

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Informática

Um *Framework* de Apoio à Decisão para
Investimentos em Serviços de TI

Magno Jefferson de Souza Queiroz

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande –
Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Engenharia de Software

José Antônio Beltrão Moura, Ph.D

(Orientador)

Jacques Phillipe Sauvé, Ph.D

(Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil

© Magno Queiroz, 16/07/2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- Q384f Queiroz, Magno Jefferson de Souza.
Um framework de apoio à decisão para investimentos em serviços de
TI /Magno Jefferson de Souza Queiroz. — Campina Grande, 2010.
- 68 f.: il.
- Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.
Orientadores: Prof. Ph.D José Antão Beltrão Moura e Prof. Ph.D
Jacques Phillipe Suavé.
Referências.
1. Análise de Risco. 2. Tomada de Decisão. I. Título.

CDU 004.413.4(043)

Resumo

Este trabalho apresenta um *Framework* para apoio à decisão de investimentos em serviços de TI. O impacto positivo e negativo de serviços de TI no negócio é analisado para que índices de preferência sejam calculados, e então utilizados para o ranqueamento de opções de investimento. A avaliação das opções de investimento é realizada através de um conjunto de critérios, tangíveis e intangíveis, que servem como guia para a tomada de decisão. Os critérios selecionados são organizados em três grupos: puramente financeiros, dependentes de SLA (*Service Level Agreement*) e subjetivos. Preferências dos tomadores de decisão e incertezas são consideradas, simultaneamente, por uma combinação de Teoria da Utilidade e Matemática Intervalar. A Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios é utilizada para o tratamento dos critérios tangíveis e intangíveis. Sessões de uso do *Framework*, assim como um estudo de caso, demonstram a utilidade da solução proposta.

Abstract

This paper details a comprehensive Framework to support decision making for investments in IT services. Possible positive and negative business impact of IT services are analyzed for estimation of preference indices, which are used to prioritization of the investment options. Evaluation of the investment options is performed through a set of tangible and intangible criteria which serve as a guide to decision making. Selected criteria are arranged into three criterion groups: Purely financial, Service Level Agreement (SLA) dependent and Subjective. Risk preferences of the decision makers and uncertainty are taken into account simultaneously by a combination of Utility Theory and Interval Arithmetic. Multi-attribute utility theory is used for treatment of multiple criteria. A case study encompassing tangible and intangible criteria demonstrates the use of the approach, while usage sessions results demonstrates the usefulness of the proposed Framework.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade de realizar um trabalho tão recompensador. A minha família que sempre esteve ao meu lado nesta jornada, me apoiando e motivando. Sou um afortunado por ter uma família tão maravilhosa. Os méritos deste trabalho são tanto meus quanto deles, que me deram todas as condições para que eu me dedicasse ao trabalho. Agradeço profundamente a minha noiva Paola, que teve muita paciência, compreensão e amor durante todo o período em que me dediquei ao trabalho do mestrado. Alguns professores e amigos também são responsáveis pelo desenvolvimento deste trabalho:

- Meus orientadores, Antão Moura e Jacques Sauvé, que se doaram com muita paciência na difícil missão de me orientar neste trabalho. Não consigo imaginar como eu poderia aprender tanto, e em tão pouco tempo, senão ao lado de Antão e Jacques. Agradeço muito a eles por tudo;
- As professoras Joseana Fechine e Francilene Garcia, que sempre se dispuseram a me ouvir e a dar preciosas contribuições para o trabalho. Incluo também o professor Camilo de Lélis, que sempre foi um amigo e orientador durante minha jornada como aluno da UFCG. Agradeço muito a todos;
- Meus colegas do projeto *Bottom Line* e a HP Brasil, que financiou o projeto – participei deste projeto em 2009, recebendo suporte financeiro da HP Brasil. Com sua generosidade, me ensinaram muito. Menção especial para Rodrigo Rebouças e José Augusto, amigos que me apoiaram e ajudaram muito durante o mestrado. Esses são os amigos que ficam. Mais uma recompensa deste maravilhoso período enquanto aluno de mestrado na UFCG;
- Claudio Bartoline e Marianne Hickey, pesquisadores da HP nos EUA e UK, participaram do projeto *Bottom Line* e foram co-autores da produção acadêmica do trabalho de mestrado. Muito obrigado a eles por todo o profissionalismo e atenção com o novato do grupo;
- A todos os professores e funcionários da COPIN. Agradecimento especial para Aninha, que com sua atenção e profissionalismo motiva a todos.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Descrição do Problema.....	4
1.2	Solução Proposta	4
2	Fundamentação Teórica	6
2.1	Versão 3 de ITIL	6
2.2	Teoria da Utilidade	7
2.3	Matemática Intervalar.....	9
2.4	Trabalhos Relacionados	10
3	Um <i>Framework</i> de Apoio à Decisão para Investimentos em Serviços de TI	12
3.1	Análise dos Critérios Dependentes de SLA	16
3.1.1	O Impacto Resultante Esperado.....	17
3.1.2	Cálculo do Índice PI_{SLA}	20
3.2	Análise dos Critérios Puramente Financeiros.....	20
3.2.1	Cálculo do Índice $PI_{\$}$	21
3.3	Análise dos Critérios Subjetivos	21
3.3.1	Cálculo do Índice PI_{SUB}	22
4	Estruturação de um Experimento de Validação	24
4.1	Planejamento do Experimento.....	24
5	Apresentação e Análise dos Resultados	30
5.1	Modelo Dependente de SLA	30
5.2	Avaliação do <i>Framework</i>	31
5.2.1	Ilustração Numérica da Aplicação do <i>Framework</i>	31
5.2.1.1	Índice de Preferência dos Critérios Puramente Financeiros $PI_{\$}$	33
5.2.1.2	Índice de Preferência dos Critérios Dependentes de SLA PI_{SLA}	35
5.2.1.3	Índice de Preferência dos Critérios Subjetivos PI_{SUB}	37
5.2.1.4	Índice de Preferência Geral PI	38
5.2.2	Sessão de Uso do <i>Framework</i> para Avaliação e Utilidade e Completude	40
5.2.3	Entrevistas com CIO de Empresa do Mercado Financeiro	41
6	Conclusões e Futuras Oportunidades de Pesquisa	43
	Bibliografia	46
	Apêndice A. A Framework to Support Investment Decisions using Multi-criteria and under Uncertainty in IT Service Portfolio Management	49

