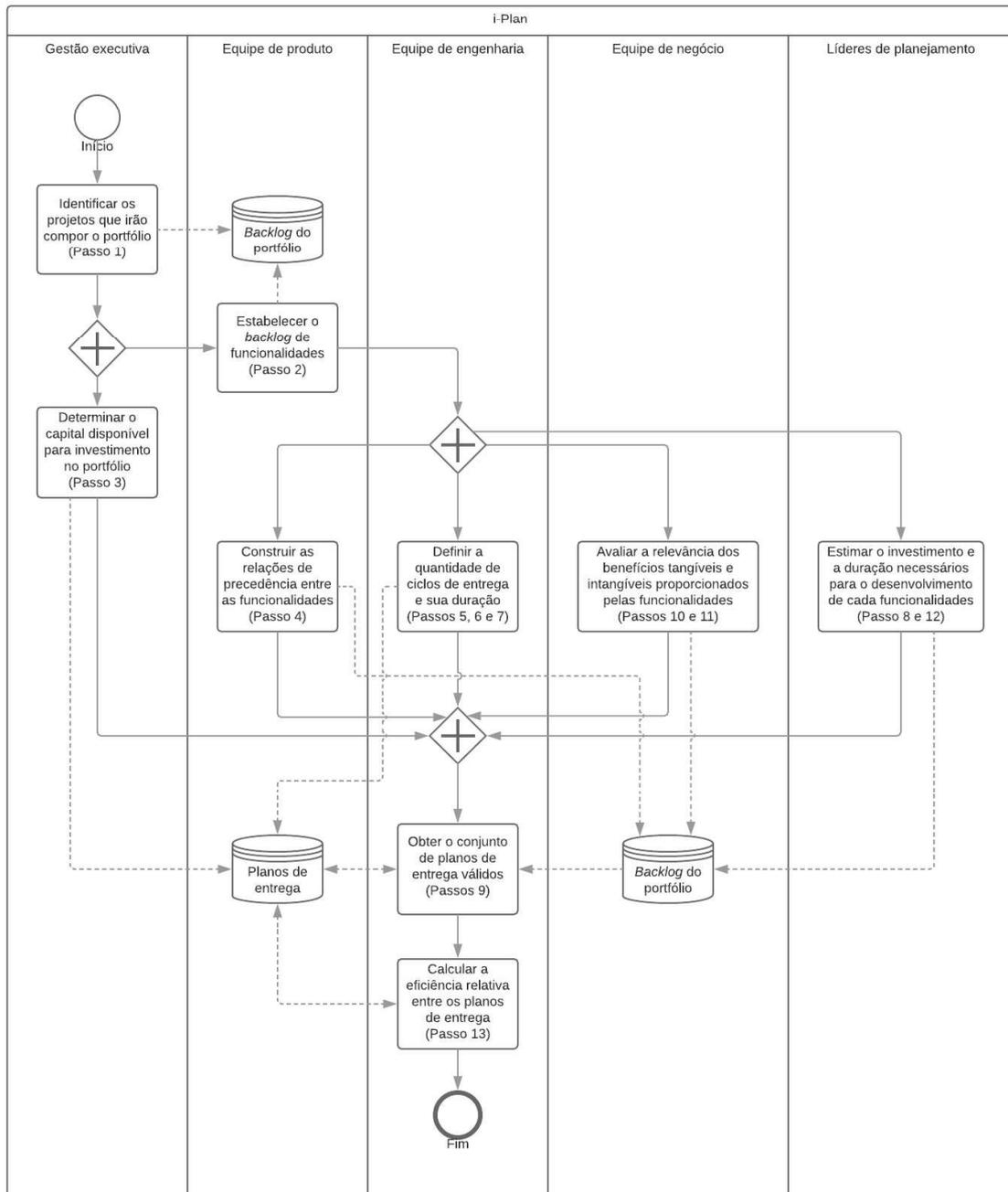


Figura 4.1: Principais atividades envolvidas no método i-Plan de planejamento de entregas.

detalhe mais adiante na Seção 4.2.

O método i-Plan deu origem a uma ferramenta de *software* de mesmo nome cujo objetivo é fornecer suporte para utilização do método. Tal ferramenta é descrita em detalhe mais adiante nesse capítulo.

## 4.2 ESPECIFICAÇÃO FORMAL DO MÉTODO

Nessa seção, apresentamos uma especificação formal dos principais passos que compõem as atividades envolvidas no método i-Plan de planejamento de entregas.

### **Passo 1: Portfolio de projetos ágeis**

Para  $p \geq 1$ , seja  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_p\}$  um portfólio de projetos ágeis de desenvolvimento de *software* no setor público.

### **Passo 2: Funcionalidades**

Estabeleça o conjunto  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$  de funcionalidades existentes no *backlog* dos projetos a serem desenvolvidos em  $P$ , tal que  $f_i \in F \iff f_i \in P_j$ , onde  $P_j \in P$ .

### **Passo 3: Capital disponível para investimento**

Seja *CapitalDisponível* o capital disponível para investimento no portfólio  $P$ .

### **Passo 4: Relações de precedência entre funcionalidades**

Construa as relações de precedência entre as funcionalidades de  $F$ . Note que tais relações podem ser representadas por meio de um grafo direcionado e sem ciclo  $G = (V, E)$ , onde  $V = F$  é o conjunto de vértices e  $E$  o conjunto de arestas, tal que  $(f_i, f_j) \in E$  implica que  $f_i$  é predecessora de  $f_j$ , onde  $f_i, f_j \in F$ .

### **Passo 5: Ciclos de entrega e sua duração**

Um ciclo de entrega  $CE_i \subseteq F$  é um conjunto de funcionalidades a serem desenvolvidas em uma entrega. Ver Seção 2.1.1, página 23, a esse respeito. Em outras palavras

$$CE_j = \{f_k \mid f_k \in F\},$$

Defina a função  $Duração(CE_i)$ , que retorna o intervalo de tempo necessário para desenvolver um determinado conjunto de funcionalidades que compõe uma entrega e a função  $DuraçãoPlanejada(CE_i)$ , que retorna o intervalo de tempo planejado para o desenvolvimento da entrega.

### **Passo 6: Quantidade de ciclos de entrega**

Determine  $qce \in \mathbb{Z}^+$ , isto é, a quantidade de ciclos de entrega a ser planejada. Por exemplo, se  $qce = 1$ , apenas um ciclo de entrega será planejado por vez, se  $qce = 2$ , dois ciclos de entrega serão planejados por vez e assim por diante.

### **Passo 7: Planos de entrega**

Seja  $PE = \{CE_i \mid 1 \leq i \leq qce\}$  um planos de entrega que se deseja considerar durante o planejamento, sendo  $CE_1$  o primeiro ciclo de entrega a ser desenvolvido,  $CE_2$  o segundo,  $CE_3$  o terceiro e assim por diante.

Em termos práticos, como será visto mais tarde, o conjunto de planos de entrega a serem avaliados pelo i-Plan pode ser representado tanto pela enumeração completa de planos de entrega quanto por uma amostra estatisticamente representativa desses planos.

### Passo 8: Investimento e duração dos plano de entrega

Determine as funções  $Invest(PE)$  e  $Duração(PE)$  que retornam, respectivamente, o investimento e a duração necessários para implementação de um plano de entrega.

Note que  $Duração(PE)$  corresponde à soma das durações dos ciclos de entrega de  $PE$ , isto é  $Duração(PE) = \sum_{i=1}^{qce} Duração(CE_i)$  onde  $CE_i \in PE$ .

### Passo 9: Planos de entrega válidos

Um plano de entrega  $PE$  é válido se ele atender os seguintes critérios:

- Cada funcionalidade só pode fazer parte de um único ciclo de entrega de um determinado plano de entrega, isto é, se  $CE_i, CE_j \in PE$  então

$$f_k \in CE_i \text{ e } f_k \in CE_j \implies i = j.$$

- A duração do desenvolvimento do conjunto de funcionalidades que compõem um ciclo de entrega não pode ser maior do que o intervalo de tempo planejado para desenvolvimento do ciclo de entrega. Em outras palavras,

$$Duração(CE_i) \leq DuraçãoPlanejada(CE_i).$$

- O investimento necessário para executar um plano de entrega deve ser menor ou igual que o capital disponível, isto é,  $Invest(PE) \leq CapitalDisponível$ .

- Se duas funcionalidades possuem uma relação de precedência, elas devem ser desenvolvidas em um mesmo ciclo de entrega ou então a funcionalidade antecessora deverá ser desenvolvida em um ciclo de entrega anterior ao ciclo de entrega em que a funcionalidade sucessora será desenvolvida. Em termos formais, dada as relações de precedência definidas anteriormente no grafo  $G = (V, E)$ , se  $\exists(f_i, f_j) \in E$  então

$$f_i \in CE_m \text{ e } f_j \in CE_n, \implies m \leq n,$$

sujeito a  $f_i, f_j \in F$ ,  $CE_m, CE_n \in PE$ ,  $1 \leq m \leq qce$  e  $1 \leq n \leq qce$ .

Seja  $PEVS = \{PE_1, PE_2, \dots, PE_n\}$  o conjunto de planos de entrega válidos que se deseja considerar durante o planejamento de entregas.

### **Passo 10: Benefícios intangíveis propiciados pelos planos de entrega válidos**

Defina a função  $Intang(PEVS)$  que retorna um conjunto de pares de elementos formado por cada  $PE \in PEVS$  e o índice de relevância ponderado de  $PE$ , ou seja  $IRP(PE)$ , de forma que:

$$Intang(PEVS) = \{(PE_i, IRP(PE_i)) \mid PE_i \in PEVS \text{ e } 1 \leq i \leq |PEVS|\},$$

onde  $IRP(PE_i)$  é a função que retorna a soma dos índices de relevância ponderados de cada um dos  $qce$  ciclos de entrega de  $PE_i$  (ver Seção 2.2.1, página 29, a esse respeito). Já que, de acordo com o **Passo 8**,

$$PE_i = \{CE_j \mid 1 \leq j \leq qce\}$$

então,

$$IRP(PE_i) = \sum_{j=1}^{qce} IRP(CE_j).$$

Por sua vez, o índice de relevância dos benefícios intangíveis propiciados por um ciclo de entrega é a soma dos índices de relevâncias das funcionalidades desse ciclo do ponto de vista dos benefícios intangíveis por ele propiciados. Como, de acordo com o **Passo 6**,

$$CE_j = \{f_k \mid f_k \in F\},$$

logo,

$$IRP(PE_i) = \sum_{j=1}^{qce} \sum_{k=1}^{|CE_j|} IRP(f_k \in CE_j)$$

tal que  $CE_j \in PE_i$ .

**Passo 11: Benefícios tangíveis propiciados pelos planos de entrega válidos.**

Defina a função  $Tang(PEVS)$  que retorna um conjunto de pares de elementos formados por cada  $PE \in PEVS$  e um valor financeiro dos benefícios tangíveis de forma que

$$Tang(PEVS) = \{(PE_i, Tang(PE_i)) \mid PE_i \in PEVS \text{ e } 1 \leq i \leq |PEVS|\}.$$

Como, de acordo com o **Passo 6**,

$$PE_i = \{CE_j \mid 1 \leq j \leq qce\}$$

então,

$$Tang(PE_i) = \sum_{j=1}^{qce} Tang(CE_j).$$

Portanto, o valor financeiro dos benefícios tangíveis propiciados por um plano de entrega  $PE_i$  é dado pela soma dos valores financeiros propiciados pelos ciclos de entrega desse plano.

Por sua vez, os benefícios tangíveis propiciados por um ciclo de entrega é dado pela soma dos benefícios tangíveis das funcionalidades desse ciclo. Como, de

acordo com o **Passo 5**,

$$CE_j = \{f_k \mid f_k \in F\},$$

então,

$$Tang(PE_i) = \sum_{j=1}^{qce} \sum_{k=1}^{|CE_j|} Tang(f_k \in CE_j)$$

tal que  $CE_j \in PE_i$ .

**Passo 12: Investimento requerido pelos planos de entrega válidos.**

Defina a função  $Invest(PEVS)$  que retorna um conjunto de pares de elementos formados por cada  $PE \in PEVS$  e o investimento financeiro necessário para desenvolver  $PE$ .

Note que a mesma linha de raciocínio em relação a  $Tang(PEVS)$  pode ser aplicada a  $Invest(PEVS)$ , de forma que

$$Invest(PEVS) = \{(PE_i, Invest(PE_i)) \mid PE_i \in PEVS \text{ e } 1 \leq i \leq |PEVS|\}.$$

Como, de acordo com o **Passo 7**,

$$PE_i = \{CE_j \mid 1 \leq j \leq qce\}$$

então,

$$Invest(PE_i) = \sum_{j=1}^{qce} Invest(CE_j).$$

Por conseguinte, o investimento financeiro necessário para o desenvolvimento de um plano de entrega  $PE_i$  é dado pela soma dos investimentos financeiros necessários para o desenvolvimento de cada ciclo de entrega desse plano.

Por sua vez, o investimento financeiro necessário para desenvolver um ciclo de entrega é dado pela soma dos investimentos necessários para desenvolver as

funcionalidades desse ciclo. Como, de acordo com o **Passo 6**,

$$CE_j = \{f_k \mid f_k \in F\},$$

então,

$$Invest(PE_i) = \sum_{j=1}^{qce} \sum_{k=1}^{|CE_j|} Invest(f_k \in CE_j),$$

sujeito a  $Invest(PE_i) \leq CapitalDisponível$ .

Pode ser importante mencionar que, ao invés de retornar um valor financeiro, as diversas funções  $Invest()$  definidas nesse passo poderiam retornar uma estimativa numérica do esforço necessário para o desenvolvimento de funcionalidades, ciclos de entrega e planos de entrega. Ver (COHN, 2005) a esse respeito.

### **Passo 13: Eficiência dos planos de entrega.**

Defina a função

$$Eficiência(Invest(PEVS), Intang(PEVS), Tang(PEVS)), \quad (4.1)$$

que utiliza a abordagem DEA descrita na Seção 2.3, página 41, para calcular a eficiência de cada plano de entrega contido em  $PEVS$ .

Essa função retorna um conjunto de pares de elementos formados por cada  $PE \in PEVS$  e a eficiência relativa orientada a saída de  $PE$  na escala variável de rendimento (VRS), ou seja,  $\theta(PE_i)$ . Em outras palavras,

$$\{(PE_i, \theta(PE_i)) \mid PE_i \in PEVS\}.$$

Cabe ressaltar que, para efeito do cálculo de eficiência usando DEA, o investimento necessário para o desenvolvimento de cada plano de entrega é considerado

como uma entrada, e tanto os benefícios tangíveis quanto os intangíveis propiciados pelos planos de entrega são considerados como saídas.

### **Passo 13 (alternativo): Eficiência relativa dos planos de entrega**

A função *Eficiência()* tem o comportamento tal como descrito no passo anterior quando *PEVS* é formado pela enumeração completa (população) dos planos de entrega válidos.

Se *PEVS* for formado por uma amostra estatisticamente representativa de planos de entrega válidos, a função *Eficiência()* irá utilizar a abordagem de DEA *bootstrap* descrita na Seção 2.3.1, página 53.

Nesse caso, essa função retorna um conjunto de quatro elementos formados por cada  $PE_i \in PEVS$ , pela eficiência média  $\mu(PE_i)$  e os limites inferior  $LI(PE_i)$  e superior  $LS(PE_i)$  do intervalo de confiança da eficiência de  $PE_i$ , ou seja,

$$\{(PE_i, \mu(PE_i), LI(PE_i), LS(PE_i)) \mid PE_i \in PEVS\}.$$

## **4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

A fim de demonstrar a aplicação do método i-Plan, considere o exemplo de uma instituição governamental que irá planejar as entregas de um portfólio de projetos ágeis de *software*.

Considere ainda que essa instituição governamental tenha definido um capital de R\$13 milhões para investimento nesse portfólio.

A Tabela 4.1 mostra um sumário desses projetos, que foram inspirados nas

linhas temáticas da *Chamada MCT/CNPq No. 13/2012 do Programa de Cooperação Brasil-União Europeia em Tecnologias da Informação e Comunicação* (ver <http://resultado.cnpq.br/5847630402417380> a esse respeito).

Tabela 4.1: Portfólio de projetos

Id	Descrição do projeto
<i>CNC</i>	<i>Computação em nuvem para ciência</i> - desenvolvimento de um ambiente de computação em nuvem que explore eficientemente recursos computacionais, de comunicação e de armazenamento, e ofereça interfaces interoperáveis e centradas no usuário. Aplicações que se beneficiem desse ambiente podem ter impacto direto em várias áreas como saúde, gestão de águas, mitigação de mudanças climáticas, gestão de recursos naturais e impacto indireto na redução da pobreza.
<i>TSI</i>	<i>Tecnologia sustentável para uma sociedade mais inteligente</i> - explorar as tecnologias subjacentes, componentes e sistemas que são necessários para a implantação de soluções TIC sustentáveis. Aplicações que se beneficiam dessas plataformas de desenvolvimento de sistemas devem ter um impacto direto em várias áreas, tais como: gestão de recursos naturais como eletricidade, água dentre outros; comunicações e transporte; educação e saúde; mitigação das mudanças climáticas.
<i>SAI</i>	<i>Serviços e aplicações inteligentes para uma sociedade mais inteligente</i> - projeto, construção e implantação de infraestruturas interoperáveis, de plataformas abertas e de soluções escaláveis que explorem novas tendências nos ambientes experimentais relacionados à Internet do Futuro e dados abertos. Um dos grandes desafios é explorar processos de “mash up” de dados que sintetizam novas informações ao coletar, conectar, reusar, combinar e agregar semanticamente dados disjuntos extraídos de inúmeras fontes, como as informações geradas por usuários (por exemplo, por meio de redes sociais), as coletadas por sensores ou disponibilizadas pelas autoridades públicas (por exemplo, GIS e tráfego).
<i>HTV</i>	<i>Aplicações e serviços híbridos para TV aberta e TV conectada</i> - aplicações e serviços híbridos para TV aberta e TV conectada, visando uma nova geração de aplicações de TV, capazes de explorar a conectividade com a Internet, tanto para uso comercial quanto para fins educacionais ou de outros interesses públicos. Um ponto chave é a metodologia de autoria e desenvolvimento de aplicações que possam ser executadas em diferentes dispositivos e diferentes plataformas de software.

Assuma que os profissionais envolvidos no planejamento de entregas tenham identificado as funcionalidades existentes no *backlog* desse portfólio. Além disso, foram fornecidas estimativas para a duração e para o capital necessário para o desenvolvimento dessas funcionalidades. A Tabela 4.2 apresenta essas funcionalidades e suas respectivas estimativas de duração e de capital de investimento.

Tabela 4.2: *Backlog* de funcionalidades do portfólio com suas respectivas estimativas de duração e de capital.