Apêndice B. <i>A Model For Decision Support In Business-Driven It Service Portfolio Management Using SLA-Dependent Criteria And Under Uncertainty</i>	57
Apêndice C. <i>End-of-Session Questionnaires for evaluation of an ITSPM Framework</i>	65
Apêndice D. <i>Questionário utilizado para coletar considerações dos participantes da sessão de uso do Framework</i>	68

Lista de Figuras

1. O Portfólio de Serviços de TI, segundo ITIL V3	3
2. Curvas de Funções de Utilidade	9
3. <i>Framework</i> para a Seleção de Investimentos em TI.....	13
4. Organização de Atividades de Negócio (BA) nas Perspectivas do BSC.....	14
5. O Impacto Resultante Esperado.....	18
6. Visão Geral da Etapa de Planejamento do Experimento	26
7. O Princípio do Experimento	26
8. Modelo Dependente de SLA para Seleção de Investimentos em Serviços de TI...	31
9. Classificação das Atividades de Negócio da DIPEL.....	32
10. $PI_{\$}$ para as Opções de Investimento A, B, C e D.....	35
11. PI_{SLA} para as Opções de Investimento A, B, C e D.....	37
12. PI_{SUB} para as Opções de Investimento A, B, C e D.....	38
13. PI para as Opções de Investimento A, B, C e D.....	39
14. PI segundo um Tomador de Decisão com Inclinação a Riscos	40
15. Classificação das Atividades de Negócio da Redepharma	45

Lista de Tabelas

1. Diferenças Frequentes entre a Análise do Catálogo e do <i>Pipeline</i>	16
2. Passos para Análise dos Critérios Dependentes de SLA	17
3. Opções de Investimento.....	34
4. Critérios Seleccionados e seus Pesos	34
5. Custo do Investimento	35
6. Taxas de Ganho e Perda financeira dos Critérios Dependentes de SLA.....	36
7. O Impacto Resultante Esperado <i>I</i> trimestral.....	37
8. Valores Estimados para o Critério Subjetivo “Imagem da Empresa”	38
9. Resumo dos Resultados da Sessão de uso do <i>Framework</i>	41
10. Aspectos Abordados nas Entrevistas e Resultados Obtidos	42

Capítulo 1

Introdução

Este trabalho de mestrado está inserido no contexto de Gestão de Tecnologia da Informação (TI) com Foco no Negócio (BDIM) – *Business-Driven IT Management*. A importância e a dificuldade de gerenciar recursos e serviços de TI estão impulsionando empresas a adotarem as melhores práticas de gerência de TI, desenvolvidas ao longo dos últimos anos. Usualmente, empresas possuem atividades de negócio cujo suporte operacional é dado por serviços de TI. O gerenciamento adequado dos serviços de TI possibilita o pleno funcionamento das atividades de negócio. Quando a infra-estrutura de TI apresenta problemas, atividades de negócio são afetadas e isso pode acarretar em diversos problemas para o negócio. As melhores práticas para gestão de serviços de TI são baseadas na biblioteca ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) [1]. ITIL é um arcabouço de Gerência de Serviços de TI, orientado a processos, que oferece recomendações, práticas, objetivos e medidas de desempenho para o gerenciamento de serviços de TI de uma empresa. A HP, IBM, Microsoft e outras grandes empresas adotam ITIL como base para o gerenciamento de serviços de TI.

A Tecnologia da Informação tem sido considerada um dos principais componentes do ambiente organizacional, atuando em processos operacionais, táticos e estratégicos, com o objetivo de melhorar o desempenho corporativo. A gestão estratégica da TI tem como objetivo compreender o conjunto existente de ferramentas de suporte às operações e gestão dos negócios, para adaptá-las às constantes mudanças da indústria e torná-las flexíveis e eficientes. O aumento de investimentos em TI se deve ao impacto positivo e relevante no desempenho estratégico e organizacional que a TI proporciona. Isso, cada vez mais, tem

despertado o interesse de gestores e pesquisadores em melhor compreender de que forma investimentos em TI influenciam o desempenho corporativo.

O processo de decisão sobre quais opções de investimento em TI devem ser executadas é fundamental para possibilitar o alinhamento estratégico entre TI e negócios. A análise de opções de investimento deve considerar os custos, riscos e benefícios envolvidos.

O retorno do investimento realizado em TI pode ser tangível e/ou intangível, o que torna difícil sua mensuração e avaliação, na medida em que o grau de intangibilidade destes benefícios impõe a necessidade de indicadores quantitativos e qualitativos para sua determinação. A análise do retorno do investimento realizado em TI tem se tornado uma questão recorrente em pesquisas de diversas áreas do conhecimento, que buscam contribuir com orientações úteis ao processo decisório sobre quanto, quando e em que tecnologia investir para garantir a sustentabilidade e a vantagem competitiva dos negócios.

O alinhamento entre negócios e TI permite que objetivos de negócio (que devem ser claros) possam ser alcançados a partir de estratégias de TI. O alinhamento é um fator fundamental para o sucesso das aplicações da TI nos processos organizacionais – inclusive como meio para o alcance dos objetivos estratégicos. Surge, então, o conceito de Governança de TI, fundamental para a gestão de TI com foco no negócio. Este conceito é baseado em um conjunto de processos que visa estruturar a TI para que ela suporte os objetivos e estratégias de negócio da organização a partir:

- Da criação de condições para o exercício eficaz da gestão;
- De indicadores para manter as estratégias de TI alinhadas com as estratégias de negócio;
- Da medição e melhoria contínua do desempenho da TI;
- Do apoio por ferramentas adequadas;
- Do foco em processos de grande impacto sobre a estratégia.

Em busca das melhores práticas para gestão dos recursos de TI, empresas têm utilizado técnicas de gestão do portfólio de serviços de TI (*IT Service Portfolio Management* – ITSPM) para determinar como aplicar os investimentos de TI. A gestão de portfólio incorpora técnicas e práticas de governança para assegurar que os investimentos destinados ao portfólio atinjam os objetivos propostos. As práticas e modelos de BDIM (para gestão da TI com foco no negócio) podem, então, ser utilizados na construção de ferramentas de apoio à decisão para auxiliar os profissionais de gerência de TI e de negócio

a administrarem serviços de TI de forma que estes tragam o maior benefício possível para o negócio.

A abordagem da gestão do portfólio de serviços de TI auxilia os gestores a decidirem quais investimentos, dentre as opções disponíveis, devem ser realizados. O planejamento e o gerenciamento do portfólio de serviços de TI forçam os gestores a pensarem nas implicações dos investimentos em TI em toda a organização. O papel do gestor de TI é, então, montar o portfólio de investimentos de maneira a obter o maior retorno financeiro possível, reduzir custos e gerenciar bem os riscos. Assim, um programa adequado de gerenciamento do portfólio de serviços de TI permite a maximização do retorno do investimento em TI, minimizando riscos e melhorando a comunicação (e o alinhamento) entre gerentes de TI e executivos do negócio.

De acordo com ITIL, o Portfólio de Serviços de TI possui duas partes principais, como apresentado na Figura 1: o Catálogo de Serviços, composto pelos serviços em operação e o *Pipeline* de Serviços, que é composto por serviços a serem desenvolvidos (novos serviços). Serviços de TI terceirizados podem também fazer parte do catálogo, enquanto que alguns serviços no catálogo eventualmente serão aposentados. Tomadores de decisão devem considerar tanto o *pipeline* quanto o catálogo para gerência efetiva do portfólio de serviços. ITIL não possui formalismo nem ilustrações que demonstrem como suas recomendações de gerenciamento do portfólio de serviços de TI possam ser implantadas. Descreve “o que” deve ser feito, mas não “como”.

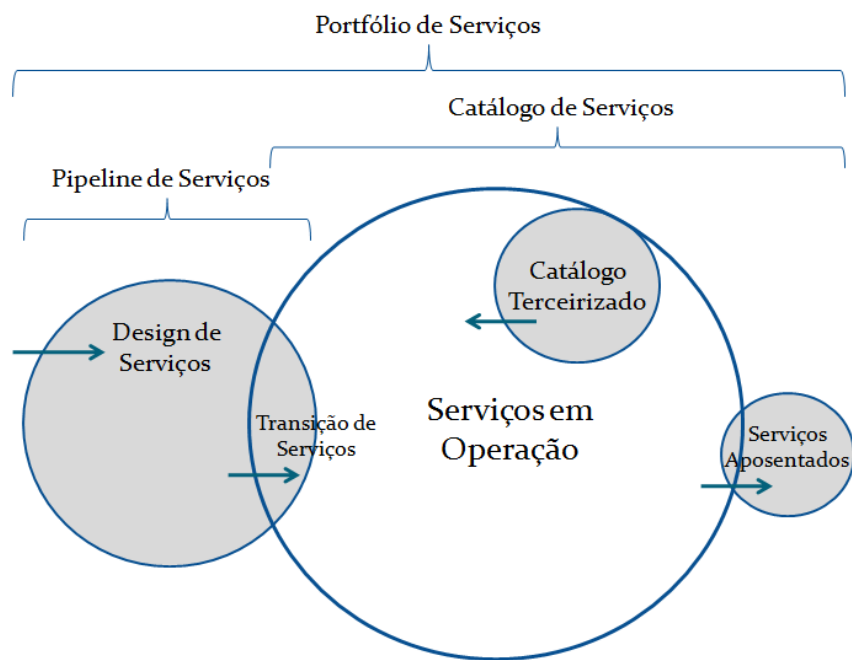


Figura 1: O Portfólio de Serviços de TI, segundo a versão 3 de ITIL

1.1 Descrição do Problema

Profissionais que atuam no gerenciamento do portfólio de serviços de TI (ITSPM) devem decidir como investimentos serão realizados. Eles lidam com a seguinte questão não-trivial: “Como melhor distribuir, pelo portfólio de serviços de TI da empresa, os recursos financeiros que estão disponíveis para investimento?” [7]. A alocação de recursos financeiros para opções de investimentos em serviços de TI é o problema abordado neste trabalho. Este problema nos leva a avaliar questões como:

- Quais serviços em operação (presentes no catálogo) devem receber mais recursos para melhorar desempenho? E quais novos serviços (presentes no *pipeline*) devem ser contratados?
- Quais critérios devem ser utilizados na avaliação das opções de investimento? Além de tangíveis – como “perda e ganho financeiro” –, como considerar critérios intangíveis, como “imagem da empresa” e “impacto ambiental”?
- Como priorizar as opções de investimento de modo a gerar uma lista com as melhores opções, segundo preferências da empresa?
- Como lidar com as incertezas advindas da avaliação dos tomadores de decisão?