Projeto	Funcionalidade	Estimativa	
		Duração (Meses)	Capital (R\$ milhões)
<i>CNC</i>	<i>CNC</i> <sub>1</sub>	1,5	1,1
	<i>CNC</i> <sub>2</sub>	0,8	1,2
	<i>CNC</i> <sub>3</sub>	1,2	0,6
	<i>CNC</i> <sub>4</sub>	1,5	0,8
	<i>CNC</i> <sub>5</sub>	1,5	0,6
	<i>CNC</i> <sub>6</sub>	0,2	1,3
	<i>CNC</i> <sub>7</sub>	1,0	0,9
<i>TSI</i>	<i>TSI</i> <sub>1</sub>	0,9	0,6
	<i>TSI</i> <sub>2</sub>	0,3	0,3
	<i>TSI</i> <sub>3</sub>	0,5	1,2
	<i>TSI</i> <sub>4</sub>	1,2	0,9
	<i>TSI</i> <sub>5</sub>	0,8	1,5
	<i>TSI</i> <sub>6</sub>	1,4	1,1
<i>SAI</i>	<i>SAI</i> <sub>1</sub>	0,1	0,3
	<i>SAI</i> <sub>2</sub>	0,6	1,4
	<i>SAI</i> <sub>3</sub>	1,4	2,0
	<i>SAI</i> <sub>4</sub>	0,1	0,3
	<i>SAI</i> <sub>5</sub>	0,1	0,4
	<i>SAI</i> <sub>6</sub>	0,8	1,0
<i>HTV</i>	<i>HTV</i> <sub>1</sub>	0,6	0,6
	<i>HTV</i> <sub>2</sub>	1,2	1,0
	<i>HTV</i> <sub>3</sub>	1,0	0,7
	<i>HTV</i> <sub>4</sub>	1,2	0,5
	<i>HTV</i> <sub>5</sub>	0,9	0,3

Durante o planejamento foi identificado que o desenvolvimento de algumas funcionalidades só poderia iniciar depois que o desenvolvimento de outras funciona-

lidades estivesse concluído. Isso deu origem às relações de precedência apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Relações de precedência entre as funcionalidades do *backlog*.

<b>Funcionalidade</b>	
<b>Predecessora</b>	<b>Sucessora</b>
$CNC_1$	$CNC_2$
$CNC_1$	$CNC_3$
$CNC_2$	$CNC_5$
$CNC_3$	$CNC_4$
$CNC_4$	$CNC_5$
$CNC_5$	$CNC_6$
$CNC_5$	$CNC_7$
$TSI_1$	$TSI_2$
$TSI_1$	$TSI_3$
$TSI_1$	$TSI_4$
$TSI_2$	$TSI_5$
$TSI_2$	$TSI_6$
$TSI_3$	$TSI_5$
$TSI_4$	$TSI_6$
$SAI_1$	$SAI_2$
$SAI_2$	$SAI_6$
$SAI_2$	$SAI_5$
$SAI_3$	$SAI_4$
$SAI_3$	$SAI_5$
$SAI_4$	$SAI_6$
$SAI_5$	$SAI_6$
$HTV_1$	$HTV_2$
$HTV_1$	$HTV_3$
$HTV_2$	$HTV_4$
$HTV_3$	$HTV_4$
$HTV_4$	$HTV_5$

Imagine que tenham sido levados em consideração no planejamento de entregas desse portfólio os benefícios intangíveis apresentados na Seção 2.2.1, página 29.

Com o objetivo de avaliar a relevância com que esses benefícios intangíveis são propiciados por cada funcionalidade, os profissionais envolvidos no planejamento utilizaram a hierarquia do AHP apresentada na Figura 2.3, página 31.

Considere que a matriz de comparação dos benefícios intangíveis seja a mesma matriz apresentada na Tabela 2.3, página 33. Sendo assim, a Tabela 2.4, na página 34, representa os índices de relevância dos benefícios intangíveis utilizados no presente planejamento de entregas.

A avaliação da relevância das funcionalidades do ponto de vista dos benefícios intangíveis por elas propiciados é apresentada na Tabela 4.4.

A partir da avaliação apresentada na Tabela 4.4 foi possível calcular o índice de relevância ponderado de cada funcionalidade do ponto de vista dos benefícios intangíveis por elas propiciados. A Tabela 4.5 apresenta o cálculo desse índice para cada funcionalidade.

Agora, assumo que durante o planejamento tenha sido considerado também um benefício tangível. Esse benefício, que é representado em termos financeiros, considera tanto a redução de custos quanto o aumento da arrecadação na esfera governamental na qual a instituição em questão está inserida.

A Tabela 4.6 apresenta a estimativa dos benefícios tangíveis propiciados por cada funcionalidade em um período de 24 meses após o desenvolvimento e entrega dessas funcionalidades.

No que diz respeito aos ciclos de entrega, considere que serão planejados 2 ciclos,  $CE_1$  e  $CE_2$ , de 8 meses de duração cada.

Tabela 4.4: Avaliação da relevância das funcionalidades do ponto de vista dos benefícios intangíveis por elas propiciados.

Funcionalidade	Benefício intangível		
	$C_1$	$C_2$	$C_3$
$CNC_1$	<i>Pequena</i>	<i>Moderada</i>	<i>Moderada</i>
$CNC_2$	<i>Insignificante</i>	<i>Insignificante</i>	<i>Extrema</i>
$CNC_3$	<i>Insignificante</i>	<i>Moderada</i>	<i>Pequena</i>
$CNC_4$	<i>Alta</i>	<i>Extrema</i>	<i>Pequena</i>
$CNC_5$	<i>Pequena</i>	<i>Moderada</i>	<i>Pequena</i>
$CNC_6$	<i>Pequena</i>	<i>Moderada</i>	<i>Moderada</i>
$CNC_7$	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>	<i>Extrema</i>
$TSI_1$	<i>Insignificante</i>	<i>Insignificante</i>	<i>Insignificante</i>
$TSI_2$	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>	<i>Pequena</i>
$TSI_3$	<i>Extrema</i>	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>
$TSI_4$	<i>Pequena</i>	<i>Moderada</i>	<i>Moderada</i>
$TSI_5$	<i>Extrema</i>	<i>Moderada</i>	<i>Pequena</i>
$TSI_6$	<i>Extrema</i>	<i>Moderada</i>	<i>Insignificante</i>
$SAI_1$	<i>Moderada</i>	<i>Moderada</i>	<i>Moderada</i>
$SAI_2$	<i>Pequena</i>	<i>Extrema</i>	<i>Alta</i>
$SAI_3$	<i>Insignificante</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>
$SAI_4$	<i>Moderada</i>	<i>Moderada</i>	<i>Extrema</i>
$SAI_5$	<i>Pequena</i>	<i>Pequena</i>	<i>Pequena</i>
$SAI_6$	<i>Insignificante</i>	<i>Pequena</i>	<i>Extrema</i>
$HTV_1$	<i>Insignificante</i>	<i>Extrema</i>	<i>Extrema</i>
$HTV_2$	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Pequena</i>
$HTV_3$	<i>Moderada</i>	<i>Pequena</i>	<i>Moderada</i>
$HTV_4$	<i>Insignificante</i>	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>
$HTV_5$	<i>Moderada</i>	<i>Alta</i>	<i>Extrema</i>

Tabela 4.5: Cálculo do índice de relevância ponderado das funcionalidades do ponto de vista dos benefícios intangíveis por elas proporcionados.

Funcionalidade	Cálculo do IRP(%)	IRP(%) normalizado
$CNC_1$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 12,8) = 9,4$	2,3
$CNC_2$	$(58,1 \times 4,1) + (30,9 \times 4,1) + (11,0 \times 48,8) = 9,0$	2,2
$CNC_3$	$(58,1 \times 4,1) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 6,9) = 7,1$	1,7
$CNC_4$	$(58,1 \times 27,4) + (30,9 \times 48,8) + (11,0 \times 6,9) = 31,8$	7,6
$CNC_5$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 6,9) = 8,7$	2,1
$CNC_6$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 12,8) = 9,4$	2,3
$CNC_7$	$(58,1 \times 27,4) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 48,8) = 25,2$	6,1
$TSI_1$	$(58,1 \times 4,1) + (30,9 \times 4,1) + (11,0 \times 4,1) = 4,1$	1,0
$TSI_2$	$(58,1 \times 27,4) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 6,9) = 20,6$	5,0
$TSI_3$	$(58,1 \times 48,8) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 12,8) = 38,2$	9,2
$TSI_4$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 12,8) = 9,4$	2,3
$TSI_5$	$(58,1 \times 48,8) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 6,9) = 33,1$	8,0
$TSI_6$	$(58,1 \times 48,8) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 4,1) = 32,8$	7,9
$SAI_1$	$(58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 12,8) = 12,8$	3,1
$SAI_2$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 48,8) + (11,0 \times 27,4) = 22,1$	5,3
$SAI_3$	$(58,1 \times 4,1) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 27,4) = 13,9$	3,3
$SAI_4$	$(58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 12,8) + (11,0 \times 48,8) = 16,8$	4,0
$SAI_5$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 6,9) + (11,0 \times 6,9) = 6,9$	1,7
$SAI_6$	$(58,1 \times 4,1) + (30,9 \times 6,9) + (11,0 \times 48,8) = 9,9$	2,4
$HTV_1$	$(58,1 \times 4,1) + (30,9 \times 48,8) + (11,0 \times 48,8) = 22,8$	5,5
$HTV_2$	$(58,1 \times 27,4) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 6,9) = 25,1$	6,1
$HTV_3$	$(58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 6,9) + (11,0 \times 12,8) = 11,0$	2,6
$HTV_4$	$(58,1 \times 6,9) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 12,8) = 13,9$	3,3
$HTV_5$	$(58,1 \times 12,8) + (30,9 \times 27,4) + (11,0 \times 48,8) = 21,3$	5,1
<b>Total:</b>		100,0

Tabela 4.6: Benefícios tangíveis: redução de custos e/ou aumento da arrecadação propiciado por cada funcionalidade.

<b>Funcionalidade</b>	<b>Benefícios tangíveis (R\$ milhões)</b>
<i>CNC</i> <sub>1</sub>	4,6
<i>CNC</i> <sub>2</sub>	1,5
<i>CNC</i> <sub>3</sub>	3,4
<i>CNC</i> <sub>4</sub>	1,5
<i>CNC</i> <sub>5</sub>	0,7
<i>CNC</i> <sub>6</sub>	3,2
<i>CNC</i> <sub>7</sub>	1,5
<i>TSI</i> <sub>1</sub>	1,5
<i>TSI</i> <sub>2</sub>	3,0
<i>TSI</i> <sub>3</sub>	0,7
<i>TSI</i> <sub>4</sub>	2,3
<i>TSI</i> <sub>5</sub>	4,6
<i>TSI</i> <sub>6</sub>	1,5
<i>SAI</i> <sub>1</sub>	3,3
<i>SAI</i> <sub>2</sub>	1,5
<i>SAI</i> <sub>3</sub>	0,7
<i>SAI</i> <sub>4</sub>	3,0
<i>SAI</i> <sub>5</sub>	4,6
<i>SAI</i> <sub>6</sub>	1,5
<i>HTV</i> <sub>1</sub>	0,7
<i>HTV</i> <sub>2</sub>	0,8
<i>HTV</i> <sub>3</sub>	1,5
<i>HTV</i> <sub>4</sub>	0,7
<i>HTV</i> <sub>5</sub>	2,3

Suponha que os profissionais envolvidos no planejamento tenham identificado o conjunto de planos de entrega válidos apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: Conjunto de planos de entrega válidos

Plano de entrega	Funcionalidades em cada ciclo de entrega	
	CE <sub>1</sub>	CE <sub>2</sub>
PE <sub>1</sub>	CNC1, TSI1, TSI2, TSI3, TSI4, SAI1, SAI2, HTV1, HTV2, HTV3	CNC2, CNC3, SAI3, SAI4, HTV4, HTV5
PE <sub>2</sub>	CNC1, CNC3, TSI1, TSI4, SAI3, HTV1, HTV2	CNC2, CNC4, TSI2, TSI3, TSI6, SAI1, SAI4, HTV3
PE <sub>3</sub>	CNC1, CNC2, TSI1, TSI2, TSI3, TSI4, HTV1, HTV2, HTV3	CNC3, TSI5, SAI1, SAI3, SAI4, HTV4
PE <sub>4</sub>	CNC1, CNC3, CNC4, TSI1, TSI2, TSI3, SAI3, SAI4, HTV1	CNC2, CNC5, TSI4, TSI6, SAI1, HTV2
PE <sub>5</sub>	TSI1, TSI2, TSI3, TSI5, SAI1, SAI2, SAI3, SAI4, SAI5, HTV1, HTV2, HTV3	TSI4, HTV4, HTV5
PE <sub>6</sub>	CNC1, CNC2, SAI1, SAI3, SAI4, HTV1, HTV2, HTV3, HTV4	CNC3, TSI1, TSI2, TSI3, TSI4, SAI2
PE <sub>7</sub>	CNC1, CNC3, CNC4, TSI1, SAI1, HTV1, HTV2, HTV3	CNC2, CNC5, CNC6, TSI3, TSI4, SAI2, HTV4
PE <sub>8</sub>	CNC1, CNC2, TSI1, TSI2, TSI4, SAI1, SAI3, SAI4, HTV1, HTV3	CNC3, CNC4, CNC5, SAI2, SAI5, HTV2
PE <sub>9</sub>	CNC1, CNC2, CNC3, CNC4, TSI1, TSI2, SAI1, SAI3, SAI4	CNC5, CNC6, TSI3, TSI4, SAI2, SAI5
PE <sub>10</sub>	CNC1, CNC2, TSI1, TSI2, TSI3, SAI1, SAI2, SAI3, SAI4, SAI5, HTV1, HTV3	CNC3, CNC4, TSI5
PE <sub>11</sub>	CNC1, CNC2, TSI1, TSI3, TSI4, SAI3, SAI4, HTV1, HTV3	CNC3, TSI2, TSI5, SAI1, HTV2, HTV4
PE <sub>12</sub>	CNC1, CNC2, CNC3, SAI1, SAI3, SAI4, HTV1, HTV2, HTV3	CNC4, TSI1, TSI2, TSI3, SAI2, SAI5
PE <sub>13</sub>	CNC1, CNC3, TSI1, TSI2, TSI3, SAI1, SAI3, SAI4, HTV1, HTV3	CNC2, TSI4, TSI5, HTV2, HTV4
PE <sub>14</sub>	CNC1, CNC2, CNC3, TSI1, TSI3, SAI1, SAI2, SAI3, SAI4, SAI5, HTV1	TSI4, HTV2, HTV3, HTV4
PE <sub>15</sub>	CNC1, CNC2, TSI1, TSI2, SAI1, SAI2, SAI3, SAI4, SAI5, HTV1, HTV2	CNC3, TSI3, TSI4, SAI6

O cálculo da eficiência relativa considera os planos de entrega como sendo DMUs (ver Seção 2.3 a esse respeito). Essas DMUs possuem 1 entrada e 2 saídas, a saber:

- Entrada: a estimativa de capital financeiro necessário para o desenvolvimento de cada plano de entrega;
- Saídas:
  - Benefícios intangíveis: o índice de relevância ponderado do plano de entrega do ponto de vista dos benefícios intangíveis por ele propiciados;
  - Benefícios tangíveis: montante financeiro representado pela redução de custos e/ou aumento da arrecadação que cada plano de entrega proporciona.

Suponha que no cálculo da eficiência relativa, usando o DEA, realizado durante o planejamento tenham sido adotadas as premissas de escala variável de rendimento (VRS) e orientação à saída.

A Tabela 4.8 apresenta os dados de entrada e de saída de cada plano de entrega que foram submetidos ao cálculo de eficiência relativa utilizando o DEA.

A Tabela 4.9 mostra o resultado do cálculo da eficiência utilizando o DEA. Nesse caso, o cálculo considera, hipoteticamente, que os planos de entrega envolvidos no planejamento são a população de planos de entrega viáveis, ou seja, a enumeração completa desse tipo de plano de entrega.

Observe na Tabela 4.9 que os planos de entrega  $PE_5$  e  $PE_{10}$  compõem a fronteira de eficiência, ou seja, são os planos de entrega considerados eficientes, diante das premissas assumidas. Os demais planos de entrega apresentam diferentes ineficiências em relação à  $PE_5$  e  $PE_{10}$ .

Tabela 4.8: Dados de entrada e saída das DMUs submetidas ao cálculo de eficiência relativa utilizando o DEA.

DMU Plano de entrega	Entrada Investimento	Saídas	
		Benefícios	
		Intangíveis	Tangíveis
PE <sub>1</sub>	13,0	63,3	31,3
PE <sub>2</sub>	12,7	60,7	29,8
PE <sub>3</sub>	12,8	61,0	32,1
PE <sub>4</sub>	12,6	60,7	29,0
PE <sub>5</sub>	12,0	66,6	31,2
PE <sub>6</sub>	12,7	58,4	29,0
PE <sub>7</sub>	12,8	58,6	27,7
PE <sub>8</sub>	12,8	53,5	34,4
PE <sub>9</sub>	13,0	51,0	35,3
PE <sub>10</sub>	13,0	59,5	35,9
PE <sub>11</sub>	12,8	61,0	32,1
PE <sub>12</sub>	12,5	57,6	32,1
PE <sub>13</sub>	12,8	61,0	32,1
PE <sub>14</sub>	12,8	55,3	30,6
PE <sub>15</sub>	12,9	52,2	32,9

Tabela 4.9: Resultado apresentado pelo i-Plan se os planos de entrega corresponderem à população de planos viáveis.

<b>Plano de entrega</b>	<b>Eficiência (%)</b>
PE <sub>1</sub>	97,2
PE <sub>2</sub>	92,9
PE <sub>3</sub>	96,2
PE <sub>4</sub>	91,8
PE <sub>5</sub>	100,0
PE <sub>6</sub>	89,8
PE <sub>7</sub>	88,3
PE <sub>8</sub>	98,3
PE <sub>9</sub>	98,3
PE <sub>10</sub>	100,0
PE <sub>11</sub>	96,2
PE <sub>12</sub>	95,6
PE <sub>13</sub>	96,2
PE <sub>14</sub>	89,2
PE <sub>15</sub>	92,8

Vale ressaltar que caso tivesse sido utilizado o rendimento constante de escala (CRS), o plano de entrega  $PE_5$  seria o único considerado como eficiente.

Por outro lado, se o conjunto de planos identificados representar uma amostra estatisticamente representativa dos planos viáveis, o i-Plan irá calcular a eficiência média de cada plano juntamente com seus respectivos limites inferior e superior do intervalo de confiança considerando um  $\alpha = 0.1$ , ou seja, um intervalo de confiança de 90%.

Nesse caso, a Tabela 4.10 mostra o resultado do cálculo da eficiência utilizando a abordagem de DEA *bootstrap* de Simar & Wilson, que foi apresentada na Seção 2.3.1, página 53.

Tabela 4.10: Resultado apresentado pelo i-Plan caso os planos de entrega sejam uma amostra estatisticamente representativa da população de planos viáveis.

Plano de entrega	Eficiência (%)		
	Limite inferior	Média	Limite superior
$PE_1$	94,2	96,0	97,0
$PE_2$	89,5	91,5	92,7
$PE_3$	93,3	95,0	96,0
$PE_4$	87,4	89,9	91,6
$PE_5$	88,1	95,0	99,5
$PE_6$	86,8	88,5	89,7
$PE_7$	84,3	86,6	88,1
$PE_8$	94,4	96,6	98,1
$PE_9$	92,9	96,0	98,1
$PE_{10}$	93,7	96,6	99,5
$PE_{11}$	93,3	94,9	96,1
$PE_{12}$	90,6	93,3	95,3
$PE_{13}$	93,3	94,9	96,1
$PE_{14}$	85,7	87,4	88,9
$PE_{15}$	88,5	90,9	92,5

Observe na Tabela 4.10, que os planos de entrega  $PE_8$  e  $PE_{10}$  possuem a

maior eficiência média, 96,6%. Além disso,  $PE_8$  apresentou o maior limite inferior do intervalo de confiança, 94,4%, seguido pelo plano de entrega  $PE_1$ , que possui um limite inferior de 94,2%. Note ainda que  $PE_5$  e  $PE_{10}$  apresentaram o maior limite superior do intervalo de confiança, 99,5%.