Tomadores de decisão em ITSPM são profissionais responsáveis por decidir como os recursos financeiros para investimentos em TI serão alocados. Eles são, usualmente, gerentes de TI ou de negócio – ou possuem uma formação profissional que combina conhecimentos de TI e negócio. Os tomadores de decisão são usualmente avessos a risco, e preferem a segurança de perder pouco ao invés da chance que ter maior lucro. Outros preferem correr risco na busca de mais ganhos (inclinados a risco). Existem ainda aqueles que são indiferentes ao risco. O perfil de risco do tomador de decisão tem influência na análise das opções de investimento [15].

1.2 Solução Proposta

Um *Framework* conceitual, para análise de alternativas de investimentos, é proposto neste trabalho como solução para o problema da alocação de recursos para investimentos em serviços de TI. Entende-se como *Framework* conceitual um conjunto de conceitos organizados em um modelo de dados teórico para a resolução de um problema. Embora o termo “arcabouço” possa ser utilizado para designar *Framework* conceitual, o termo em Inglês “*Framework*” é utilizado nesta dissertação de mestrado por ser comum na literatura

técnica de gestão de TI.

O *Framework* proposto possibilita a avaliação de diferentes cenários de decisão para investimento em TI sob incertezas (tanto no catálogo quanto no *pipeline*), levando em consideração preferências de tomadores de decisão e múltiplos critérios (tangíveis e intangíveis).

O *Framework* permite a tomadores de decisão em ITSPM:

- Selecionar um conjunto de critérios (tangíveis e intangíveis) para a avaliação das opções de investimento;
- Analisar tanto serviços do catálogo quanto do *pipeline*;
- Considerar estimativas de ganho e perda financeira das opções de investimento;
- Considerar o perfil de risco do tomador de decisão e incertezas;
- Guiar planejamento estratégico para investimento;
- Ranquear as opções de investimento.

Para considerar o perfil de risco do tomador de decisão e as incertezas, o *Framework* proposto utiliza uma combinação de Matemática Intervalar (MI) [16] e Teoria da Utilidade (TU) [17].

Esta dissertação de mestrado segue estruturada da seguinte forma: Na fundamentação teórica, no Capítulo 2, são apresentados detalhes da biblioteca ITIL, de Teoria da Utilidade e de Matemática Intervalar. O *Framework* de apoio à decisão para investimentos em TI é detalhado no Capítulo 3. A estruturação de um experimento de validação é comentada no Capítulo 4. Os resultados da avaliação da solução proposta são detalhados no Capítulo 5, enquanto que conclusões e futuras oportunidades de pesquisa são comentadas no Capítulo 6.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Aplicações de BDIM usam modelos de ligação entre TI e negócio para apoiar decisões. A versão 3 da ITIL acredita que a base de decisões para a maioria das transições de serviços está relacionada com cinco indicadores: impacto, urgência, benefícios, custo e risco. Ferramentas de BDIM devem auxiliar gestores de TI na avaliação – quantitativamente, de preferência – de cada um destes cinco indicadores. Já existem produtos de fabricantes tais como *Computer Associates*, HP, IBM e outros – a exemplo do *Routes to Value* da BMC [2] – que oferecem um conjunto de soluções para alguns processos do ITIL e que olham para TI a partir de lentes de negócio. De qualquer forma, estas soluções disponíveis consideram ainda, alguns poucos indicadores ou lidam apenas com informações qualitativas.

A parte de gerenciamento do portfólio de serviços de TI de ITIL (ITSPM) não demonstra como as recomendações devem ser implantadas.

2.1 Versão 3 de ITIL

A versão 3 de ITIL foi lançada em 2007 e aborda recomendações e práticas aplicáveis por qualquer empresa interessada em aplicar ITSM. As recomendações e práticas consideram diferentes setores da indústria, tipo de corporação, orientações operacionais e arquitetura de TI. ITIL recomenda processos aplicáveis às fases específicas de todo o ciclo de vida dos serviços de TI: Estratégia (*Strategy*), Modelagem (*Design*), Transição (*Transition*), Operação (*Operation*) e Melhoria Contínua dos Serviços (*Continual Service Improvement* – *CSI*). As práticas e recomendações de ITIL para a gestão da TI são organizadas, a partir de 5 elementos, da seguinte maneira:

- **Perspectiva do Negócio:**
Aborda questões relacionadas ao aperfeiçoamento da provisão do serviço, tais como: gerenciamento da continuidade do negócio, parcerias e terceirização, adequação rápida a mudanças, transformação das práticas de negócio.
- **Gerenciamento de Aplicações:**
Aborda o ciclo de desenvolvimento de soluções baseadas em TI, assim como o suporte adequado para continuidade sustentável do ciclo e testes dos serviços.
- **Entrega de Serviços de TI:**
Aborda qual a necessidade de serviços de TI por parte do negócio (ou seja, como TI deve ser utilizada para alavancar o negócio), a entrega de soluções baseadas em TI e o suporte aos clientes. Trata de questões como o gerenciamento de capacidade, gestão financeira dos serviços, gestão de disponibilidade, do nível de serviço e da continuidade dos serviços de TI.
- **Suporte de Serviços de TI:**
Apresenta mecanismos e estruturas para garantir que os usuários acessem os serviços apropriados para suportar as funções do negócio. Trata de gerenciamento de incidentes, de configuração e de mudanças.
- **Gerenciamento de infra-estrutura de TI:**
Aborda o gerenciamento de serviços de rede, de operações e de sistemas.

A seleção e gestão de serviços de TI ainda é um ramo novo da área de Gerenciamento de TI, quando comparado à seleção e gestão de projetos. Na Seção 2.1, trabalhos relacionados são comentados. É possível observar que muitos deles tratam a seleção de projetos, e não de serviços de TI. Este trabalho trata da avaliação de opções de investimento para serviços de TI, considerando aspectos de desempenho da TI e diferenciando investimentos em serviços de TI existentes (catálogo) e novos (*pipeline*).

2.2 Teoria da Utilidade

Técnicas para tomada de decisão sobre incertezas permitem a tomadores de decisão escolher entre alternativas que, usualmente, possuem conseqüências incertas. Neste trabalho, a tomada de decisão entre opções de investimento em TI é abordada.

Técnicas para tomada de decisão sobre incerteza podem se basear na noção de Utilidade. A Teoria da Utilidade foi criada por Neumann e Morgenstern [16] e é baseada

no conceito de loterias. Por exemplo, considere uma situação simples de aposta pelo lançamento de uma moeda (o lançamento da moeda pode resultar em “cara” com probabilidade $p=0.5$ ou em “coroa”, também com $p=0.5$). O jogador tem duas opções (loterias):

- A. Recebe R\$ 50, sem precisar jogar a moeda; ou
- B. Lança a moeda e recebe R\$ 100 se o resultado for “cara” ou R\$ 0 se o resultado for “coroa”.

Qual a opção preferida pelo jogador? Um jogador muito conservador pode preferir a opção “A” para ganhar R\$ 50 sem riscos, ao invés de jogar e correr o risco de não ganhar nada. No entanto, a opção B pode ser preferível para um jogador que tenha inclinação para correr riscos em busca de maior lucro – neste caso, R\$ 100. Para representar preferências entre opções de loteria, Neumann e Morgenstern introduziram o conceito de função de “Utilidade Esperada” $U(L)$, sendo L a loteria. Se a opção “A” é preferível, então $U(A) > U(B)$. A utilidade esperada para cada opção pode, então, ser calculada da seguinte forma:

- No espaço discreto: $U(L) = \sum_{x \in \text{resultados}(L)} P(x)u(x)$, sendo $u(x)$ a função de utilidade sobre os resultados da loteria L ;
- No espaço contínuo: $U(L) = \int_X u(x)df$, sendo X a variável aleatória representando os resultados possíveis da loteria L e f a função densidade de probabilidade dos resultados.

Existem 4 passos envolvidos na tomada de decisão: 1) uma **ação** resulta em uma 2) **consequência** que leva a 3) um **valor** (ou KPI), a partir de uma **função** de avaliação, que é então, mapeado para 4) **utilidade**, a partir de uma função de utilidade. Alternativas são escolhidas de acordo com a utilidade esperada $U(L)$. A melhor opção é aquela com maior utilidade esperada. O perfil de risco do tomador de decisão pode ser considerado através da escolha adequada da função de utilidade $u(x)$. Como ilustrado na Figura 2 (o eixo horizontal representa o ganho g e o eixo vertical representa a utilidade U deste ganho), o perfil de risco é representado pela curva da função de utilidade: i) uma função linear representa indiferença a risco; ii) uma função côncava representa aversão a risco, pois o ganho marginal diminui com o aumento do ganho g ; e iii) uma função convexa representa inclinação para correr riscos, pois o ganho marginal aumenta com o aumento do ganho g [15]. Na Figura 2 são apresentadas curvas de funções que representam indiferença a risco (curva y_1), aversão a risco (curva y_2) e inclinação para riscos (curva y_3).

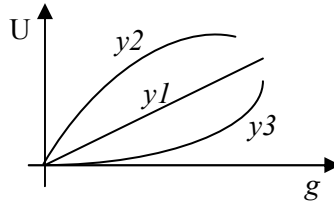


Figura 2: Curvas de Funções de Utilidade

2.3 Matemática Intervalar

O processo de tomada de decisão sob incerteza usualmente trata com a estimativa de valores para alternativas existentes. Suponha que um tomador de decisão precisa escolher uma opção de investimento entre duas alternativas existentes, “A” e “B”. Suponha ainda que o critério “custo do investimento” é considerado pelo tomador de decisão para escolher uma das opções. O custo real de uma opção de investimento em TI pode depender de fatores tecnológicos, de mercado (a exemplo de variação cambial), e etc. A estimativa de valores para critérios (como “custo do investimento”) é usualmente sujeita a incertezas. Tomadores de decisão para investimentos em TI preferem utilizar intervalos [min; max] para estimar valores para critérios, ao invés de lidar com escalares [27].

A solução proposta para o problema da alocação de recursos para investimentos em serviços de TI deve considerar as incertezas inerentes a estimativa de valores e pesos para critérios. Para isso, o *Framework* proposto utiliza a Matemática Intervalar [17] como ferramenta para considerar e tratar intervalos.