Quando o conjunto de planos de entrega analisados corresponde a uma amostra estatisticamente representativa da população de planos de entrega viáveis, a tarefa de identificar os planos eficientes irá depender de fatores tais como: a cultura da instituição governamental, do perfil de risco da instituição, dos tomadores de decisão e de cada projeto, dentre outros fatores.

Sendo assim, os profissionais envolvidos no planejamento de entregas, quando utilizarem o i-Plan, poderão adotar a estratégia que julgarem mais adequada para decidir qual plano deverá ser implementado. Peterson (PETERSON, 2017) apresenta diferentes estratégias que podem ser adotadas para auxiliar essa decisão.

#### 4.4 A FERRAMENTA i-PLAN

O método i-Plan deu origem a uma ferramenta de *software* de mesmo nome. Essa ferramenta possibilita que os profissionais envolvidos no planejamento de entrega possam definir alguns parâmetros de configuração, a saber:

- Enumeração de planos de entrega: completa (população) ou parcial (amostra representativa);
- Cálculo de eficiência: DEA ou DEA *bootstrapping* de Simar & Wilson;
- Rendimento de escala: variável (VRS) ou constante (CRS);
- Orientação da eficiência: entrada ou saída;

- Quantidade de amostras *bootstrap* que serão geradas, caso tenha sido escolhida a enumeração parcial de planos de entrega e o método de cálculo da eficiência DEA *bootstrapping*.

Independente da configuração escolhida para a enumeração de planos de entrega viáveis, a ferramenta possibilita que os profissionais envolvidos no planejamento possam escolher se conjunto de planos de entrega obtido deve ser interpretado como sendo a enumeração completa ou uma amostra estatisticamente representativa de planos.

A ferramenta i-Plan foi implementada como um pacote na plataforma de desenvolvimento de *software* estatístico R (MAILUND, 2017). A escolha dessa plataforma se deu em função da oferta de pacotes desenvolvidos por terceiros que implementam alguns dos algoritmos utilizados pelo método i-Plan, a saber:

- *igraph* (The igraph core team, 2015): é utilizado para determinar a relação de precedência entre as funcionalidades e possibilitar a geração de planos de entrega obedecendo essa relação;
- *ahp* (GLUR, 2017): é usado nos cálculos dos índices de relevância e da taxa de consistência do AHP;
- *Benchmarking* (BOGETOFT; OTTO, 2015): é utilizado no cálculo da eficiência relativa usando DEA.

O desenvolvimento da ferramenta como um pacote na plataforma R possibilitou facilitar a instalação e o uso não só na própria plataforma R mas também em outras plataformas e linguagens de desenvolvimento que possibilitam o reuso de pacotes desse tipo.

Vale ressaltar que esse código fonte está disponível publicamente no repositório de controle de versões *GitHub* (BELL; BEER, 2017) através do endereço <https://github.com/mcf-rocha/iplan>.

## 5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nesse capítulo apresentamos duas avaliações as quais o método i-Plan foi submetido: estudo de caso (SOUZA DIAS; SILVA, 2010; CRESSWELL, 1998; CRESSWELL, 1994) e desempenho computacional.

O estudo de caso teve por objetivo verificar se o método proposto nesta tese é adequado para o planejamento de entregas em projetos reais que utilizam abordagens ágeis de desenvolvimento de *software* no setor público.

Para isso, o método i-Plan foi avaliado por um profissional experiente e bem qualificado de uma instituição governamental. Esse profissional participa ativamente do planejamento de entregas em portfólios de projetos ágeis de *software*.

A avaliação do desempenho computacional procurou analisar o comportamento dos algoritmos do i-Plan no que diz respeito à relação entre o tamanho da entrada de dados e tempo de processamento necessário para cálculo e apresentação dos resultados.

## 5.2 ESTUDO DE CASO

### 5.2.1 Contexto da avaliação

O método i-Plan foi submetido à avaliação do chefe da Seção de Desenvolvimento de Sistemas de Informação (SEDSIS) no Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro (TRE-RJ).

Esse profissional possui bacharelado em ciência da computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Em adição, é pós graduado em Gestão de Projetos de *Software* pela PUC-RJ e em Gestão Estratégica de TI pela Fundação Getúlio Vargas. Além disso, ele é Mestre em Informática pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O profissional em questão começou a trabalhar na área de computação em 1998, tendo portanto cerca de 20 anos de experiência. Além do TRE-RJ, ele trabalhou em grandes empresas públicas de capital aberto e fechado, tais como: Furnas, SERPRO e Casa da Moeda do Brasil.

Esse profissional, daqui para frente denominado apenas de *avaliador*, participa tanto da governança de métodos e práticas ágeis de desenvolvimento de *software* quanto do planejamento de entregas do portfólio de projetos ágeis do TRE-RJ.

O estudo de caso procurou analisar a adequabilidade de utilização do método i-Plan no setor público e identificar vantagens e desvantagens em relação ao método de planejamento de entregas utilizado pelo TRE-RJ.

### 5.2.1.1 Sobre o TRE-RJ

O voto secreto, a cabina indevassável, o voto feminino e a criação da Justiça Eleitoral formam os principais instrumentos de modernização do processo eleitoral brasileiro.

Nascidos no ambiente pós-revolucionário de 1930, tais instrumentos atenderam à contínua pressão popular nos centros urbanos, insatisfação que se traduziu na promulgação do Código Eleitoral de 1932.

Guardião da legitimidade do processo eleitoral, a Justiça Eleitoral foi instalada em 20 de maio de 1932. Cinco anos mais tarde, o presidente Getúlio Vargas lideraria um golpe de estado.

Em 1937, o Estado Novo varguista iria abolir a Justiça Eleitoral, as eleições e os partidos políticos. Em 28 de maio de 1945, a Justiça Eleitoral seria recriada pelo Decreto Lei nº 7.586, quando retomou a missão de combater as fraudes e zelar pelo livre exercício de votar e ser votado.

O Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro (TRE-RJ) foi criado em 7 de junho de 1945 durante a primeira sessão do Tribunal Superior Eleitoral (TSE), a instância mais alta da justiça eleitoral brasileira (NICOLAU, 2012; BARBOSA, 2010).

Segundo o site do TRE-RJ, o Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro tem como missão “*garantir a legitimidade do processo eleitoral*”. Sua visão é tornar-se um “*...tribunal de destaque na eficácia do julgamento das ações eleitorais, na prevenção e coerção de práticas eleitorais ilícitas e na promoção do exercício consciente da cidadania*” (TRE-RJ, 2017).

De acordo com o Plano Estratégico 2016–2021 do TRE-RJ, as ações executadas pela instituição, incluindo os projetos de desenvolvimento de *software*, são pautadas pelo seguintes objetivos:

- integridade, confiabilidade e segurança do cadastro dos eleitores;
- organização, integridade e segurança das eleições;
- isonomia, transparência e efetividade dos julgamentos de matérias eleitorais;
- acessibilidade, utilidade, clareza e integridade das informações e orientações eleitorais para o exercício da cidadania.

Ver (TRE-RJ, 2015) a esse respeito.

É importante notar que esses objetivos são na verdade benefícios intangíveis a serem propiciados pelas diversas ações executadas pelo TRE-RJ.

Em adição, em linhas gerais, o TRE-RJ está empenhada em reduzir os custos de seus processos operacionais e em aumentar a arrecadação através da cobrança de taxas e multas em sintonia com a legislação vigente (O Globo, 2014; TRE-RJ, 2016).

### **5.2.2 A avaliação**

A avaliação realizada no escopo dessa tese foi dividida em quatro fases. Na primeira fase, o avaliador apresentou o método de planejamento de entregas utilizado no TRE-RJ. A fase seguinte procurou identificar como esse método foi criado e quais foram as motivações que determinaram suas características. Na terceira fase, foram

apresentados ao avaliador os principais conceitos relacionados ao método i-Plan. Finalmente, na quarta fase foram identificadas as diferenças e similiaridades entre os dois métodos e discutidas as vantagens e desvantagens do i-Plan.

#### 5.2.2.1 Primeira fase da avaliação

Nessa fase da avaliação foram obtidas informações, junto ao avaliador, sobre como o TRE-RJ utiliza métodos ágeis e, especificamente, como é realizado o planejamento de entregas do portfólio de projetos ágeis que ele está envolvido.

O TRE-RJ começou a utilizar métodos ágeis em 2010 na Seção de Desenvolvimento de Sistemas de Informação (SEDSIS), que pertence à Coordenadoria de Soluções Corporativas (CSCOR).

Inicialmente, o método adotado pela SEDSIS se baseou exclusivamente no *Scrum* (SUTHERLAND, 2014), mas com o passar do tempo práticas do *Kanban* (ANDERSON, 2010) também foram adotadas. Por ter sido considerada uma iniciativa bem sucedida, mais tarde outras áreas do TRE-RJ também passaram a utilizar métodos ágeis.

O portfólio de projetos ágeis desenvolvidos pela SEDSIS geralmente é composto por cerca de 15 projetos. A equipe de desenvolvimento tem capacidade para executar cerca de 3 de projetos simultaneamente. Em decorrência, torna-se necessário e importante estabelecer um método para selecionar quais funcionalidades desses projetos serão desenvolvidas em cada ciclo de entrega.

Historicamente, um projeto considerado de tamanho pequeno tem em média 40 funcionalidades no *backlog* e leva cerca de 3 meses para ser concluído. Um projeto

de tamanho médio tem um *backlog* com cerca de 100 funcionalidades e uma duração, em média, de 6 meses. Um projeto considerado grande pode chegar a ter 350 funcionalidades e levar até 24 meses para ser concluído.

O planejamento de entregas do portfólio é realizado de tal forma que cada ciclo de entrega possui duração de cerca de 15 dias. A quantidade de ciclos de entrega planejados pode variar entre 1 e 8 ciclos.

Para que possa ser considerado candidato a compor o portfólio de projetos ágeis de desenvolvimento da SEDSIS, um projeto deve conter um *backlog* de funcionalidades. As funcionalidades nesse *backlog* possuem estimativa de esforço de desenvolvimento e relações de precedência.

Além disso, os projetos e suas funcionalidades são avaliadas sob o ponto de vista de 6 critérios, que possuem pesos de 1 a 6. Cada critério é dividido em subcritérios. Os subcritérios possuem uma pontuação que pode variar entre 0 e 7. A Tabela 5.1 apresenta esses critérios, pesos, subcritérios e pontuações.

Por exemplo, se uma determinada funcionalidade:

- for utilizada apenas por Unidades específicas;
- estiver relacionada a um processo de trabalho que já está mapeado ou que já possui um controle de dados estruturado;
- não for desenvolvida e isso representar uma piora rápida do processo de trabalho;
- contribuir para algum objetivo estratégico prioritário;
- não for imprescindível para atender uma determinação legal/normativa e

Tabela 5.1: Critérios e subcritérios utilizados no planejamento de entregas do TRE-RJ.

Critério			Subcritério	
Nome	Descrição	Peso	Pontuação	Significado
Abrangência	Quem irá utilizar o que será desenvolvido?	1	1	Unidades específicas
			3	Toda a Sede ou Zonas eleitorais
			5	Zonas eleitorais e Unidades
			7	Todo o TRE ou público externo
Estruturação do processo de trabalho	Quais ferramentas apoiam o processo de trabalho relacionado ao que será desenvolvido?	2	0	Não mapeado e sem controle de dados
			1	Não mapeado mas com controle de dados não estruturado
			3	Mapeado ou com controle de dados estruturado
			5	Mapeado e com controle de dados estruturado
Impacto no processo de trabalho	Como fica o processo de trabalho se o que se deseja não for desenvolvido?	3	1	Não irá piorar
			2	Irá piorar a longo prazo
			3	Irá piorar
			4	Irá piorar em pouco tempo
			5	Irá piorar rapidamente
Alinhamento estratégico	Contribui para algum objetivo estratégico prioritário?	4	0	Não
			5	Sim
Determinação legal	É imprescindível para atender uma determinação legal/normativa?	5	0	Não
			5	Sim
Disponibilidade de infraestrutura	O TRE-RJ possui infraestrutura necessária para suportar a solução?	6	1	Não
			5	Sim

- requerer uma infraestrutura que o TRE-RJ já possuía, então,

essa funcionalidade terá uma pontuação ponderada de:

$$(1 \times 1) + (2 \times 3) + (3 \times 5) + (4 \times 5) + (5 \times 0) + (6 \times 5) = 72.$$

Pode ser importante mencionar que de acordo com os critérios utilizados pelo TRE-RJ a pontuação ponderada de uma funcionalidade varia entre 10 e 77. Portanto, a funcionalidade que acabamos de avaliar alcançaria uma nota relativamente alta na avaliação do TRE-RJ.

#### *5.2.2.2 Segunda fase da avaliação*

Nessa fase da avaliação o objetivo foi obter do avaliador um entendimento sobre como foi criado o método de planejamento de entregas no TRE-RJ e as principais razões que determinaram as características atuais desse método.

Além disso, procurou-se entender como esse método se comportaria diante mudanças tais como a adição de um novo critério, subcritério, dentre outras.

A seguir, apresentamos as principais questões que nortearam a discussão nessa fase da avaliação.

#### *Como surgiu a ideia do método de planejamento de entregas?*

A concepção do método foi motivada pela revisão do plano estratégico do TRE-RJ, realizada em 2012, onde os objetivos estratégicos da instituição foram atualizados e suas metas foram repactuadas.

Naquele ano, a SEDSIS estipulou como meta entregar 50% do *backlog* do portfólio de projetos de *software* existente no início do ano. Entretanto, durante o decorrer do ano, a velocidade com que novos projetos e funcionalidades foram adicionados ao *backlog* foi maior do que a capacidade de entrega.

Em consequência disso, apesar da meta estabelecida pela SEDSIS ter sido alcançada, ao final do ano de 2012 o *backlog* estava ainda maior do que no início do ano. Por causa disso, a SEDSIS passou a ter interesse em organizar as entregas de acordo com sua importância para o TRE-RJ.

A maneira encontrada pela SEDSIS para atender esse interesse foi adotar a prática de planejamento de entregas, utilizando os critérios e subcritérios apresentados na Tabela 5.1, página 130.

*Como o método de planejamento de entregas do TRE-RJ foi elaborado?*

Inicialmente, os critérios e subcritérios utilizados no planejamento de entregas foram definidos pelos profissionais de TIC da SEDSIS sem que fosse utilizado um método que pudesse auxiliá-los nesse trabalho.

Os critérios e subcritérios definidos representavam, na percepção dos profissionais da SEDSIS, os fatores mais relevantes para determinar a importância para o TRE-RJ de cada projeto ou funcionalidade existente no *backlog*.

Devido à repercussão positiva que o método de planejamento de entregas teve em todo o TRE-RJ, outras áreas passaram a ter interesse na gestão dos critérios e subcritérios utilizados no planejamento. Isso fez com que a responsabilidade pela gestão desses critérios e subcritérios fosse transferida da SEDSIS para a Assessoria

de Planejamento Estratégico e Gestão (ASPLAN), uma unidade de apoio à diretoria geral.

Sob a gestão da ASPLAN, os critérios e subcritérios sofreram algumas modificações a fim de representar de maneira mais fidedigna, na opinião dos profissionais da ASPLAN, o que era importantes para o TRE-RJ. Essas modificações foram feitas seguindo a intuição dos profissionais envolvidos, sem que fosse utilizado um método específico.

*Quem foi responsável pela atribuição dos pesos de cada critério e pontuações dos subcritérios?*

Enquanto o método de planejamento de entregas esteve sob a gestão da SEDSIS, os pesos dos critérios e as pontuações dos subcritérios foram definidos de forma colaborativa pelos profissionais de TIC que compõem a SEDSIS.

A maneira colaborativa com que esses pesos e pontuações foram atribuídos buscou dar oportunidade para que todos os profissionais envolvidos nessa tarefa pudessem expressar sua visão. Isso teve como objetivo criar engajamento dos profissionais da SEDSIS em torno do método.

Quando a gestão dos critérios e subcritérios passou para a ASPLAN, os pesos e pontuações foram revisados. Esse processo também foi feito de maneira colaborativa, envolvendo representantes de outras áreas do TRE-RJ além da SEDSIS.

*Qual foi o procedimento adotado para determinar os pesos de cada critério e as pontuações de cada subcritério utilizado no método?*

A atribuição de pesos e pontuações aconteceu de forma espontânea e intuitiva,

sem que fosse utilizado um método específico que tivesse o objetivo de auxiliar essa tarefa.

Tanto os profissionais da SEDSIS quanto os da ASPLAN realizaram reuniões onde cada profissional teve chance de expressar suas ideias e opiniões em torno dos critérios e subcritérios que julgavam ter maior relevância.

Segundo o avaliador, houve dificuldade por parte desses profissionais em determinar os pesos e as pontuações. A principal razão para essa dificuldade, segundo o avaliador, adveio da natureza abstrata e intangível desses critérios e subcritérios.

Outra fonte de dificuldade, apontada pelo avaliador, foi o desconhecimento de um método que pudesse auxiliá-los na tarefa de avaliar critérios e subcritérios dessa natureza.

*De que maneira os pesos e pontuações atribuídos aos critérios e subcritérios foram validados? Houve alguma verificação em relação à consistência desses pesos e pontuações?*

Após cada tentativa de atribuir pesos e pontuações, um determinado conjunto de projetos e funcionalidades era avaliado segundo os critérios e subcritérios. Em seguida, esses projetos e funcionalidades eram listados em ordem decrescente segundo suas pontuações ponderadas.

Se houvesse consenso entre os profissionais de que os 2 ou 3 projetos que foram avaliados com as maiores pontuações eram realmente os mais importantes, os pesos e pontuações eram considerados válidos e consistentes. Caso contrário, uma nova tentativa de atribuir pesos e pontuações era realizada ou os subcritérios eram modificados de forma a trazer esses projetos para o topo da lista.

*Pode-se notar que o critério “alinhamento estratégico” é binário. Uma funcionalidade contribui ou não contribui para algum objetivo estratégico prioritário. Isso significa que todos os objetivos estratégicos prioritários são igualmente importantes?*

A maneira encontrada pelo TRE-RJ para aumentar a pontuação ponderada dos projetos e funcionalidades consideradas mais importantes foi classificá-los em relação ao tipo de objetivo estratégico com que esses projetos e funcionalidades estão alinhados.

Nesse sentido, os objetivos estratégicos foram divididos em dois conjuntos, prioritários e não prioritários, sem que houvesse distinção adicional entre os objetivos estratégicos em cada conjunto.

Dessa forma, se uma funcionalidade fosse percebida como alinhada a um objetivo estratégico prioritário, sua pontuação ponderada seria acrescida de 20 pontos ( $4 \times 5$ ). Caso a funcionalidade estivesse alinhada a um objetivo não prioritário ou não estivesse alinhada a nenhum objetivo, essa funcionalidade receberia pontuação 0 (zero) para esse critério.

*Considere duas funcionalidades: A e B. Suponha que A contribui para todos os objetivos estratégicos prioritários e B contribui para apenas um deles. O método do TRE-RJ atribui a mesma pontuação a A e B?*

Segundo o avaliador, existe uma relativa dificuldade, por parte dos profissionais responsáveis pelos projetos, em provar que uma funcionalidade está alinhada a um objetivo estratégico. Muitas vezes esse alinhamento é demonstrado de maneira subjetiva e não estruturada.

Diante dessa dificuldade, a classificação dos objetivos estratégicos entre prioritários e não prioritários é considerada suficiente. Isso porque basta que o dono do projeto consiga mostrar que seu projeto ou funcionalidade esteja alinhado a apenas um objetivo existente no conjunto de objetivos estratégicos prioritários.

Portanto, se A contribui para todos os objetivos estratégicos prioritários e B contribui para apenas um deles, o método do TRE-RJ atribui a mesma pontuação a A e B.