A Matemática Intervalar trata a representação numérica através de intervalos e das operações aritméticas neles realizadas. A aritmética clássica define operações sobre números individuais, enquanto que a aritmética intervalar define um conjunto de operações sobre intervalos. As operações básicas da Matemática Intervalar, para dois intervalos $[a, b]$ e $[c, d]$, em $(-\infty, +\infty)$, são:

- $[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d]$
- $[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c]$
- $[a, b] * [c, d] = [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)]$
- $[a, b] / [c, d] = [\min(a/c, a/d, b/c, b/d), \max(a/c, a/d, b/c, b/d)]$

Neste trabalho, são utilizados operadores (soma, subtração e multiplicação) da Matemática Intervalar em Equações que possuem intervalos como variáveis. O símbolo $\oplus$ é o operador de soma (+) para intervalos; $\ominus$ é o operador de subtração (-) e $\otimes$ é o operador

de multiplicação (*).

2.4 Trabalhos Relacionados

Soluções baseadas em TI para suporte a atividades de negócio são estratégicas quando são únicas, valiosas e difíceis de serem imitadas por competidores [3]. Como comentado em [4], o alinhamento estratégico da TI com o negócio impacta diretamente no negócio e no processo de seleção de investimentos em TI. Nas duas últimas décadas, alinhamento de TI consistentemente aparece como grande preocupação para executivos de negócio [5].

As práticas e modelos de BDIM, como mostram resultados na literatura, são mais vantajosas para o negócio do que as tradicionais práticas de gerência de TI que consideram apenas medidas técnicas, como disponibilidade e tempo de resposta [6]–[9].

Vários trabalhos na literatura [10]–[14] focam na análise de retorno do investimento para suporte à tomada de decisão para investimento em projetos de TI, não em serviços de TI. O trabalho em [8] aplica Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios (MAUT) [15] para tratamento de critérios tangíveis e intangíveis utilizados na seleção de projetos – 27 critérios pré-definidos são agrupados em 2 grandes grupos: relacionados a risco e relacionados a valor. Os projetos de TI considerados são, então, avaliados segundo risco e valor que agregam ao negócio. O trabalho em [28], por outro lado, aplica MAUT para seleção de contratos.

O trabalho apresentado nesta dissertação de mestrado aplica MAUT para a seleção de serviços de TI, tanto existentes (catálogo) quanto futuros (*pipeline*). A abordagem modela incertezas a partir de uma combinação de Teoria da Utilidade (TU) [16] e Matemática Intervalar (MI) [17] e difere das abordagens em [18] e [19] – que usam lógica *fuzzy* para modelar incertezas – por considerar intervalos $[a, b]$ (em que “ a ” é o valor mínimo e “ b ” o valor máximo) para os valores atribuídos a critérios, e também aleatoriedade no valor atual do critério a partir de uma distribuição de probabilidade, que é necessária para o cálculo da utilidade esperada na avaliação do critério.

O trabalho apresentado nesta dissertação de mestrado também difere dos trabalhos em [8], [9], [18]–[23] por inferir o link entre serviços de TI e atividades de negócio pelo uso da metodologia *Balanced Scorecard* (BSC) [24]. Esse link pode, então, ser utilizado (juntamente com dados do desempenho das atividades de negócio e da TI) para suportar a distribuição de investimentos entre os serviços de TI considerados. Neste trabalho utilizamos a sigla BSC, para referir ao termo em Inglês “*Balanced Scorecard*”, por ser

comum na literatura técnica de gestão negócios e de TI.

O trabalho em [7] detalha um esforço inicial para a seleção de investimentos em serviços de TI existentes (catálogo). É considerado um único critério tangível (“perda financeira”), e apenas o catálogo, para avaliação de opções de investimento. O trabalho apresentado nesta dissertação de mestrado estende a abordagem em [7] para possibilitar: i) a avaliação de investimentos em serviços de TI existentes (catálogo) e futuros (*pipeline*); ii) considerar incertezas pela combinação de Teoria da Utilidade e Matemática Intervalar e iii) utilizar múltiplos critérios, tangíveis e intangíveis, para ranquear opções de investimento em serviços de TI. Este trabalho também difere dos trabalhos relacionados por organizar critérios para a tomada de decisão em três grupos. Cada grupo de critérios é analisado para o cálculo de um índice de preferência, que é usado para ranquear as opções de investimento. Os três índices de preferência, gerados pela análise de cada um dos três grupos de critérios, são então combinados (pelo uso de MAUT) para o cálculo de um índice de preferência geral. O índice geral, então, ranqueia as opções de investimento segundo resultados da análise dos três grupos de critérios. A organização dos grupos de critérios é detalhada no Capítulo 3, assim como o cálculo dos índices de preferências.

O *Framework* detalhado nesta dissertação de mestrado, como solução para o problema da alocação de recursos financeiros para investimento em serviços de TI, está publicado no artigo “*A Framework to Support Investment Decisions using Multi-criteria and under Uncertainty in IT Service Portfolio Management*”, em [26]. Uma cópia do artigo está disponível no **Apêndice A**.

Capítulo 3

Um *Framework* de Apoio à Decisão para Investimentos em Serviços de TI

Na Figura 3, é apresentado o *Framework* proposto para análise de alternativas (apoio à decisão) de investimentos em serviços de TI. Uma pesquisa, realizada em 2008 [27] com 19 empresas do Nordeste do Brasil, identificou os critérios mais comuns para a seleção de serviços de TI. Alguns dos critérios identificados são puramente financeiros, como análise de “retorno do investimento” (*Return on Investment* - ROI), “custo” e “período de *payback*” (um indicador financeiro que representa o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento) associados a opções de investimento. Neste trabalho, utilizamos o termo em Inglês “*payback*”, ao invés do termo em português “período de retorno”, pois o termo em Inglês é mais comumente utilizado na literatura técnica de gestão financeira. Outros critérios, como o “tempo médio de reparo” de um serviço de TI ou o “ganho e perda financeira” devido ao seu funcionamento, estão relacionados ao desempenho do serviço de TI. Estes critérios podem ser usados para estimar o impacto dos serviços de TI no negócio pela análise de possíveis ganhos e perdas financeiras advindas de violações e cumprimento de SLA (*Service Level Agreement*). Estes são os critérios que dependem de SLA. O SLA especifica o nível de serviço – definido por atributos como “tempo de resposta” e “disponibilidade” – e é usualmente formalizado por um contrato entre o cliente (que adquiriu o serviço) e o provedor do serviço. Neste trabalho, a sigla SLA, derivada do termo em Inglês “*Service Level Agreement*”, é utilizado por ser comum na literatura técnica de gestão de TI. Ainda outros critérios, intangíveis como “imagem da empresa” e “satisfação

do cliente”, não são financeiros nem facilmente monetizados ou analisados a partir de violações e cumprimento de SLA. Diz-se que estes últimos são subjetivos. O *Framework*, então, organiza critérios para a avaliação de opções de investimento em três grupos:

- *Dependentes de SLA*
- *Puramente Financeiros*
- *Subjetivos*

As opções de investimento são avaliadas segundo o conjunto de critérios selecionados. Um índice de preferência é gerado pela análise de cada um dos três grupos de critérios (segundo preferências do tomador de decisão) para cada opção de investimento considerada, como mostrado na Figura 3 – sendo estes PI_{SLA} , $PI_{\$}$ e PI_{SUB} pela análise dos critérios dependentes de SLA, puramente financeiros e subjetivos, respectivamente. Os índices resultantes (PI_{SLA} , $PI_{\$}$ e PI_{SUB}) podem ser individualmente utilizados para a priorização das opções de investimento, de modo que a melhor opção seja aquela com maior índice de preferência. Tomadores de decisão podem, então, basear decisões segundo cada um dos três grupos de critério, ou em um índice geral de preferência (PI na Figura 3) que considera todos os três grupos de critério. A Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios (*Multi-attribute utility theory* – MAUT) [15] é usada para integrar os critérios díspares e heterogêneos utilizados no *Framework* e, assim, produzir um índice geral de preferência PI para apoio à decisão de investimentos em serviços de TI.