Na opinião do avaliador, os donos dos projetos poderiam ser treinados em métodos e técnicas que permitissem demonstrar e justificar o alinhamento entre os seus projetos e os objetivos estratégicos, independentemente de serem prioritários ou não.

Dessa forma, o método de planejamento de entregas poderia de alguma maneira distinguir os projetos e funcionalidades em função da quantidade de objetivos estratégicos a que estão alinhados e da relevância desses objetivos.

*No método do TRE-RJ existem 6 critérios. O critério menos importante é a abrangência e o critério mais importante é a disponibilidade de infraestrutura. A distância entre os pesos atribuídos a cada critério aumenta de 1 em 1. Entretanto, é altamente provável que o que acontece na prática seria capturado de forma mais realista se esses pesos aumentassem em diferentes proporções. É razoável utilizar incrementos de 1 em 1 quando esses incrementos deveriam, possivelmente, ter valores diferentes?*

Os pesos que foram atribuídos aos critérios retratam apenas a ordem de importância desses critérios. Dessa forma, esses pesos não são capazes de representar

as intensidades e/ou as relevâncias entre os critérios.

Essa mesma característica está presente nas pontuações dos subcritérios. Por exemplo, as distâncias entre as pontuações atribuídas aos subcritérios de “abrangeção” e de “estruturação do processo de trabalho” aumentam de 2 em 2. A única exceção é o subcritério “não mapeado e sem controle de dados”, cuja pontuação está distante de 1 unidade do subcritério “não mapeado mas com controle de dados estruturados”.

A utilização de incrementos constantes tanto nos pesos quanto nas pontuações, deve-se à maneira subjetiva e intuitiva com que o procedimento de atribuição foi realizado.

Na opinião do avaliador, se os profissionais do TRE-RJ tivessem utilizado um método reconhecidamente capaz de capturar a relevância entre os critérios e entre os subcritérios de forma mais realista, muito provavelmente o resultado teria sido bem diferente.

Vale ressaltar que na época em que os pesos e pontuações foram atribuídos, nenhum desses profissionais manifestou conhecimento sobre a existência de métodos que pudessem auxiliá-los nessa tarefa.

*Como são definidas quais funcionalidades farão parte de cada ciclo de entrega?*

Após a pontuação de todas as funcionalidades, aquelas que tiverem as maiores pontuações ponderadas, independentemente dos projetos aos quais pertençam, são organizadas em ciclos de entrega. Para isso, leva-se em consideração a capacidade da equipe de desenvolvimento em cada ciclo de entrega e o esforço total de

desenvolvimento requerido pelo conjunto de funcionalidades que se deseja alocar ao ciclo.

#### 5.2.2.3 Terceira fase da avaliação

Nessa fase da avaliação, foram feitas reuniões para apresentar ao avaliador o método *i-Plan* e os principais conceitos relacionados a AHP, DEA e DEA *bootstrap*, que foram apresentados no Capítulo 2 - Arcabouço Conceitual, página 22.

Procurou-se também enfatizar as principais características do método *i-Plan*, a saber:

- tratamento dos benefícios tangíveis e, de forma explícita, dos benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas;
- avaliação dos benefícios de maneira estruturada e sistemática;
- possibilidade de identificar inconsistência ao avaliar os benefícios intangíveis;
- orientação das decisões pela eficiência dos investimentos a serem realizados, a fim de obter os benefícios tangíveis e intangíveis desejados; e
- capacidade de produzir avaliações coerentes do que deve ser feito mesmo na presença de um grande número de funcionalidades no *backlog*.

#### 5.2.2.4 Quarta fase da avaliação

Nessa fase, o avaliador identificou semelhanças e diferenças entre o *i-Plan* e o método utilizado pelo TRE-RJ.

Em adição, o avaliador foi convidado a comparar os dois métodos com o objetivo de identificar e apresentar as vantagens e desvantagens de cada um. O resultado dessa fase é apresentado na seção a seguir.

### 5.2.3 Opinião do avaliador

Nessa seção, apresentamos a opinião do avaliador em relação aos principais pontos que surgiram durante a comparação entre o i-Plan e o método de planejamento de entregas utilizado pelo TRE-RJ.

#### 5.2.3.1 *Qual a importância da apropriação de benefícios tangíveis e, de forma explícita, intangíveis durante o planejamento de entregas?*

No setor público os projetos podem propiciar tanto benefícios tangíveis quanto intangíveis.

Dentre os benefícios intangíveis, o mais comum, é, provavelmente, a satisfação da população com o serviço que está sendo prestado. Um outro benefício intangível que vale a pena mencionar é a crença de que aquilo que está sendo realizado está dentro da lei e visa tão e somente o bem estar da população.

Isso é particularmente importante no âmbito de atuação do TRE. Caso a população deixe de acreditar que a condução e apuração das eleições está sendo feita de forma honesta, ela passa a desconfiar da lisura das intenções de seus representantes. Isso abre espaço para convulsão social, desordenamento econômico e transição para regimes totalitários.

Dentre os benefícios tangíveis destacam-se a redução de custos e o aumento da arrecadação. Esse último, não implica necessariamente no aumento de impostos, mas na cobrança mais efetiva dos impostos que são devidos.

O método de planejamento de entregas do TRE-RJ, considera critérios intangíveis, tais como “Impacto no processo de trabalho” e “Alinhamento estratégico”.

Entretanto, o método não considera benefícios intangíveis para a população tais como a satisfação com os serviços prestados, a desburocratização dos processos, a confiança no trabalho do TRE-RJ e o orgulho do processo eleitoral brasileiro.

Por outro lado, o fato do i-Plan se basear no uso do AHP, favorece a captura tanto de critérios quanto de benefícios intangíveis para a população em geral.

Em adição, o i-Plan considera de forma explícita a apropriação de benefícios tangíveis de cunho financeiro. Isso não acontece no método do TRE-RJ.

### *5.2.3.2 Qual a relevância da estruturação hierárquica de critérios e subcritérios nos métodos de planejamento de entregas?*

Se a quantidade de critérios ou subcritérios for muito pequena então a relevância entre eles pode ser possivelmente estabelecida sem a necessidade de uso de métodos baseados em estruturação hierárquica.

Contudo, na medida em que o número de critérios ou subcritérios cresce, aumenta a necessidade de organizar esses elementos em uma estrutura que facilite o entendimento e a análise daquilo que está sendo proposto.

No caso do método do TRE-RJ, acredito que a utilização de estruturação hierárquica teria facilitado a concepção do método de planejamento de entregas.

*5.2.3.3 Quais as vantagens e desvantagens de utilizar a comparação aos pares para definir os pesos dos critérios e as pontuações dos subcritérios?*

A atribuição de pesos e pontuações é uma das instâncias que apresentam as maiores dificuldades na elaboração de um método de planejamento de entregas. Essas dificuldades se tornam ainda maiores quando aquilo que está sendo comparado são intangíveis.

A comparação par a par facilita a obtenção desses pesos e pontuações, já que os profissionais envolvidos no planejamento de entregas só precisam considerar dois elementos de cada vez.

Além disso, a comparação par a par faz com que o processo seja altamente transparente. Em outras palavras, os profissionais envolvidos conseguem identificar claramente porque um determinado critério ou subcritério é mais ou menos relevante do que outro. Para isso, basta seguir a sequência de comparações envolvendo os elementos em questão.

Na elaboração do método de planejamento de entregas do TRE-RJ, não foi utilizada a comparação par a par. Pode ser importante mencionar que essa etapa da elaboração do método foi uma das mais complexas, exigindo elevado esforço por parte dos profissionais envolvidos no planejamento.

O i-Plan utiliza comparação par a par. Em consequência disso, é de se esperar que a atribuição de pesos e pontuações seja facilitada. Contudo, o uso desse

método deveria vir acompanhado de um treinamento adequado e de ferramentas que automatizem os cálculos a serem realizados.

#### *5.2.3.4 Qual a importância de identificar inconsistências ao avaliar critérios e benefícios intangíveis?*

Uma vez que benefícios intangíveis dependem de percepções abstratas da realidade, é de se esperar que alguma inconsistência seja introduzida no processo. Afinal, não se tratam de elementos que são facilmente quantificados, tais como peso, altura, duração, receita, despesa etc.

Nesse contexto, a existência de um método para identificar inconsistências se torna uma ferramenta da maior relevância.

Na elaboração do método de planejamento de entregas do TRE-RJ não se utilizou de um método direto de avaliação de inconsistências.

Na época utilizamos um método indireto. Alguns poucos projetos foram submetidos ao método para verificar se ele estava funcionando adequadamente. Alguns ajustes nos pesos foram feitos em decorrência desse processo.

O i-Plan utiliza um método de identificação de inconsistências baseado no AHP. Isso é positivo, uma vez que evita a propagação dessas inconsistências.

Por outro lado, uma quantidade pequena de projetos também pode ser utilizada para verificar a adequabilidade do método.

*5.2.3.5 Qual o mérito de orientar as decisões de planejamento de entregas pela eficiência?*

O processo democrático faz com que os representantes do povo prometam de forma recorrente a fazer mais com os mesmos recursos ou fazer a mesma coisa com menos recursos.

Em outras palavras, eles prometem acabar com o desperdício e/ou aumentar a qualidade e quantidade de serviços sem elevar os impostos.

Isso decorre da visão que a população tem do que seria o governo ideal.

Portanto, todos os métodos de investimento no setor público, sejam eles voltados para a área de TIC ou não, deveriam considerar a eficiência dos investimentos a serem realizados.

O método de avaliação do TRE-RJ não considera a eficiência desses investimentos. O i-Plan considera.

*5.2.3.6 Por que um método de planejamento de entregas deve ser capaz de tratar um grande número de projetos e funcionalidades?*

Quando um método de planejamento de entregas tem sucesso, é natural que os profissionais envolvidos comecem a utilizá-lo em uma escala cada vez maior. Isso envolve tanto o aumento do número de projetos a serem avaliados quanto o número de funcionalidades propiciadas em cada um desses projetos.

Nesse quesito, o método de planejamento utilizado pelo TRE-RJ tem uma

performance bastante adequada. Mesmo para um número de projetos e funcionalidades grande, o esforço para utilizar o método cresce de forma linear.

Entretanto, é importante mencionar que o método de planejamento de entregas não considera a eficiência dos investimentos a serem realizados. Isso torna o processo mais simples e favorece a linearidade.

Por sua vez, o i-Plan disponibiliza um mecanismo de cunho estatístico para lidar com um grande número de projetos e funcionalidades.

Contudo, é importante mencionar, que ao considerar a eficiência dos investimentos, o i-Plan se propõe a tratar cenários que são não somente mais realistas, mas também mais complexos.

#### 5.2.3.7 *É viável usar o i-Plan como método de planejamento de entregas no setor público?*

O i-Plan traz importantes novidades para o planejamento de entregas em portfólios de projetos ágeis de *software* no setor público.

Ele possibilita que os profissionais envolvidos no planejamento possam considerar critérios e benefícios (tangíveis e intangíveis), e a eficiência dos investimentos a serem realizados.

Entretanto, o i-Plan utiliza métodos e conceitos que não são comuns entre os profissionais de computação. Por exemplo, o AHP e o DEA.

O i-Plan é viável de ser utilizado no setor público. Contudo, o uso desse

método e da ferramenta deveriam vir acompanhado de um treinamento adequado e de ferramentas que automatizem os cálculos a serem realizados.

## 5.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO COMPUTACIONAL

### 5.3.1 Considerações iniciais

De forma genérica, o i-Plan se propõe a identificar o ciclo de entrega mais eficiente para um dado conjunto de funcionalidades a serem desenvolvidas.

Esse problema, no pior caso, é exponencial. Isso ocorre quando as funcionalidades a serem desenvolvidas não possuem nenhuma relação de precedência entre si.

Por exemplo, considere um cenário no qual existam  $n$  funcionalidades para serem desenvolvidas de tal forma que:

- essas funcionalidades requerem o mesmo tempo de desenvolvimento;
- a duração de cada um dos  $qce$  ciclos de entrega corresponde ao tempo de desenvolvimento de somente uma funcionalidade;
- existem tantos ciclos de entrega quantos forem as funcionalidades a serem desenvolvidas ( $qce = n$ );
- não existe relação de precedência entre essas funcionalidades; e
- o capital disponível para investimento é suficiente para desenvolver todas as funcionalidades.

A Tabela 5.2 relaciona, para esse cenário, a quantidade de funcionalidades com a quantidade de planos de entregas viáveis.

Tabela 5.2: Quantidades de funcionalidade e de planos de entrega no pior caso.

Quantidade de funcionalidades	Quantidade de planos de entrega
3	6
4	24
5	120
6	720
7	5.040
8	40.320
9	362.880
10	3.628.800
11	39.916.800
12	479.001.600
13	6.227.020.800
14	87.178.291.200
15	1.307.674.368.000
⋮	⋮

Observe que, no cenário que estamos considerando, a quantidade de planos de entrega possíveis é dada pelo fatorial de  $n$ .

No caso geral, o limite superior da quantidade de planos de entrega, ou seja, a complexidade do problema, é representada por:

$$\begin{aligned} \text{Complexidade} &= \frac{n!}{(n - c_1)!} \times \frac{(n - c_1)!}{(n - c_1 - c_2)!} \times \dots \times \frac{(n - c_1 - c_2 - \dots - c_{qce-1})!}{(n - c_1 - c_2 - \dots - c_{qce})!} \\ &= \frac{n!}{(n - c_1 - c_2 - \dots - c_{qce})!}, \end{aligned}$$

onde  $c_1, c_2, \dots, c_{qce}$  representam, respectivamente, as quantidades de funcionalidades nos ciclos de entrega 1, 2, ...,  $qce$ .

Portanto, por mais bem idealizado que um método de planejamento de entrega que considere a eficiência possa ser, no pior caso, a capacidade desse método

de lidar de forma exaustiva com  $n$  planos de entrega será extremamente reduzida.

A boa notícia é que casos como esse não ocorrem com frequência no mundo real. Na seção a seguir, apresentamos uma avaliação do desempenho computacional para cenários mais próximos da realidade das organizações do setor público.

Entretanto, é importante mencionar que para casos exponenciais, o i-Plan oferece uma abordagem estatística que provê de forma rápida resultados muito próximos àqueles que teriam sido obtidos considerando, exaustivamente, todos os planos de entrega viáveis.

### 5.3.2 Avaliação mais próxima da realidade das organizações públicas

Conforme mencionado na Seção 5.2, o estudo de caso do i-Plan contou com a colaboração de um profissional do Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro.

Durante as interações com esse profissional, identificamos um cenário típico para o planejamento de entregas daquela organização. Esse cenário possui as seguintes características:

- podem ser executados até 3 projetos simultaneamente;
- o *backlog* de cada projeto possui, em geral, entre 15 e 20 funcionalidades;
- o tempo necessário para implementar cada funcionalidade varia entre 1 e 8 dias;
- em cada projeto as funcionalidades possuem uma sequência de desenvolvimento, que é definida pelo *product owner* de cada projeto;

- o planejamento é realizado para o próximo ciclo de entrega ou para os dois próximos ciclos;
- os ciclos de entrega possuem duração de 15 dias;
- existe capital suficiente para desenvolver todas funcionalidades;

Para efeito desse cenário, em uma primeira avaliação, adotamos os seguintes parâmetros:

- 3 projetos são executados simultaneamente;
- cada projeto possui 20 funcionalidades no *backlog*;
- a ordem de precedência para o desenvolvimento das funcionalidades é compatível com a que teria sido definida pelos *project owners*;
- os ciclos de entrega têm duração de 15 dias;
- o planejamento foi realizado considerando 2 ciclos de entrega;
- existe capital suficiente para executar todas as funcionalidades;
- os benefícios tangíveis e intangíveis são aqueles citados na Seção 5.2.1.1.

A Tabela 5.3 apresenta detalhes sobre as funcionalidades a serem implementadas, tais como: duração, investimento, benefícios tangíveis e benefícios intangíveis e ordem de precedência entre as funcionalidades.

Uma segunda avaliação foi realizada com o objetivo de analisar um caso de grande complexidade de planejamento no âmbito do TRE-RJ.

Tabela 5.3: Funcionalidades e seus atributos.

Id da funcionalidade	Duração (dias)	Investimento (R\$1.000)	Benefício tangível (R\$1.000)	Benefício intangível (%)	Id da predecessora
f1	8	2,5	19,8	2,47	
f2	5	3,5	17,6	1,79	f1
f3	5	2,4	6,6	2,54	f2
f4	6	1,4	16,7	1,66	f3
f5	4	1,9	5,5	0,68	f4
f6	2	3,4	1,7	1,45	
f7	4	1,8	6,9	0,86	f6
f8	4	1,4	12,7	3,65	f7
f9	4	1,2	20	0,74	f8
f10	3	2,8	2,2	1,98	f9
f11	5	2,8	18,5	3,43	
f12	4	1,6	2,9	0,75	f11
f13	5	4,1	3,7	0,77	f12
f14	3	0,4	14,6	1,31	f13
f15	5	4,9	8,9	3,6	f14
f16	1	1,3	17	1,04	
f17	2	4,3	3,4	1,85	f16
f18	4	1	17,5	0,91	f17
f19	3	2,2	18,9	1,83	f18
f20	7	4,8	10,9	1,02	f19
f21	5	0,8	14,2	0,49	
f22	4	4,8	14,8	2,63	f21
f23	6	3,6	2,3	1,17	f22
f24	5	1,4	0	1,02	f23
f25	4	4,5	4,7	1,79	f24
f26	4	4,2	10,4	3,05	
f27	6	2,3	20	2,52	f26
f28	2	3,9	14,5	0,55	f27
f29	3	0,9	14	0,89	f28
f30	4	4,5	0	0,99	f29
f31	4	3,4	13,6	0,33	
f32	2	3,5	18,3	2,59	f31
f33	3	3,7	9,8	1,57	f32
f34	2	2,3	18,9	1,66	f33
f35	4	1,9	9,8	0,58	f34
f36	4	1,1	3,6	1,45	
f37	2	1,7	7	2,74	f36
f38	5	1,3	0	1,95	f37
f39	5	2,6	17,9	3,05	f38
f40	3	1,3	7,8	0,89	f39
f41	2	3,2	19,4	2,01	
f42	6	2,5	1,9	1,65	f41
f43	2	0,7	3,6	2,87	f42
f44	5	2,8	6,2	0,76	f43
f45	5	0,6	9,7	1,17	f44
f46	4	4,1	7,5	0,61	
f47	7	4,3	4,2	3,97	f46
f48	8	2,1	5,8	2,52	f47
f49	4	2,4	6,6	0,55	f48
f50	3	5	14,6	3,24	f49
f51	6	1	4,1	0,49	
f52	5	1,3	4,2	0,54	f51
f53	6	1,4	6,3	1,17	f52
f54	5	3,1	11,7	0,82	f53
f55	5	1,4	10,4	3,24	f54
f56	3	2,5	0	1,46	
f57	3	0,1	3,3	3,11	f56
f58	4	1,8	8,7	1,02	f57
f59	2	0,8	4,3	0,84	f58
f60	3	4,7	3,5	1,73	f59

Nessa avaliação, foram utilizados os mesmos parâmetros da avaliação anterior à exceção da ordem de precedência entre as funcionalidades. Nesse caso, foi considerado que as funcionalidades poderiam ser desenvolvidas em qualquer ordem. Em consequência disso, é de se esperar que o número de planos de entrega viáveis aumente consideravelmente.

### 5.3.3 Resultados da avaliação de desempenho computacional

A ferramenta i-Plan foi alimentada com os dados apresentados na Tabela 5.3. Em consequência disso, utilizando a facilidade de enumeração completa de planos de entrega, o i-Plan identificou 49.691 planos de entrega viáveis.

Dentre esses planos, 37 compuseram a fronteira de eficiência, isto é, foram considerados como sendo eficientes. A Tabela 5.4 mostra esses planos. Para atingir esse resultado o i-Plan levou 1 hora e 52 minutos.

Em seguida, a ferramenta foi alimentada com os parâmetros que representam o caso atípico para o TRE-RJ, isto é, foram utilizados os dados presentes na Tabela 5.3 à exceção da ordem de precedência.

Após aguardar 24 horas para a obtenção dos resultados, optamos por interromper a execução da ferramenta.

Decidimos então utilizar a abordagem estatística do i-Plan, com uma amostra aleatória de 2.000 planos de entrega.

A Tabela 5.5 mostra alguns dos planos de entrega que mais se destacaram na abordagem estatística. Note que essa tabela apresenta para cada plano de entrega a

Tabela 5.4: Planos de entrega eficientes da população.

Id do Plano de entrega	Funcionalidades em cada ciclo de entrega	
	CE <sub>1</sub>	CE <sub>2</sub>
PE <sub>49274</sub>	f6, f11, f16, f41, f56, f17	f26, f31, f32, f33, f34
PE <sub>49572</sub>	f6, f16, f31, f17, f32, f18	f11, f33, f19, f34, f41
PE <sub>49691</sub>	f6, f16, f31, f36, f41, f17	f56, f32, f37, f57, f33, f34
PE <sub>48643</sub>	f16, f31, f41, f32, f33, f34	f26, f27, f28, f29
PE <sub>48617</sub>	f16, f31, f41, f17, f32, f18	f11, f33, f19, f34
PE <sub>48215</sub>	f16, f31, f36, f41, f32, f37	f11, f26, f33, f34
PE <sub>49641</sub>	f16, f31, f36, f41, f32, f37	f26, f56, f33, f57, f34
PE <sub>34396</sub>	f16, f31, f41, f32, f33, f34	f11, f26, f27
PE <sub>48623</sub>	f16, f31, f41, f17, f32, f18	f21, f33, f19, f34
PE <sub>44789</sub>	f6, f11, f16, f41, f56, f17	f26, f7, f57, f8
PE <sub>44795</sub>	f6, f11, f16, f41, f56, f17	f26, f42, f57, f43
PE <sub>48212</sub>	f16, f31, f36, f41, f32, f37	f11, f21, f33, f34
PE <sub>48214</sub>	f16, f31, f36, f41, f32, f37	f11, f26, f56, f57
PE <sub>33818</sub>	f16, f31, f36, f41, f32, f37	f11, f26, f27
PE <sub>48865</sub>	f16, f36, f41, f56, f17, f57	f11, f42, f43, f37
PE <sub>47389</sub>	f6, f16, f36, f41, f56, f57	f11, f7, f8, f37
PE <sub>34980</sub>	f16, f36, f41, f56, f37, f57	f11, f26, f27
PE <sub>22250</sub>	f11, f16, f21, f41, f17	f1, f18, f19
PE <sub>34997</sub>	f16, f36, f41, f56, f37, f57	f11, f38, f39
PE <sub>23305</sub>	f11, f16, f36, f41, f37	f21, f38, f39
PE <sub>4402</sub>	f11, f16, f36, f41, f37	f1, f21
PE <sub>23515</sub>	f11, f16, f36, f56, f37	f57, f38, f39
PE <sub>8526</sub>	f1, f16, f36, f37	f11, f38, f39
PE <sub>13187</sub>	f11, f36, f56, f37	f57, f38, f39
PE <sub>1953</sub>	f11, f16, f41, f51	f1, f21
PE <sub>23462</sub>	f11, f16, f36, f56, f37	f21, f57, f38
PE <sub>8505</sub>	f1, f16, f36, f37	f11, f21, f38
PE <sub>8638</sub>	f1, f16, f56, f57	f11, f21, f36
PE <sub>13172</sub>	f11, f36, f56, f37	f21, f57, f38
PE <sub>3120</sub>	f36, f56, f37, f57	f1, f38
PE <sub>1833</sub>	f11, f16, f21, f36	f56, f57
PE <sub>409</sub>	f1, f11, f16	f21, f51
PE <sub>31</sub>	f11, f21, f56	f57
PE <sub>161</sub>	f16, f21, f56, f57	f36
PE <sub>58</sub>	f51, f56, f57	f36
PE <sub>40</sub>	f21, f51, f56	f57
PE <sub>38</sub>	f21, f36, f51	f16

eficiência estimada e o intervalo de confiança dessa eficiência. Para o cálculo desse intervalo foi considerado um grau de confiança de 95%. Para atingir esse resultado o i-Plan levou 18 minutos.

Tabela 5.5: Alguns dos planos de entrega que obtidos através da abordagem estatística do i-Plan, suas eficiências médias e seus respectivos intervalos de confiança.

Id do plano de entrega	Funcionalidades em cada ciclo de entrega		Eficiência estimada (%)	Intervalo de confiança (%)	
	CE <sub>1</sub>	CE <sub>2</sub>		Inferior	Superior
PE <sub>933</sub>	f26, f32, f33, f50, f57	f8, f16, f24, f40, f43	98,1	95,8	99,6
PE <sub>667</sub>	f6, f12, f16, f21, f57	f8, f11, f37, f41, f43	97,0	94,4	98,9
PE <sub>1668</sub>	f16, f19, f29, f32, f34, f37, f43	f5, f40, f50, f55	96,7	94,8	98,9
PE <sub>1652</sub>	f16, f17, f19, f29, f31, f34	f21, f22, f25, f32	96,6	94,7	97,7
PE <sub>975</sub>	f15, f34, f37, f50, f57	f10, f11, f16, f41, f58	96,0	93,2	98,5
PE <sub>10</sub>	f6, f16, f29, f32, f34, f45	f2, f8, f33, f50	96,0	94,3	97,0
PE <sub>1828</sub>	f3, f6, f43, f56, f57	f16, f34, f39, f55, f59	95,9	93,5	97,7
PE <sub>1575</sub>	f6, f14, f16, f39, f41, f43	f1, f11, f32	95,9	94,0	97,3
PE <sub>1854</sub>	f27, f36, f41, f57	f14, f16, f28, f37, f43, f55	95,6	93,1	98,2
PE <sub>381</sub>	f8, f29, f32, f37, f41, f43	f16, f40, f44, f55	95,3	93,4	96,9
PE <sub>1088</sub>	f23, f37, f43, f55	f8, f10, f16, f17, f29, f32	95,2	93,2	96,5
PE <sub>1041</sub>	f9, f11, f14, f16, f37	f27, f28, f34, f55	95,0	92,0	98,0

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 DISCUSSÃO

No início desta tese nos propusemos a apresentar um método para o planejamento de entregas em projetos ágeis de *software* no setor público que levasse em consideração os benefícios tangíveis e, de maneira explícita, os benefícios intangíveis proporcionados por essas entregas. Além disso, esse método deveria orientar as decisões pela eficiência dos investimentos a serem realizados.

A seguir, discutimos as principais questões que nortearam este trabalho e suas implicações para os tomadores de decisões no setor público, para as políticas de investimento de recursos públicos em tecnologia e para os pagadores de impostos.

#### **6.1.1 Por que é importante considerar a eficiência na tomada de decisão envolvendo recursos públicos?**

Obter mais benefícios a partir de uma carga de impostos cada vez menor parece ser um desejo comum entre cidadãos de qualquer país, especialmente naqueles em que o regime democrático regula a relação com o governo.

No regime democrático, os representantes eleitos pelo povo tendem a permanecer no poder por um período limitado de tempo. Além disso, os representantes eleitos no poder executivo têm o seu trabalho fiscalizado tanto pelos representantes do povo no poder legislativo quanto pelos funcionários do poder judiciário.

Como consequência disso, os tomadores de decisão no setor público frequentemente encontram-se sob pressão para reduzir gastos ao mesmo tempo que aumentando a qualidade dos serviços oferecidos à população. Em outras palavras, espera-se que esses tomadores de decisão façam um investimento eficiente dos recursos provenientes dos impostos.

Deve-se notar que governo não visa o lucro. Ele tem por objetivo aumentar o bem estar da população em geral.

Nesse contexto, tanto os benefícios tangíveis quanto os benefícios intangíveis decorrentes dos projetos executados pelo governo têm papel relevante na tomada de decisão. Por exemplo, ao mesmo tempo em que os cidadãos esperam que uma ponte seja construída com menor investimento possível, eles desejam que ela traga progresso, que facilite o deslocamento, que melhore as condições de vida da região na qual foi construída e que possua um *design* que permita que eles se orgulhem da sua construção.

Tudo isso indica que a tomada de decisão baseada na eficiência dos investimentos a serem realizados e nos benefícios tangíveis e intangíveis a serem produzidos deve nortear as decisões de planejamento e execução de projetos no setor público.

### **6.1.2 Por que os praticantes de métodos ágeis no setor público devem adotar o i-Plan?**

Os pagadores de impostos esperam que seus representantes nas várias esferas de governo utilizem os recursos oriundos da arrecadação da forma mais eficiente possível.

Entretanto, as revisões de literatura realizadas no escopo dessa tese revelaram uma lacuna nos métodos de planejamento de entrega em projetos ágeis de *software*. Os métodos existentes até o momento em que essas revisões foram realizadas não levavam em consideração nem os benefícios intangíveis propiciados pelos investimentos de forma explícita nem a eficiência desses investimentos.

Uma das principais características dos métodos ágeis é entregar, de forma contínua, funcionalidades de *software* que propiciem benefícios aos seus clientes e/ou usuários. Isso é obtido através da manutenção do alinhamento entre os objetivos dos projetos de desenvolvimento de *software* e os objetivos desses clientes e/ou usuários, ao longo de todo ciclo de vida de desenvolvimento.

O método i-Plan viabiliza e incentiva que os benefícios tangíveis e, explicitamente, os benefícios intangíveis esperados pelos clientes e/ou usuários possam ser considerados durante planejamento de entregas de um portfólio de projetos ágeis de *software* no setor público.

Além disso, o método permite que as decisões de investimento em projetos dessa natureza sejam tomadas levando em consideração a eficiência do investimento necessária para a obtenção desses benefícios.

### **6.1.3 É necessário treinamento para utilizar o i-Plan?**

Sim. Os métodos nos quais o i-Plan se baseia (AHP, DEA e *bootstrapping*) não costumam fazer parte do currículo dos cursos de graduação e pós-graduação em ciência da computação e correlatos. Sendo assim, é provável que os profissionais de TIC não conheçam ou não estejam familiarizados com esses métodos.

Entretanto, existe uma ampla literatura sobre esses métodos no formato de livros e artigos. Além disso, programas de treinamento estão disponíveis na modalidade tanto presencial quanto à distância.

Ademais, a ferramenta de *software* i-Plan, que foi desenvolvida durante a elaboração dessa tese, facilita o uso do método e reduz a necessidade de conhecimento mais aprofundado dos métodos AHP, DEA e *bootstrapping*.

No que diz respeito a métodos ágeis de gestão de desenvolvimento de *software*, tais métodos estão amplamente difundidos em cursos relacionados à ciência da computação. Em adição, eles são cada vez mais conhecidos por profissionais de outras áreas que possuem algum tipo de interesse em desenvolvimento de *software*.

De maneira similar ao AHP, DEA e *bootstrapping*, uma ampla literatura está disponível sobre métodos ágeis de gestão de desenvolvimento de *software*. Além disso, existe uma quantidade crescente de cursos sobre esse tema no mercado, tanto na forma presencial, quanto à distância.

#### **6.1.4 É viável utilizar o i-Plan na prática?**

O i-Plan é um método de planejamento de entregas que considera 3 dimensões para orientar os investimentos a serem realizados: benefícios tangíveis, benefícios intangíveis e investimento.

Além disso, o método possibilita que os profissionais envolvidos no planejamento de entregas possam considerar a eficiência dos investimentos a serem realizados. Em outras palavras, ele possibilita que mais objetivos sejam atingidos com o mesmo investimento ou que o mesmo conjunto de objetivos seja atingido com

investimento menor ou ambos.

Para facilitar o uso do i-Plan foi desenvolvido uma ferramenta que automatiza os cálculos necessários para utilização do método. Além disso, uma variedade de treinamentos e uma ampla literatura estão disponíveis sobre o ferramental matemático no qual o método se baseia.

O método foi apresentado em detalhes ao Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro (TRE-RJ), uma instituição onde anualmente são desenvolvidas mais de 350 funcionalidades relacionadas aos diversos projetos que compõem o portfólio de projetos de *software* do TRE-RJ.

Pode ser importante mencionar que o TRE-RJ vem utilizando métodos ágeis de desenvolvimento de *software* para implementar seus projetos há pelo menos 7 anos.

Por ocasião da apresentação do i-Plan, o TRE-RJ foi representado pelo chefe da Seção de Desenvolvimento de Sistemas de Informação, um profissional com sólida formação acadêmica em computação e mais de 15 anos de experiência profissional no setor público.

Com ajuda desse profissional, o i-Plan foi comparado ao método de planejamento de entregas utilizado no TRE-RJ. Não somente o i-Plan se mostrou superior àquele método, mas o seu uso foi considerado totalmente factível pelo profissional em questão.

Em adição, a análise do desempenho computacional da ferramenta i-Plan mostrou a capacidade dessa ferramenta em analisar uma grande quantidade de projetos e funcionalidades.

Tudo isso nos permite afirmar que o uso do i-Plan no setor público é, sem dúvida, viável.

#### **6.1.5 Quais as vantagens em estruturar hierarquicamente os benefícios intangíveis propiciados por entregas de um portfólio de projetos ágeis?**

Existem dois aspectos que são importantes de serem considerados na avaliação de benefícios intangíveis: a quantidade de benefícios a serem avaliados e a relevância desses benefícios.

Se a quantidade de benefícios a serem analisados é pequena, então é de se esperar que os avaliadores não encontrem grandes dificuldades em determinar a intensidade como cada um desses benefícios agrega valor a projetos e funcionalidades.

Por outro lado, se a quantidade de benefícios for grande, a intensidade com a qual essa agregação de valor é realizada pode não ser clara, levando o avaliador a sobre ou subestimar a contribuição de cada benefício.

Para lidar com essa questão, Saaty (SAATY, 2008) propõe que a estrutura hierárquica que, de forma natural, existe entre os benefícios intangíveis, seja explicitada.

Dessa forma, os avaliadores são capazes de captar mais facilmente como os benefícios intangíveis se combinam em hierarquias para agregar valor ao objeto da avaliação.

Vale ressaltar que a estruturação hierárquica nesse tipo de problema repre-

senta um dos fundamentos da *teoria da tomada de decisão* (GLASER, 2002).

O mesmo fenômeno ocorre com a avaliação da relevância relativa de cada benefício. Se a quantidade de benefícios for pequena, a avaliação das suas relevâncias tende a não apresentar grandes dificuldades.

Contudo, a complexidade dessa avaliação aumenta rapidamente com o número de benefícios a serem considerados. Nesse caso, Saaty (*op. cit.*) propõe que esses benefícios sejam comparados dois a dois dentro das dimensões hierárquicas a que pertencem.

Em adição, essas dimensões também são comparadas duas a duas para facilitar a obtenção do resultado final.

Além disso, Saaty (*op. cit.*) divisou um mecanismo para detectar eventuais inconsistências na avaliação de benefícios intangíveis. Todos esses aspectos foram incorporados ao AHP e, em consequência disso, estão presentes no i-Plan.

É importante mencionar que, durante o estudo de caso do i-Plan, foi constatado que nenhum desses aspectos estão presentes no método utilizado pelo TRE-RJ. Uma consequência interessante disso é o fato de os critérios utilizadas para valorar os projetos e funcionalidades não estarem agrupados em dimensões.

Por exemplo, os critérios “Abrangência”, “Impacto no processo de trabalho” e “Alinhamento estratégico” derivam o seu valor da importância do processo que vai ser automatizado.

Por outro lado, os critérios “Estruturação do processo de trabalho” e “Disponibilidade de infraestrutura” dizem respeito a recursos (técnicos e não técnicos) que,

se estiverem presentes, facilitarão a automação do processo.

Finalmente, o critério “Determinação legal” está relacionado à visão da sociedade no que diz respeito ao papel a ser desempenhado pelo TRE-RJ como um órgão da administração pública.

Portanto, o método utilizado no TRE-RJ considera 3 dimensões para determinação daquilo que vai ser feito: importância do processo, recursos (técnicos e não técnicos) e visão da sociedade. A Tabela 6.1 apresenta essas dimensões e seus respectivos pesos absolutos e relativos.

Tabela 6.1: Dimensões e pesos.

Dimensão	Peso	
	Absoluto	Relativo
Importância do processo	$1 + 3 + 4 = 8$	$\frac{8}{21} = 38,1\%$
Recursos (técnicos e não técnicos)	$2 + 6 = 8$	$\frac{8}{21} = 38,1\%$
Visão da sociedade	5	$\frac{5}{21} = 23,8\%$
<b>Total:</b>	21	100,0%

Podemos notar que a dimensão de menor importância relativa é a visão da sociedade, com peso 0,238 ou 23,8%. Por outro lado, as outras duas dimensões tem o mesmo peso.

O mesmo tipo de análise pode ser feito com os critérios. Por exemplo, considere os critérios da dimensão “Importância do processo”. A Tabela 6.2 apresenta esses critérios e seus respectivos pesos absolutos e relativos.

Nesse caso, pode-se notar que a subdimensão que tem a menor importância é a abrangência, com peso 0,125 ou 12,5%. Em adição, a subdimensão alinhamento estratégico é aquela que tem o maior peso.

Tabela 6.2: Critérios da dimensão *Importância do processo*.

Critério	Peso	
	Absoluto	Relativo
Abrangência	1	$\frac{1}{8} = 12,5\%$
Impacto no processo de trabalho	3	$\frac{3}{8} = 37,5\%$
Alinhamento estratégico	4	$\frac{4}{8} = 50,0\%$
<b>Total:</b>	8	100%

O AHP faz com que as análises que acabaram de ser feitas sejam realizadas de forma natural, uma vez que as dimensões, critérios e subcritérios se relacionam em uma estrutura hierárquica.

Note que, em cada dimensão dessa hierarquia, a soma dos pesos é 1 ou 100%. Em consequência disso, é mais fácil identificar quais são os critérios que são mais relevantes e menos relevantes.

Isso permite que os profissionais envolvidos no planejamento de entregas possam analisar mais prontamente se as dimensões, critérios e subcritérios são adequados e se os pesos atribuídos a eles estão em sintonia com ambiente no qual os projetos e funcionalidades serão desenvolvidos.

Esse tipo de análise não foi feita de maneira explícita pelos profissionais envolvidos no planejamento de entregas do TRE-RJ. Isso decorre do fato do método utilizado por esses profissionais não contemplar a criação de uma estrutura hierárquica de critérios.

### **6.1.6 Qual o mérito de utilizar o AHP para determinar a relevância relativa entre os benefícios intangíveis proporcionados pelas entregas?**

No método de planejamento utilizado pelo TRE-RJ, os pesos dos critérios e as pontuações dos subcritérios foram determinadas de forma empírica sem que fosse utilizado para isso um método específico.

O processo que levou à definição desses pesos e pontuações é muito difícil de ser reproduzido. Ele se utilizou da comparação de vários elementos simultaneamente, sem que se tivesse a preocupação de comparar elementos que pertencem a mesma dimensão.

Dessa forma, esses pesos e pontuações tendem a ser mais difíceis de serem justificados, ficando mais vulneráveis diante das possíveis críticas de técnicos e administradores.

A fim de tratar esse tema, Saaty (SAATY, 2003b), e por consequência o i-Plan, propõem que inicialmente os elementos de uma mesma dimensão sejam comparados aos pares, utilizando a escala fundamental apresentada na Tabela 2.1, página 32.

Em seguida, os elementos das diferentes dimensões que compõem o critério de decisão, são comparados entre si, para produzir o resultado final, isto é, o índice de relevância ponderado.

O processo proposto por Saaty, sempre ocorre da mesma forma. Ele é fácil de ser realizado e é feito de forma clara e transparente.

Além disso, eventuais inconsistências entre os elementos que estão sendo com-

parados, podem ser facilmente detectados com o auxílio do índice de consistência (ver Seção 2.2.1, página 29).

### **6.1.7 Qual é o ganho oferecido pela capacidade do i-Plan de detectar eventuais inconsistências que possam acontecer durante a comparação aos pares dos benefícios intangíveis?**

Quando a quantidade de elementos a serem comparados é reduzida, as chances de ocorrerem inconsistências nessas comparações são pequenas. Entretanto, na medida em que o número de elementos que estão sendo comparados cresce, as chances de que essas inconsistências possam aparecer aumentam substancialmente.

Essas inconsistências decorrem principalmente da quebra da transitividade entre os elementos que estão sendo comparados.

Por exemplo, se um elemento A é mais relevante que um elemento B e B é mais relevante que um elemento C, então é de se esperar que A seja muito mais relevante do que o elemento C. Quando isso não ocorre, diz-se que o processo de comparação apresenta inconsistência.

Decisões tomadas a partir de comparações consistentes (ou com pequenas inconsistências) tendem a refletir de forma mais realista o ambiente de negócio onde as decisões estão sendo tomadas.

Note que, segundo o avaliador, o método utilizado pelo TRE-RJ não utilizou comparação aos pares para determinar os pesos dos critérios e as pontuações dos subcritérios.

Uma consequência interessante da não utilização da comparação par a par é o fato dos pesos atribuídos aos critérios aumentarem linearmente de 1 em 1.

Por exemplo, o critério com menor peso é “Abrangência”, que tem peso 1. Ele é seguido pelo critério “Estruturação do processo de trabalho”, que tem peso 2. O critério seguinte é o “Impacto no processo de trabalho”, que tem peso 3, e assim por diante.

Embora não se possa afirmar *a priori* que esses pesos são inadequados, as chances de eles refletirem a realidade do ambiente em que as decisões sob projetos e funcionalidades são tomadas é pequena. Isso ocorre, por que dificilmente critérios pertencentes a um mesmo conjunto se relacionam de maneira linear de 1 em 1.

## 6.2 LIMITAÇÕES

### 6.2.1 Reinvestimento de recursos financeiros

De acordo com Denne & Cleland-Huang (DENNE; CLELAND-HUANG, 2003) o retorno dos investimentos propiciados por um portfólio de projetos de *software* aumenta significativamente quando os recursos financeiros gerados por um projeto podem ser utilizados para financiar o desenvolvimento de outros projetos.

Ao longo do tempo, essas ideias foram expandidas e aperfeiçoadas por Alencar *et al.* (ALENCAR *et al.*, 2014), Mattos *et al.* (MATTOS *et al.*, 2014), Andrade *et al.* (SOUZA ANDRADE *et al.*, 2016), Fernandes *et al.* (FERNANDES *et al.*, 2014) dentre outros.

Embora essas ideias sejam interessantes, elas são difíceis de serem aplicadas

ao setor público brasileiro como um todo. Isso decorre do fato de que os recursos arrecadados por um órgão público são, em geral, remetidos ao tesouro nacional e redistribuídos de acordo com a política vigente.

Um exemplo característico dessa situação ocorreu recentemente quando faltaram recursos para emissão de passaportes pela Polícia Federal (Jornal O Globo, 2017). Apesar dos passaportes serem pagos pelos interessados, o tesouro nacional, autorizado pelo Câmara dos Deputados, teve que suplementar os recursos destinados à Polícia Federal para que os passaportes voltassem a ser emitidos.

O método i-Plan foi concebido para ser utilizado no setor público brasileiro e em setores públicos de outros países que sigam a mesma filosofia de alocação de recursos.

Portanto, o i-Plan considera que os recursos financeiros obtidos através das entregas de um projeto não podem ser utilizados para financiar o desenvolvimento de outros projetos.

### **6.2.2 Utilização do AHP e do DEA**

O i-Plan faz amplo uso de técnicas de otimização e de avaliação de benefícios intangíveis para determinar o plano de entrega mais eficiente. Mais especificamente, o i-Plan utiliza a análise envoltória de dados (DEA), técnicas estatísticas de *resampling* e o processo hierárquico analítico (AHP).

Embora esses temas não sejam particularmente difíceis de serem compreendidos, em geral, eles não são tratados diretamente nos cursos de ciência da computação e em cursos correlatos.

Portanto, para que o funcionamento do i-Plan possa ser compreendido em sua plenitude, os gestores e técnicos da área de computação deveriam se familiarizar com esses temas. Em outras palavras, algum tipo de treinamento precisa ser oferecido a esses profissionais.

Embora essa possa parecer uma limitação importante no uso do método, vale mencionar que existe uma ampla literatura tanto sobre DEA quanto sobre AHP na forma de livros (BOGETOFT; OTTO, 2015) e artigos (PESSANHA et al., 2015). Em adição, é possível encontrar com facilidade programas de treinamento tanto para técnicos quanto para gestores (STATISTICS EDUCATION, 2017), (SOCIAL & POLITICAL RESEARCH INC., 2017), (SOCIETY, 2017), (SCHOOL, 2017), (SIGMA, 2017), (TECHNOLOGY, 2017) e (INSTITUTE, 2017).

### **6.2.3 Valores das variáveis de entrada e saída**

No i-Plan, as variáveis utilizadas para determinar o plano de entrega mais eficiente têm que conter obrigatoriamente valores maiores do que zero. Essa limitação advém do uso da análise envoltória de dados (DEA).

Embora existam propostas para permitir que valores negativos sejam utilizados no DEA, essa facilidade não foi disponibilizada no i-Plan (SUEYOSHI; GOTO, 2013; SARKIS, 2007; THOMPSON; DHARMAPALA; THRALL, 1993).

### **6.2.4 Plataforma para execução da ferramenta**

Para que a ferramenta i-Plan possa ser utilizada é necessário que a plataforma de desenvolvimento de *software* estatístico R (MAILUND, 2017) esteja disponível

juntamente com os pacotes descritos na Seção 4.4, página 121.

Note que tanto a plataforma R quanto os pacotes que foram utilizados para a construção do i-Plan podem ser obtidos gratuitamente na internet no site <https://cran.r-project.org/>.

## 6.3 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

### 6.3.1 Reinvestimento de recursos financeiros

No Brasil é comum que os recursos financeiros oriundos de um projeto no setor público não possam ser usados diretamente para o financiamento de outros projetos dentro ou fora do mesmo setor de atividade. Em geral, recursos captados por um projeto voltam para o tesouro nacional para que sejam distribuídos posteriormente.

É possível que em outros países essas restrições sejam encaradas de forma diferenciada. Nesse caso, o financiamento de projetos no setor público poderia fazer uso de recursos captados por outros projetos.

Além disso, é possível que a legislação brasileira seja aperfeiçoada ao longo do tempo de forma a permitir o reaproveitamento de recursos.

Portanto, seria desejável que o i-Plan viesse a incorporar recursos (técnicas, métodos e conceitos) que permitissem lidar adequadamente com esse cenário.

### 6.3.2 Estudo de caso

As perguntas apresentadas ao TRE-RJ no sentido de determinar a viabilidade de uso do i-Plan foram estabelecidas pelo autor da tese. Essas perguntas tiveram como objetivo possibilitar que o avaliador pudesse identificar as vantagens e desvantagens do método e ponderar sobre a viabilidade de uso do i-Plan.

O modelo de aceitação tecnológica (em Inglês, *technology acceptance model* ou simplesmente TAM) pode ser usado para verificar a intenção de uso por possíveis usuários do i-Plan. O modelo permite verificar, de forma quantitativa, o fenômeno da adoção desta tecnologia, mensurando o impacto da utilidade e da facilidade percebidas pelos usuários sobre a intenção de uso da ferramenta (MARANGUNIC; GRANIC, 2015; SILVA, 2006; SOUZA DIAS, 2002).

### 6.3.3 Interface de usuário da ferramenta

Para que o uso i-Plan venha a ser difundido com facilidade entre os órgãos públicos que façam uso de desenvolvimento de *software*, seria conveniente que ele possuísse uma interface profissional.

Essa interface deveria facilitar tanto a entrada de dados quanto a análise dos resultados.

Como o i-Plan é uma ideia nova, é possível que a interface da ferramenta venha a se beneficiar de novas formas de captar dados e de apresentar resultados.

O projeto dessa interface tanto do ponto de vista do *design*, quanto da facilidade de uso e da experiência do usuário, está relacionada às áreas de projeto

e análise de interface humano-máquina e marketing em tecnologia. A análise e o desenvolvimento dessa interface poderia vir a fazer parte de um ou mais projetos de pesquisa.

#### 6.3.4 Supereficiência

Nem sempre o plano de entrega mais eficiente é único. Em algumas situações, vários planos de entrega podem ser corretamente identificados como sendo eficientes.

A literatura apresenta diversos trabalhos voltados para distinguir DMUs mais eficientes dentre aquelas que já são eficientes. Essas DMUs são chamadas de supereficientes (BANKER; CHANG; ZHENG, 2017).

Seria importante investigar como a ideia de supereficiência viria a impactar na seleção de planos de entrega de um portfólio de projetos ágeis de *software*.

### 6.4 CONCLUSÃO

Essa tese se fundamentou na idéia de que seria possível aperfeiçoar os modelos, métodos, *frameworks* e/ou práticas de avaliação de investimentos em portfólio de projetos ágeis de *software* no setor público.

Uma primeira revisão de literatura revelou que o setor público investe anualmente quantias consideráveis de recursos em TIC, tanto no Brasil quanto no resto do mundo.

Em adição, constatou-se que os projetos de TIC no setor público reque-

rem, obviamente, investimentos, gerando em contrapartida tanto benefícios tangíveis quanto benefícios intangíveis.

Além disso, os investimentos nessa área deveriam ser pautados pela eficiência. Em outras palavras, o cidadão comum deseja que o governo faça mais e melhor com os recursos que arrecada ou, alternativamente, faça o mesmo com menos recursos.

Finalmente, essa revisão de literatura revelou a inexistência de uma metodologia de análise de investimentos em projetos ágeis de *software* nesse setor, que leve em consideração, além dos benefícios tangíveis proporcionados por esses projetos, os benefícios intangíveis de forma explícita e que orientem as decisões pela eficiência dos investimentos a serem realizados.

Entretanto, uma metodologia de avaliação de investimentos deveria considerar as diversas etapas de desenvolvimento de *software*. O desenvolvimento dessa metodologia como um todo seria incompatível com o tempo disponível para a elaboração de uma tese de doutorado.

Optamos, portanto, por concentrar os nossos esforços em uma áreas mais críticas para a condução de projetos dessa natureza: o planejamento de entregas.

Com esse objetivo em mente, realizamos uma segunda revisão sistemática da literatura. Esse revisão procurou identificar que critérios de tomada de decisão são utilizados durante o planejamento de entregas, a fim de verificar como os benefícios tangíveis e intangíveis são tratados, assim como a eficiência dos investimentos para obtenção desses benefícios.

Essa segunda revisão constatou que nenhum método de planejamento de entregas considera tanto os benefícios tangíveis quanto, de forma explícita, os benefícios

intangíveis proporcionados por tais entregas.

Além disso, foi observado a inexistência de métodos que orientem as decisões pela eficiência dos investimentos a serem realizados para obtenção desses benefícios. Isso diz respeito tanto ao setor público quanto ao setor privado.

Tudo isso, revelou uma lacuna importante nos métodos de investimento em portfólio de projetos ágeis de *software* no setor público.

Essa tese contribui para preencher essa lacuna. Isso é feito através do i-Plan, um método que utiliza o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Tomas L. Saaty para lidar com benefícios intangíveis. Ademais, ele faz uso do *Data Envelopment Analysis* (DEA), desenvolvido por Abraham Charnes, William Cooper e Edwardo Rhodes, para tratar da eficiência dos investimentos a serem realizados.

Uma outra característica importante do i-Plan é a sua capacidade de lidar com a dinâmica de inclusões, exclusões e modificações de projetos e funcionalidades no *backlog* do portfólio.

Cada vez que uma dessas operações é realizada, o i-Plan analisa as diversas opções de desenvolvimento existentes no portfólio, indicando o plano de entrega mais eficiente.

A análise do desempenho computacional do i-Plan revelou que o método é capaz de analisar diretamente uma grande quantidade de projetos e funcionalidades. Em adição, ele utiliza recursos de *resampling*, desenvolvido por Ronald Fisher & Edwin Pitman, e de *bootstrap* DEA, proposta por Léopold Simar & Paul Wilson para lidar com cenários nos quais os projetos e funcionalidades são excepcionalmente numerosos.

Para auxiliar o uso do método foi desenvolvida uma ferramenta de *software* que realiza de forma automática a maioria das operações necessárias para a tomada de decisão.

A fim de constatar a sua viabilidade de uso, foi realizado um estudo de caso (YIN, 2011), onde o i-Plan foi comparado com o método de planejamento de entregas utilizado pelo Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro.

Essa comparação revelou a superioridade do i-Plan em diversas dimensões, tais como: avaliação de benefícios intangíveis de forma estruturada, detecção de inconsistências na avaliação de benefícios intangíveis, análise da eficiência relativa dos investimentos a serem realizados, entre outras.

Tudo isso torna o i-Plan um método extremamente atrativo para o planejamento de entregas em portfólio de projetos ágeis de *software* no setor público.

O i-Plan não é livre de limitações. Várias dessas limitações são listadas na Seção 6.2, página 164. Essas limitações deram origem a algumas das sugestões para trabalhos futuros apresentadas acima.

## 7 ANEXO

### 7.1 DEA COMO UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Em geral, uma DMU consome múltiplas entradas  $X = (x_1, x_2, \dots, x_s)$  e produz múltiplas saídas  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ . Nesse caso, a eficiência é definida pela fórmula

$$efici\ência = (u_1y_1 + u_2y_2 + \dots + u_my_m)/(v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_sx_s) = (U \cdot Y)/(V \cdot X),$$

onde  $V = (v_1, v_2, \dots, v_s)$  e  $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$  são os pesos associados respectivamente a cada entrada e a cada saída.

(CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) sugerem que os vetores  $U$  e  $V$  devem ser determinados através da resolução do seguinte problema de programação linear:

$$efici\ência = \min_{\lambda, \theta} \theta$$

sujeito a

$$\theta X \geq \sum_{j=1}^N \lambda_j X_j$$

$$Y_{j_0} \leq \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_j$$

$$\lambda_j \geq 0 \forall j = 1, \dots, j_0, \dots, N,$$

onde a função objetivo  $\theta = u_{1,j_0}y_1 + u_{2,j_0}y_2 + \dots + u_{m,j_0}y_m$  representa a eficiência da DMU  $j_0$ , que está sendo avaliada, e as restrições lineares representam todas as combinações de entrada e saída possíveis de serem produzidas segundo o modelo CRS orientado à entrada.

A DMU  $j_0$  será eficiente se  $\theta = 1$  e se todos os pesos forem positivos. Se  $\theta < 1$ , a DMU avaliada será ineficiente.

(PESSANHA et al., 2015) apresentam uma detalhada discussão das diversas formulações do DEA como um problemas de programação linear.

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, N.; GRAVELL, A. M.; B.WILLS, G. Historical Roots of Agile Methods: where did “agile thinking” come from? In: **Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming**. [S.l.]: Springer, 2008. p.94–103. (Lecture Notes in Business Information Processing, v.9).
- ADENSO-DÍAZ, B. et al. Assessing individual performance based on the efficiency of projects. **Computers & Industrial Engineering**, [S.l.], v.107, p.280 – 288, 2017.
- ADUSUMILLI, S. **IT Strategy & Governance Explained**. [S.l.]: Sri Adusumilli, 2011.
- AGARWAL, N.; KARIMPOUR, R.; RUHE, G. Theme-Based Product Release Planning: an analytical approach. In: SYSTEM SCIENCES (HICSS), 2014 47TH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p.4739–4748.
- AGGOUNE, S. et al. Evaluation of e-Government Information Systems Agility in the Perspective of Sustainability. In: ANDERSEN, K. et al. (Ed.). **Electronic Government and the Information Systems Perspective**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p.315–329. (Lecture Notes in Computer Science, v.6866).
- AHN, H. et al. **Recent developments on the use of DEA in the public sector**. [S.l.]: Elsevier, 2017.
- AKKER, M. van den et al. Flexible release planning using integer linear programming. In: INTERNATIONAL Workshop ON Requirements Engineering: Foundation FOR Software Quality Porto, Portugal. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005.

- AKKER, M. van den et al. Software product release planning through optimization and what-if analysis. **Information and Software Technology**, [S.l.], v.50, n.1-2, p.101–111, Jan. 2008.
- AL-KHOURI, A. M. **Critical Thoughts from a Government Perspective**. [S.l.]: Chartridge Books Oxford, 2013. (Thoughts with Impact Series, v.2).
- AL-ZEWAIRI, M. et al. Agile Software Development Methodologies: survey of surveys. **Journal of Computer and Communications**, [S.l.], v.5, n.05, p.74, 2017.
- ALAHYARI, H.; SVENSSON, R. B.; GORSCHER, T. A study of value in agile software development organizations. **Journal of Systems and Software**, [S.l.], v.125, p.271–288, 2017.
- ALBOURAE, T.; RUHE, G.; MOUSSAVI, M. Lightweight Replanning of Software Product Releases. In: SOFTWARE PRODUCT MANAGEMENT, 2006. IWSPM '06. INTERNATIONAL WORKSHOP ON **Anais**. . . [S.l.: s.n.], 2006. p.27–34.
- ALENCAR, A. J. et al. Maximizing the Appropriation of the Intangible Benefits Yielded by IT Investments in the Public Sector. **Journal of Software**, [S.l.], v.8, n.7, p.1537–1549, 2013.
- ALENCAR, A. J. et al. A statistical approach for the maximization of the financial benefits yielded by a large set of MMFs and AEs. **Computing and Informatics**, [S.l.], v.32, n.6, p.1147–1169, 2014.
- ALENCAR, A. J. et al. **Evaluating E-Government Initiatives**: an approach based upon the appropriation of tangible and intangible benefits. [S.l.]: IGI Global, 2015. p.25.
- ALENCAR, A. J. et al. Evaluating e-government initiatives: an approach based upon the appropriation of tangible and intangible benefits. In: **Handbook of Re-**

- search on **Democratic Strategies and Citizen-Centered E-Government Services**. [S.l.]: IGI Global, 2015. p.328–352.
- ALLWEYER, T. **BPMN 2.0**: introduction to the standard for business process modeling. [S.l.]: BoD–Books on Demand, 2016.
- AMELLER, D. et al. A Survey on Software Release Planning Models. In: **PRODUCT-FOCUSED SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENT: 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE, PROFES 2016, TRONDHEIM, NORWAY, NOVEMBER 22-24, 2016, PROCEEDINGS 17 Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p.48–65.
- AMELLER, D. et al. Towards continuous software release planning. In: **SOFTWARE ANALYSIS, EVOLUTION AND REENGINEERING (SANER), 2017 IEEE 24TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. p.402–406.
- ANDERSON, D. J. **Kanban**: successful evolutionary change for your technology business. [S.l.]: Blue Hole Press, 2010.
- ANDRIAMASY, L.; BRIEC, W.; MUSSARD, S. On some relations between several generalized convex DEA models. **Optimization**, [S.l.], v.66, n.4, p.547–570, 2017.
- APARICIO, J.; CORDERO, J. M.; PASTOR, J. T. The determination of the least distance to the strongly efficient frontier in Data Envelopment Analysis oriented models: modelling and computational aspects. **Omega**, [S.l.], v.71, p.1 – 10, 2017.
- ARROW, K. J.; LIND, R. C. Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decisions. **Journal of Natural Resources Policy Research**, [S.l.], v.6, n.1, p.29–44, 2014.
- ASK, A.; HEDSTRÖM, K. Taking Initial Steps towards Enterprise Architecture in Local Government. In: ANDERSEN, K. et al. (Ed.). **Electronic Government**

- and the Information Systems Perspective.** [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p.26–40. (Lecture Notes in Computer Science, v.6866).
- ASMILD, M.; IMPERATORE, F. On the Use of DEA for Software Development Productivity Measurement. **Data Envelopment Analysis Journal**, [S.l.], v.2, n.1, p.81–111, 2016.
- AVGEROU, C. **Information Systems Development & Management.** [S.l.]: University of London Publishing, 2011.
- BAHILL, A. T.; MADNI, A. M. Discovering system requirements. In: **Tradeoff Decisions in System Design.** [S.l.]: Springer, 2017. p.373–457.
- BAILEY, R. U. et al. A Model for evaluating the ROI of Technology Readiness Assessments. **Department of Engineering Management and Systems Engineering. George Washington University**, [S.l.], 2014. Information available on the Internet at [davidfrico.com/roi-of-tras.pdf](http://davidfrico.com/roi-of-tras.pdf). Site last visited on March 15 2014.
- BALTER, B. J. Towards a More Agile Government: the case for rebooting federal IT procurement. **Public Contract Law Journal**, [S.l.], v.41, n.1, p.149, 2011.
- BANKER, R. D.; CHANG, H.; ZHENG, Z. On the use of super-efficiency procedures for ranking efficient units and identifying outliers. **Annals of Operations Research**, [S.l.], v.250, n.1, p.21–35, 2017.
- BANNISTER, F.; CONNOLLY, R. ICT, public values and transformative government: a framework and programme for research. **Government Information Quarterly**, [S.l.], v.31, n.1, p.119 – 128, 2014.
- BARBOSA, A.; POZZEBON, M.; DINIZ, E. Rethinking E-Government Performance Assessment from a Citizen Perspective. **Public Administration**, [S.l.], v.91, n.3, p.744–762, 2013.

- BARBOSA, E. **A JUSTIÇA ELEITORAL NO BRASIL**. [S.l.]: IMPRENSA UNIVERSITAR, 2010.
- BARCLAY, C. Towards an integrated measurement of IS project performance: the project performance scorecard. **Information Systems Frontiers**, [S.l.], v.10, n.3, p.331–345, July 2008.
- BARNES, A. **A New Framework for IT Investment Decisions**: a practical guide to assessing the true value of IT projects in business. [S.l.]: Harriman House, 2010.
- BARRY, C.; HALFMANN, K. THE EFFECT OF MINDSET ON DECISION-MAKING. **Journal of Integrated Social Sciences**, [S.l.], v.6, n.1, p.49–74, 2016.
- BBC. Edward Snowden: leaks that exposed US spy programme. **News US & Canada**, [S.l.], January 17 2014. Information available on the Internet at [www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-23123964](http://www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-23123964). Site last visited on February 16, 2014.
- BECK, K. et al. **Manifesto for Agile Software Development**. Informação disponível na internet em <http://agilemanifesto.org/>. Visitado em 15 de Março de 2015.
- BECK, K. et al. **Twelve Principles of Agile Software**. Informação disponível na internet em <http://agilemanifesto.org/principles.html>. Visitado em 15 de Março de 2015.
- BEHR, A. **Production and efficiency analysis with R**. [S.l.]: Springer, 2016.
- BEKKERS, V.; HOMBURG, V. The myths of e-government: looking beyond the assumptions of a new and better government. **The Information Society**, [S.l.], v.23, n.5, p.373–382, 2007.

- BELL, P.; BEER, B. **Introducing GitHub: A non-technical guide**. 2nd edition.ed. [S.l.]: O'Reilly Media, 2017.
- BENESTAD, H. C.; HANNAY, J. E. A Comparison of Model-based and Judgment-based Release Planning in Incremental Software Projects. In: International Conference ON Software Engineering, 33, New York, NY, USA. **Proceedings. . .** ACM, 2011. p.766–775. (ICSE '11).
- KOTZ, S.; JOHNSON, N. L. (Ed.). **Introduction to Efron (1979) Bootstrap Methods: Another look at the jackknife**. Breakthroughs in statistics: Methodology and distribution. New York, NY: Springer New York, 1992. p.565–568.
- BHP Billiton. **BHP Billiton results for the year ended 30 June 2016**. 2016.
- BIFFL, S. et al. **Value-based software engineering**. [S.l.]: Springer, 2006. v.1.
- BODIN, L.; GASS, S. I. On teaching the analytic hierarchy process. **Computers & Operations Research**, [S.l.], v.30, n.10, p.1487 – 1497, 2003. Part Special Issue: Analytic Hierarchy Process.
- BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. v.157.
- BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking: Benchmark and frontier analysis using DEA and SFA**. Information available on the Internet at <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/index.html>. Site last visited on July 15, 2017.
- BUGGELN, M.; DAUNTON, M.; NÜTZENADEL, A. **The Political Economy of Public Finance: taxation, state spending and debt since the 1970s**. [S.l.]: Cambridge University Press, 2017.

- CAMPANELLI, A. S.; PARREIRAS, F. S. Agile methods tailoring ? A systematic literature review. **Journal of Systems and Software**, [S.l.], v.110, p.85 – 100, 2015.
- CAMPBELL, J.; McDonald, C.; SETHIBE, T. Public and Private Sector IT Governance: identifying contextual differences. **Australasian Journal of Information Systems**, [S.l.], v.16, n.2, January 2010.
- CAO, L. et al. Adapting funding processes for agile IT projects: an empirical investigation. **European Journal of Information Systems**, [S.l.], v.22, n.2, p.191–205, 2013.
- CARLSHAMRE, P. Release Planning in Market-Driven Software Product Development: provoking an understanding. **Requirements Engineering**, [S.l.], v.7, n.3, p.139–151, 2002.
- CARLSHAMRE, P.; REGNELL, B. Requirements lifecycle management and release planning in market-driven requirements engineering processes. In: DATABASE AND EXPERT SYSTEMS APPLICATIONS, 2000. PROCEEDINGS. 11TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON **Anais...** [S.l.: s.n.], 2000. p.961–965.
- CARLUCCI, D.; SCHIUMA, G.; LINZALONE, R. A Fuzzy Cognitive Map-Based Approach for Understanding Value Creation Mechanisms of Artistic Interventions. In: **Integrating Art and Creativity into Business Practice**. [S.l.]: IGI Global, 2017. p.74–88.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v.2, n.6, p.429–444, 1978.
- CHARNES, A. et al. **Data Envelopment Analysis: theory, methodology, and applications**. [S.l.]: Springer Netherlands, 1994.

- CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. **New Frontiers in Open Innovation**. [S.l.]: Oxford University Press, 2017.
- CINCA, C. S.; MOLINERO, C. M.; QUEIROZ, A. B. The measurement of intangible assets in public sector using scaling techniques. **Journal of Intellectual Capital**, [S.l.], v.4, n.2, p.249–275, 2003.
- CLAASSEN, A.; BOEKHORST, L. Shorter Feedback Loops By Means of Continuous Deployment. In: LASSENIUS, C.; DINGSØYR, T.; PAASIVAARA, M. (Ed.). **Agile Processes, in Software Engineering, and Extreme Programming**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2015. p.248–253. (Lecture Notes in Business Information Processing, v.212).
- CLELAND-HUANG, J. Injecting Value-Thinking into Prioritization Decisions. **IEEE Software**, [S.l.], v.32, n.2, p.14–18, 2015.
- COHN, M. **Agile estimating and planning**. [S.l.]: Pearson Education, 2005.
- COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: prior to choosing a model. **Omega**, [S.l.], v.44, p.1–4, 2014.
- CRESSWELL, J. W. **Qualitative inquiry and research design: choosing among five traditions**. [S.l.]: Sage Publications, 1998.
- CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative and quantitative approaches**. [S.l.]: Sage Publications, Inc, 1994.
- DANESH, A. S. A survey of release planning approaches in incremental software development. In: **Computational Intelligence and Information Technology**. [S.l.]: Springer, 2011. p.687–692.
- DAVISON, A. C.; HINKLEY, D. V. **Bootstrap methods and their application**. [S.l.]: Cambridge university press, 1997. v.1.

- DAWES, S. S. et al. **Making smart IT choices**: understanding value and risk in government IT investments. [S.l.]: Center for Technology in Government. University at Albany, SUNY, 2004.
- DEAN, L. **Agile software requirements**: lean requirements practices for teams, programs, and the enterprise. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2010.
- DENNE, M.; CLELAND-HUANG, J. **Software by numbers**: low-risk, high-return development. [S.l.]: Prentice Hall Professional, 2003.
- DENNE, M.; CLELAND-HUANG, J. The incremental funding method: data-driven software development. **Software, IEEE**, [S.l.], v.21, n.3, p.39–47, May 2004.
- DIDAR-AL-ALAM, S. M.; ZHI, J.; RUHE, G. Software Release Planning Incorporating Technological Change? The Case of Considering Software Inspections. In: International Working Conference ON Requirements Engineering: Foundation FOR Software Quality, 18, **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p.129.
- DUHAMEL, F. et al. IT outsourcing in the public sector: a conceptual model. **Transforming Government: People, Process and Policy**, [S.l.], v.8, n.1, p.8–27, 2014.
- DYBA, T.; DINGSOYR, T. Agile Project Management: from self-managing teams to large-scale development. In: SOFTWARE ENGINEERING (ICSE), 2015 IEEE/ACM 37TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. v.2, p.945–946.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. J. **An introduction to the bootstrap**. [S.l.]: CRC press, 1994.
- EGGERS, W. D. **Delivering on Digital**: The innovators and technologies that are transforming government. [S.l.]: RosettaBooks, 2016.

- EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. liang. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. **Socio-Economic Planning Sciences**, [S.l.], p.–, 2017.
- BIFFL tefan et al. (Ed.). **Value-based software engineering**. [S.l.]: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. p.39–66.
- FALK, S.; RÖMMELE, A.; SILVERMAN, M. (Ed.). **The Promise of Digital Government**. Cham: Springer International Publishing, 2017. 3–23p.
- FERNANDES, M. C. et al. Acknowledging the Effect of the Depreciation of Tangible and Intangible Benefits upon the Evaluation of E-Gov Projects. **Journal of Software**, [S.l.], v.10, n.7, 2015.
- FERNANDES, M. C. et al. Evaluation of Agile Software Projects in the Public Sector: a literature review. **JSW**, [S.l.], v.11, n.3, p.312–325, 2016.
- FERNANDES, R. P. et al. Analysing IT Investments in the Public Sector: a project portfolio approach. **JSW**, [S.l.], v.9, n.7, p.1687–1700, 2014.
- FERREIRA FILHO, A. J. C. A.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. Desenvolvimento de um modelo para medir a eficiência de empresas terceirizadas no processo de publicações técnicas de peças de reposição de aeronaves. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, [S.l.], v.4, n.1, p.66–88, 2009.
- FOX, K. J. **Efficiency in the public sector**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. v.1.
- FRIEDMAN, M.; S.BECKER, G. **Milton Friedman on Economics: selected papers**. [S.l.]: University of Chicago Press Journals, 2008.
- GENTLE, M. **IT SUCCESS!:** towards a new model for information technology. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.

- GLASER, B. Fundamentals of Decision Making. **Efficiency versus Sustainability in Dynamic Decision Making**, [S.l.], p.7–20, 2002.
- GLUR, C. **AHP**: Analytic Hierarchy Process. Information available on the Internet at <https://cran.r-project.org/web/packages/ahp/index.html>. Site last visited on July 15, 2017.
- GORANS, P.; KRUCHTEN, P. **Agile and Lean Office**: key to increasing profit and employee/customer satisfaction. 2<sup>nd</sup>.ed. [S.l.]: IBM Center for the Business of Government, 2014.
- GOVINDAN, K.; JEPSEN, M. B. ELECTRE: a comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], p.–, 2015.
- GREER, D.; RUHE, G. Software release planning: an evolutionary and iterative approach. **Information and Software Technology**, [S.l.], v.46, n.4, p.243 – 253, 2004.
- GUPTA, M.; JANA, D. E-government evaluation: a framework and case study. **Government Information Quarterly**, [S.l.], v.20, n.4, p.365–387, 2003.
- HANSEN, H. F.; KRISTIANSSEN, M. B.; SØRENSEN, E. M. **Public Management in Times of Austerity**. 1st.ed. [S.l.]: Routledge, 2017. 292p.
- HARRIS, M. D.; HERRON, D.; IWANICKI, S. **The business value of IT**: managing risks, optimizing performance and measuring results. [S.l.]: Auerbach Publication, 2008.
- INFORMS. **Recognizing excellence - Dr. Thomas L. Saaty**. Information available on the Internet at <https://www.informs.org/Recognizing-Excellence/Award-Recipients/Dr.-Thomas-L.-Saaty>. Site last visited on August 6, 2017.

- INSTITUTE, Q. F. D. **Analytic Hierarchy Process (AHP)**. Information available on the Internet at <https://goo.gl/UNf95V>. Site last visited on November 24, 2017.
- ISHIZAKA, A.; LABIB, A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. **Expert systems with applications**, [S.l.], v.38, n.11, p.14336–14345, 2011.
- ISONG, B. E.; EKABUA, O. O. Towards Release Planning Generic Model: Market-Driven Software Development Perspective. **Journal of Communication and Computer**, [S.l.], v.10, p.443–450, 2013.
- JACKSON, A. Efron Receives National Medal of Science. **Notices of the American Mathematical Society**, [S.l.], v.54, n.8, p.999, 2007.
- JATOTH, C.; GANGADHARAN, G. R.; FIORE, U. Evaluating the efficiency of cloud services using modified data envelopment analysis and modified super-efficiency data envelopment analysis. **Soft Computing**, [S.l.], Jul 2016.
- JOHNSON, A. L. Stochastic DEA. **Advances in DEA Theory and Applications: With Extensions to Forecasting Models**, [S.l.], p.85–99, 2017.
- Jornal O Globo. **Polícia Federal suspende emissão de passaportes solicitados**. Information available on the Internet at <https://oglobo.globo.com/brasil/policia-federal-suspende-emissao-de-passaportes-solicitados-21527583>. Site last visited on November 7, 2017.
- KAO, C. Network data envelopment analysis: a review. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v.239, n.1, p.1 – 16, 2014.
- KAZIBUDZKI, P. T. The quality of priority ratios estimation in relation to a selected prioritization procedure and consistency measure for a Pairwise Comparison Matrix. **CoRR**, [S.l.], v.abs/1704.01944, 2017.

- KHAN, M.; PARVEEN, A.; SADIQ, M. A method for the selection of software development life cycle models using analytic hierarchy process. In: ISSUES AND CHALLENGES IN INTELLIGENT COMPUTING TECHNIQUES (ICICT), 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p.534–540.
- KHURUM, M. **Decision Support for Product Management Of Software Intensive Products**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — School of Computing, Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden.
- KITCHENHAM, B. Systematic reviews. In: SOFTWARE METRICS, 2004. PROCEEDINGS. 10TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON **Anais...** [S.l.: s.n.], 2004. p.xii–xii.
- KNASTER, R.; LEFFINGWELL, D. **SAFe 4.0 Distilled: applying the scaled agile framework for lean software and systems engineering**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2017.
- KREBS, J. **Agile portfolio management**. [S.l.]: Microsoft Press, 2008.
- LAPPO, P.; ANDREW, H. C. T. Assessing Agility. In: ECKSTEIN, J.; BAUMEISTER, H. (Ed.). **Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering**. [S.l.]: Springer, 2004. p.331–338. (Lecture Notes in Computer Science Number 3092).
- LARMAN, C.; VODDE, B. **Large-Scale Scrum: more with less**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2015.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Management Information Systems: managing the digital firm**. 14.ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2015.
- LEYBOURN, E. **Directing The Agile Organisation: a lean approach to business management**. Ely, U.K.: IT Governance Publishing, 2013.

- LI, Z.; AVGERIOU, P.; LIANG, P. A systematic mapping study on technical debt and its management. **Journal of Systems and Software**, [S.l.], v.101, p.193 – 220, 2015.
- LIBERATORE, M. J.; NYDICK, R. L. The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: a literature review. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v.189, n.1, p.194–207, 2008.
- LIU, J. S. et al. A survey of {DEA} applications. **Omega**, [S.l.], v.41, n.5, p.893 – 902, 2013.
- LIU, J. S. et al. Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. **Omega**, [S.l.], v.41, n.1, p.3 – 15, 2013. Data Envelopment Analysis: The Research Frontier - This Special Issue is dedicated to the memory of William W. Cooper 1914-2012.
- LIU, J. S.; LU, L. Y.; LU, W.-M. Research fronts in data envelopment analysis. **Omega**, [S.l.], v.58, p.33–45, 2016.
- LÓPEZ-CÓZAR, E. D.; ROBINSON-GARCÍA, N.; TORRES-SALINAS, D. The Google scholar experiment: how to index false papers and manipulate bibliometric indicators. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [S.l.], v.65, n.3, p.446–454, 2014.
- MAGLEBY, D. B.; LIGHT, P. C.; NEMACHECK, C. L. **Government By the People**. 2014 Elections and Updates Edition.ed. [S.l.]: Pearson, 2015.
- MAILUND, T. **Advanced Object-Oriented Programming in R**: Statistical programming for data science, analysis and finance. 1st edition.ed. [S.l.]: Apress, 2017.
- MANZOOR, A. A Look at Efficiency in Public Administration. **SAGE Open**, [S.l.], v.4, n.4, p.2158244014564936, 2014.

- MARANGUNIĆ, N.; GRANIĆ, A. Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013. **Universal Access in the Information Society**, [S.l.], v.14, n.1, p.81–95, 2015.
- MATTOS, E. et al. Applying game theory to the incremental funding method in software projects. **Journal of Software**, [S.l.], v.9, n.6, p.14–35, 2014.
- MAURICE, S. et al. Decision Support for Value-Based Software Release Planning. In: BIFFL, S. et al. (Ed.). **Value-Based Software Engineering**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2006. p.247–261.
- MEZA, D.; JEONG, K.-Y. Measuring efficiency of lean six sigma project implementation using data envelopment analysis at Nasa. **Journal of Industrial Engineering and Management**, [S.l.], v.6, n.2, p.401, 2013. Copyright - Copyright Vicenc Fernandez 2013; Última atualização em - 2013-08-19.
- MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; NETO, L. B. Curso de análise de envoltória de dados. **XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado, RS: Pesquisa Operacional**, [S.l.], p.20520–2547, 2005.
- MILANOV, G.; NJEGUS, A. Analysis of Return on Investment in Different Types of Agile Software Development Project Teams. **Informatica Economica**, [S.l.], v.16, n.4, 2012.
- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Guia de Projetos de Software com Práticas de Métodos Ágeis para o SISP**. Information available on the Internet at <https://goo.gl/UlrGy9>. Site last visited on June 6, 2017.
- MONNIAUX, D. A Survey of Satisfiability Modulo Theory. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTER ALGEBRA IN SCIENTIFIC COMPUTING **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p.401–425.
- MOORE, S. **Gartner Says Worldwide Government IT Spending Flat in 2013**. 2013.

- MULDER, H.; KONTAKOS, I. **Rethinking the Public Spending on ict projects**. [S.l.]: The Standish Group, 2015.
- NAYEBI, M.; RUHE, G. An Open Innovation Approach in Support of Product Release Decisions. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COOPERATIVE AND HUMAN ASPECTS OF SOFTWARE ENGINEERING, 7, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2014. p.64–71. (CHASE 2014).
- NAYEBI, M.; RUHE, G. Analytical Product Release Planning. In: BIRD, C.; MENZIES, T.; ZIMMERMANN, T. (Ed.). **The Art and Science of Analyzing Software Data**. 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA: Elsevier, 2015. p.555–589.
- NGO-THE, A.; RUHE, G. A systematic approach for solving the wicked problem of software release planning. **Soft Computing**, [S.l.], v.12, n.1, p.95–108, June 2007.
- NICHOLAS, J.; HIDDING, G. Management Principles Associated With IT Project Success. **International Journal of Management & Information Systems**, [S.l.], v.14, n.5, 2010.
- NICOLAU, J. M. **Eleições No Brasil - do Império Aos Dias Atuais**. [S.l.]: Zahar, 2012.
- O Globo. **Pré-candidatos ao governo do Rio acumulam R\$ 2,1 milhões em multas no TRE**. Relatório técnico do Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro disponível em <https://goo.gl/PEmw3B>, 2014.
- OBEIDAT, M.; NORTH, M. M. A comparative review of information technology project management in private and public sector organizations. **International Management Review**, [S.l.], v.10, n.1, p.55, 2014.
- OLESEN, O. B.; PETERSEN, N. C. Stochastic Data Envelopment Analysis – A Review. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], p.–, 2015.

- PAI, D. R.; SUBRAMANIAN, G. H.; PENDHARKAR, P. C. Benchmarking software development productivity of CMMI level 5 projects. **Information Technology and Management**, [S.l.], v.16, n.3, p.235–251, 2015.
- PATANAKUL, P. Managing large-scale IS/IT projects in the public sector: problems and causes leading to poor performance. **The Journal of High Technology Management Research**, [S.l.], v.25, n.1, p.21–35, 2014.
- PATANAKUL, P. et al. What impacts the performance of large-scale government projects? **International Journal of Project Management**, [S.l.], v.34, n.3, p.452–466, 2016.
- PATHER, S.; REMENYI, B.; REMENYI, D. **Managing Risks of ICT Projects**. [S.l.]: Academic Publishing International Ltd, 2011.
- PATTENGALE, N. D. et al. How many bootstrap replicates are necessary? **Journal of Computational Biology**, [S.l.], v.17, n.3, p.337–354, 2010.
- PATTON, J. **User Story Mapping: discover the whole story, build the right product**. 1 edition.ed. [S.l.]: O'Reilly Media, 2014.
- PEFFERS, K.; SANTOS, B. L. d. Research opportunities in information technology funding and system justification. **European Journal of Information Systems**, [S.l.], v.22, n.2, p.131–138, Mar. 2013.
- PESSANHA, J. F. et al. TEACHING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS IN UNDERGRADUATE STATISTICS COURSES. **iji**, [S.l.], v.1, p.0, 2015.
- PESSANHA, J. F. M. et al. Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo dea adotado pela aneel. **Pesquisa Operacional**, [S.l.], v.30, n.3, p.521–545, 2010.
- PESSANHA, J. F. M. et al. Implementando modelos DEA no R. **X Simpósio de Excelência em Gestão de Tecnologia (SEGeT)**, [S.l.], v.54, p.55–56, 2013.

- PETERSEN, K.; WOHLIN, C. A comparison of issues and advantages in agile and incremental development between state of the art and an industrial case. **Journal of Systems and Software**, [S.l.], v.82, n.9, p.1479–1490, 2009.
- PETERSON, M. **An Introduction to Decision Theory**. 2.ed. [S.l.]: Cambridge, Cambridge University Press, 2017.
- PITANGUEIRA, A. M. et al. Risk-Aware Multi-stakeholder Next Release Planning Using Multi-objective Optimization. In: REQUIREMENTS ENGINEERING: FOUNDATION FOR SOFTWARE QUALITY: 22ND INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE, REFSQ 2016 **Anais...** Springer International Publishing, 2016. p.3–18.
- RAKHSHAN, S. A.; KAMYAD, A. V.; EFFATI, S. Ranking decision-making units by using combination of analytical hierarchical process method and Tchebycheff model in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, [S.l.], v.226, n.1, p.505–525, Mar 2015.
- RASPE, R. E. **The surprising adventures of Baron Munchausen**. [S.l.]: The Floating Press, 2009.
- REGNELL, B. Are my Features Innovative Enough? A Multi-Variable Innovation Strategy Model Proposal. In: International Working Conference ON Requirements Engineering: Foundation FOR Software Quality, 18, **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p.129.
- RESEARCH & ENGINEERING, A. S. of Defense for. **Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance**. [S.l.]: Department of Defense. United States of America, 2011.
- REUTERS, T. **Obama bans spying on leaders of US allies, scales back NSA program**. Information available on the Inter-

- net at [www.reuters.com/article/2014/01/17/us-usa-security-obama-idUSBREA0G0JI20140117](http://www.reuters.com/article/2014/01/17/us-usa-security-obama-idUSBREA0G0JI20140117). Site last visited on February 16, 2014.
- RITTEL, H.; WEBBER, M. Dilemmas in a general theory of planning. **Policy Sciences**, [S.l.], v.4, n.2, p.155–169, 1973.
- ROSACKER, K. M.; ROSACKER, R. E. Information technology project management within public sector organizations. **Journal of Enterprise Information Management**, [S.l.], v.23, n.5, p.587–594, September 2010.
- RUHE, G.; MOMOH, J. Strategic release planning and evaluation of operational feasibility. In: SYSTEM Sciences, 2005. HICSS'05. Proceedings OF THE 38TH Annual Hawaii International Conference ON **Anais...** IEEE, 2005. p.313b–313b.
- RUHE, G.; NGO, A. Hybrid intelligence in software release planning. **International Journal of Hybrid Intelligent Systems**, [S.l.], v.1, n.1-2, p.99–110, 2004.
- RUMSEY, D. J. **Statistics II for Dummies**. 1st edition.ed. [S.l.]: For Dummies, 2009.
- RUSNJAK, A. Improving IT-Strategy-Alignment and requirements engineering with a multi-dimensional business value. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON REQUIREMENTS ENGINEERING: FOUNDATION FOR SOFTWARE QUALITY, 16, Essen, Germany. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p.119—124.
- SAAM, M.; WEINHARDT, L.; TROTTNER, L. **Public ICT Investment in Reaction to the Economic Crisis—A Case Study on Measuring IT-Related Intangibles in the Public Sector**. [S.l.]: ZEW - Centre for European Economic Research, 2016. (16-081).
- SAATY, R. W. Validating the analytic hierarchy process and the analytic network process with applications having known and measurable outcomes. In: THE 7TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003. v.15.

- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, [S.l.], v.15, n.3, p.234–281, 1977.
- SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary. **European journal of operational research**, [S.l.], v.145, n.1, p.85–91, 2003.
- SAATY, T. L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. **RACSAM - Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matematicas**, [S.l.], v.102, n.2, p.251–318, 2008.
- SAATY, T. L. **Decision Making for Leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world**, new edition 2001. 3rd Revised.ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2012.
- SAATY, T. L.; ROKOU, E. How to prioritize inventions. **World Patent Information**, [S.l.], v.48, p.78 – 95, 2017.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012. v.175.
- SACHS, I. **Performance Driven IT Management: five practical steps to business success**. [S.l.]: Government Institutes, 2011.
- SANDOVAL-ALMAZÁN, R. et al. **Building Digital Government Strategies: Principles and practices (Public administration and information technology)**. [S.l.]: Springer, 2017.
- SANTOS, B. L. dos. Justifying Investments in New Information Technologies. **Journal of Management Information Systems**, [S.l.], p.71–89, 1991.

- SARKIS, J. Preparing your data for DEA. In: **Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis**. [S.l.]: Springer, 2007. p.305–320.
- SAUNDERS, A. Valuing IT-Related Intangible Capital. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (ICIS)** St. Louis, MI, USA. **Anais. . .** [S.l.: s.n.], 2010.
- SCHMOLDT, D. et al. **The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. v.3.
- SCHOLTENS, H. et al. **An Innovative Public Sector in 2017. New Solutions to Complex Challenges**. Maastricht, The Netherlands: European Institute of Public Administration, 2017.
- SCHOOL, A. B. **Performance Measurement Using Data Envelopment Analysis (DEA) and Stochastic Frontier Analysis (SFA)**. Information available on the Internet at <https://www.theorsociety.com/Pages/Training/Courses/2018/550.aspx>. Site last visited on November 24, 2017.
- SERRADOR, P.; PINTO, J. K. Does Agile work? ? A quantitative analysis of agile project success. **International Journal of Project Management**, [S.l.], v.33, n.5, p.1040 – 1051, 2015.
- SHARMA, P. **AGILE SOFTWARE DEVELOPMENT METHODOLOGY: effects on perceived software quality and the cultural context for organizational adoption**. **International Journal of Information Technology & Computer Sciences Perspectives**, [S.l.], v.3, n.4, p.1213, 2014.
- SHI, Y.; KOU, G. **In Memoriam of Thomas Saaty**. [S.l.]: World Scientific, 2018.

- SIGMA, B. S. **AHP Practitioner**. Information available on the Internet at <https://www.benchmarksixsigma.com/public-programs/ahp-practitioner/>. Site last visited on November 24, 2017.
- SILVA, M. **Fatores Humanos e sua Influência na Intenção de Uso de Sistemas de Informação**. 2006. 144f. 2006. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Tese (Doutorado em Administração)—Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. Sensitivity analysis of efficiency scores: how to bootstrap in nonparametric frontier models. **Management science**, [S.l.], v.44, n.1, p.49–61, 1998.
- SOCIAL & POLITICAL RESEARCH INC., A. C. for. **Data Envelopment Analysis for Management and Non-economists**. Information available on the Internet at <https://www.acspri.org.au/courses/data-envelopment-analysis-management-and-non-economists>. Site last visited on November 24, 2017.
- SOCIETY, T. O. R. **Foundations of O.R.:** Data envelopment analysis. Information available on the Internet at <https://www.theorsociety.com/Pages/Training/Courses/2018/550.aspx>. Site last visited on November 24, 2017.
- SOUZA ANDRADE, A. de et al. Optimizing Framework Release Plans Using the Incremental Funding Method. **JSW**, [S.l.], v.11, n.2, p.182–192, 2016.
- EDWARD J. SZEWCZAK, C. R. S. (Ed.). **Human Factors in Information Systems**. [S.l.]: Idea Group Publishing, 2002. p.55–60.
- SOUZA DIAS, D. de; SILVA, M. F. da. **Como escrever uma monografia:** manual de elaboração com exemplos e exercícios. [S.l.]: Atlas, 2010.
- STATISTICS EDUCATION, T. I. for. **Introduction to Resampling Methods**. Information available on the Internet at

<https://www.statistics.com/courses/introductory/resampling/>. Site last visited on November 24, 2017.

STEINDL, C. From agile software development to agile businesses. In: EURO-MICRO CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND ADVANCED APPLICATIONS, 31, Porto, Portugal. **Anais. . .** [S.l.: s.n.], 2005. p.258–265.

STEINHARDT, G. **Agile Software Development**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2017. 131–147p.

STETTINA, C. J.; HÖRZ, J. Agile portfolio management: an empirical perspective on the practice in use. **International Journal of Project Management**, [S.l.], v.33, n.1, p.140 – 152, 2015.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. **International Journal of Production Economics**, [S.l.], v.138, n.2, p.215–241, 2012.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Pitfalls and remedies in DEA applications: how to handle an occurrence of zero in multipliers by strong complementary slackness conditions. **Engineering**, [S.l.], v.5, n.05, p.29, 2013.

SUTHERLAND, J. **Scrum: the art of doing twice the work in half the time**. First Edition.ed. [S.l.]: Crown Business, 2014.

SVAHNBERG, M. et al. A systematic review on strategic release planning models. **Information and Software Technology**, [S.l.], v.52, n.3, p.237–248, Mar. 2010.

TECHNOLOGY, M. I. of. **MADM with Applications in Material Selection and Optimal Design**. Information available on the Internet at <https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-994-madm-with-applications-in-material-selection-and-optimal-design-january-iap-2007/syllabus/>. Site last visited on November 24, 2017.

The igraph core team. **Get started with R igraph**. Information available on the Internet at <http://igraph.org/r/>. Site last visited on July 15, 2017.

The Washington Post. **NSA Secrets: government spying in the internet age**. [S.l.]: Diversion Books, 2013.

THIJSSSEN, J. **A Concise Introduction to Statistical Inference**. [S.l.]: CRC Press, 2016.

THOMPSON, R. G.; DHARMAPALA, P.; THRALL, R. M. Importance for DEA of Zeros in Data, Multipliers, and Solutions. **Journal of Productivity Analysis**, [S.l.], v.4, n.4, p.379–390, 1993.

TIMMER, M. P.; ARK, B. V. Does information and communication technology drive EU-US productivity growth differentials? **Oxford Economic Papers**, [S.l.], v.57, n.4, p.693–716, October 2005.

TITAH, R.; BARKI, H. E-government adoption and acceptance: a literature review. **International Journal of Electronic Government Research (IJEGR)**, [S.l.], v.2, n.3, p.23–57, 2006.

TOLLINGTON, T.; LIU, J. When is an asset not an asset? **Management Decision**, [S.l.], v.36, n.5, p.346–349, June 1998.

TOMEK, R. Improving the Effectiveness of Public Spending on Transport Infrastructure. **Periodica Polytechnica Architecture**, [S.l.], 2017.

TRE-RJ. **Planejamento estratégico 2016-2021**. Relatório técnico do Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro disponível em <https://goo.gl/YYQbTa>, 2015.

TRE-RJ. **Resolução número 956/2016**. Relatório técnico do Tribunal Regional Eleitoral do Estado do Rio de Janeiro disponível em <https://goo.gl/A6Kggp>, 2016.

TRE-RJ. **TRE-RJ - Tribunal Regional Eleitoral - Justiça Eleitoral do Rio de Janeiro**. Information available on the Internet at <http://www.tre-rj.jus.br/>. Site last visited on September 8, 2017.

Tribunal de Contas da União. **Manifestação 287163**. Contato realizado através de email junto à Ouvidoria do TCU em maio de 2017.

UK Cabinet Office. **Government ICT Strategy**. Information available on the Internet at [www.gov.uk/government/uploads](http://www.gov.uk/government/uploads). Site last visited on February 15, 2014.

US Government. **Paperwork Reduction Act of 1995**: public law 104-13. 1995.

US Government. **Federal IT Spending for Budget Year 2016**. 2017.

US Government Accountability Office. **Software Development – Effective Practices and Federal Challenges in Applying Agile Methods**. Information available on the Internet at [www.gao.gov/assets/600/593091.pdf](http://www.gao.gov/assets/600/593091.pdf). Site last visited on March 15, 2014.

US Government Accountability Office. **Information Technology - OMB and Agencies Need to More Effectively Implement Major Initiatives to Save Billions of Dollars**. Information available on the Internet at [www.gao.gov/assets/660/656191.pdf](http://www.gao.gov/assets/660/656191.pdf). Site last visited on June 30, 2015.

US Government Accountability Office. **Information Technology - Additional Actions and Oversight Urgently Needed to Reduce Waste and Improve Performance in Acquisitions and Operations**. Information available on the Internet at [www.gao.gov/assets/680/670745.pdf](http://www.gao.gov/assets/680/670745.pdf). Site last visited on June 21, 2015.

US Government Accountability Office. **Information Technology - Additional OMB and Agency Actions Needed to Ensure Portfolio Savings Are**

**Realized and Effectively Tracked.** Information available on the Internet at [www.gao.gov/assets/670/669679.pdf](http://www.gao.gov/assets/670/669679.pdf). Site last visited on June 30, 2015.

US Government Accountability Office. **GAO-16-469 - Agencies Need to Increase Their Use of Incremental Development Practices.** Information available on the Internet at [www.gao.gov/products/GAO-16-469](http://www.gao.gov/products/GAO-16-469). Site last visited on June 6, 2017.

VACARI, I. **Um estudo empírico sobre a adoção de métodos ágeis para desenvolvimento de software em organizações públicas.** Porto Alegre. Rio Grande do Sul. Brasil., 2015.

VACARI, I.; PRIKLADNICKI, R. Adopting Agile Methods in the Public Sector: A systematic literature review. In: THE 27<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND KNOWLEDGE ENGINEERING, SEKE 2015, WYNDHAM PITTSBURGH UNIVERSITY CENTER, PITTSBURGH, PA, USA, JULY 6-8, 2015 **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p.709–714.

WATTRUS, A. **Benefit realisation lifecycle management in IT-related business projects.** 2010. Ph.D. Thesis — Witwatersrand University, Faculty of Engineering, Johannesburg, South Africa. Information available on the Internet at [wiredspace.wits.ac.za/handle/10539/8164](http://wiredspace.wits.ac.za/handle/10539/8164). Site last visited on March 22, 2014.

WEERAKKODY, V.; REDDICK, C. G. **Public Sector Transformation through E-Government:** experiences from europe and north america. 1st edition.ed. [S.l.]: Routledge, 2017.

WEISS, M. C. The challenges to the cities management: a call for action in times of the emergence of smart cities in brazil. **Revista de Direito da Cidade**, [S.l.], v.9, n.2, p.788–824, 2017.

WEN, M. **Uncertain Data Envelopment Analysis.** [S.l.]: Springer, 2015.

- WEN, U.-P.; CHI, J. Developing green supplier selection procedure: a dea approach. In: INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IE&EM), 2010 IEEE 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p.70–74.
- WERNHAM, B. **Agile Project Management for Government - Leadership skills for implementation of large-scale public sector projects in months not years**. 1<sup>st</sup>.ed. London, UK: Maitland and Strong, 2012.
- WHITTINGTON, G. Fair Value and the IASB/FASB Conceptual Framework Project: an alternative view. In: PIETRA, R.; MCLEAY, S.; RONEN, J. (Ed.). **Accounting and Regulation**. [S.l.]: Springer New York, 2014. p.229–268.
- WOOD, D. **Linking Government Data**. [S.l.]: Springer, 2014.
- YANG, T.; KUO, C. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. **European Journal of Operational Research**, [S.l.], v.147, n.1, p.128–136, 2003.
- YIN, R. K. **Applications of case study research**. [S.l.]: Sage, 2011.
- ZÉGHAL, D.; MAALOUL, A. The accounting treatment of intangibles - A critical review of the literature. **Accounting Forum**, [S.l.], v.35, n.4, p.262–274, 2011.
- ZEYDAN, M.; ÇOLPAN, C.; ÇOBANOĞLU, C. A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. **Expert Systems with Applications**, [S.l.], v.38, n.3, p.2741 – 2751, 2011.
- ZHANG, J.; FU, S. An effective DEA-AHP algorithm for evaluation of emergency logistics performance. **Advances in information sciences and service sciences**, [S.l.], v.4, n.12, p.1–8, 2012.
- ZIENTS, J. **PortfolioStat**: saving billions in IT spending. Information available on the Internet at <https://goo.gl/fEk6gS>. Site last visited on June 30, 2015.