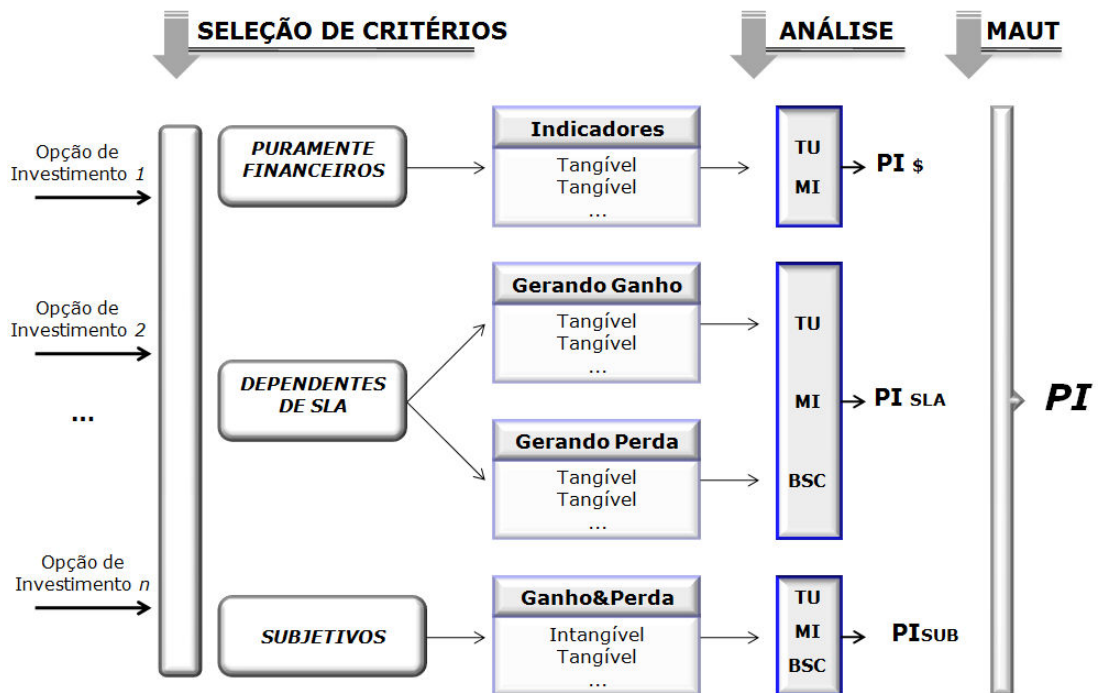


Figura 3: *Framework* para a Seleção de Investimentos em TI

O *Framework* considera incerteza a partir de Matemática Intervalar (MI) e Teoria da Utilidade (TU). Trata o perfil de risco do tomador de decisão (avesso a risco, inclinado a risco e indiferente a risco) e utiliza a organização das quatro perspectivas do *Balanced Scorecard* (BSC) [24] – uma metodologia de gerenciamento do desempenho corporativo para avaliar se as atividades de uma empresa estão alinhadas com seus objetivos em termos de visão e estratégia, (Cliente, Operacional, Futuro e Financeiro), como forma de olhar para o negócio e facilitar identificação, organização e estimativa de pesos das atividades de negócio (AN). Como ilustrado na Figura 4, para cada atividade de negócio (AN) em uma dada perspectiva do BSC, seu peso para o negócio (Peso AN) e os serviços de TI de suporte (juntamente com os SLAs de disponibilidade) podem ser identificados, e então as contribuições de cada AN para o negócio podem ser estimadas. Tomadores de decisão então decidem como alocar recursos para cada um dos serviços de TI que suportam atividades de negócio.

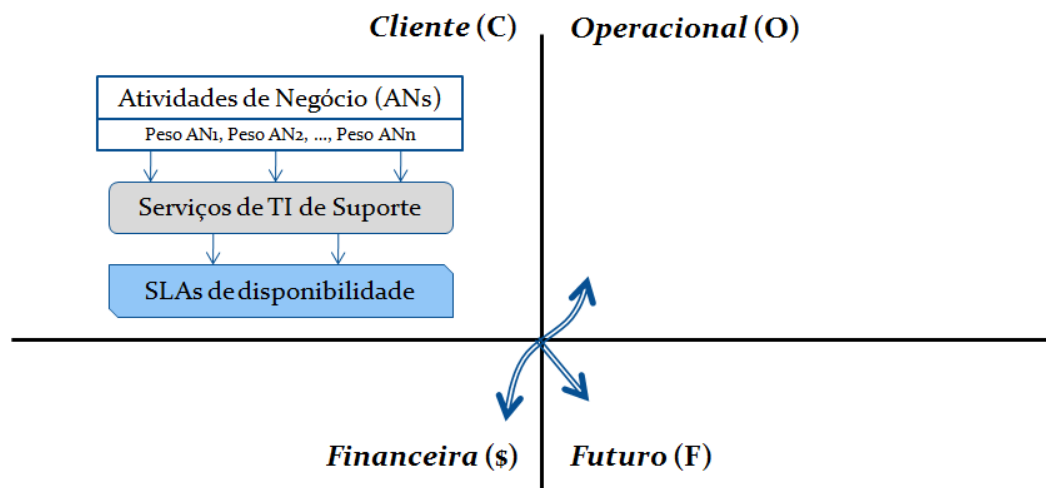


Figura 4: Organização de Atividades de Negócio (AN) nas Perspectivas do BSC

Para a avaliação dos critérios dependentes de SLA e Subjetivos, todas as perspectivas do BSC são consideradas. Para análise dos critérios puramente financeiros, apenas a perspectiva financeira do BSC é considerada. A relevância de cada perspectiva do BSC, na análise dos critérios selecionados, e também os valores estimados para cada critério são sujeitos a incertezas. O *Framework* proposto permite a ponderação das perspectivas do BSC e a atribuição de valores para cada critério selecionado a partir de um intervalo de valores $[a, b]$ (em que a e b são, respectivamente, as estimativas mínima e máxima para a perspectiva ou critério sendo considerado). Suponha que para uma dada opção de investimento, a estimativa do período de *payback* é de 11 meses, mas algumas

incertezas indicam que o *payback* pode variar. O tomador de decisão pode então considerar a faixa [10 meses, 12 meses] para a avaliação da opção de investimento, ao invés do escalar 11 (meses).

Os índices de preferência PI_{SLA} , $PI_{\$}$ e PI_{SUB} são utilizados para ranquear as opções de investimento segundo os critérios dependentes de SLA, financeiros e subjetivos, respectivamente. Uma função de utilidade é definida para a avaliação do conjunto de critérios. Essa função representa o perfil de risco do tomador de decisão [15], como apresentado na Seção 2.2 – uma função côncava representa aversão a risco, enquanto que uma função convexa representa o oposto. Assumindo, para cada critério considerado, uma variável aleatória contínua no intervalo $[a, b]$ (em que a e b são, respectivamente, as estimativas mínima e máxima para cada critério avaliado) e, sem perda de generalidade, uma distribuição uniforme de probabilidades entre “ a ” e “ b ”, os índices de preferência PI_{SLA} , $PI_{\$}$ e PI_{SUB} são derivados da Equação 1, dada por:

$$\int_a^b \frac{1}{b-a} \cdot U(x) \cdot dx \quad (1)$$

em que

- $U(x)$ é a função de utilidade para a análise dos critérios;
- “ a ” é o valor mínimo para um critério considerado;
- “ b ” é o valor máximo para um critério considerado.

O índice de preferência geral PI é então estimado a partir de Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios (MAUT) – que é usada para combinar os índices heterogêneos PI_{SLA} , $PI_{\$}$ e PI_{SUB} . MAUT provê uma escala uniforme para comparar e combinar critérios tangíveis e intangíveis. O índice geral PI mede a preferência final do tomador de decisão quanto às opções de investimento. PI é calculado pela aplicação do modelo aditivo da Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios, que é dado por:

$$PI_l = \sum_{j=1}^n w_j PI_{jl} \quad \text{para todo } l = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

em que:

- PI_l = o valor da utilidade geral PI da alternativa l ;
- w_j = o peso relativo do j th critério;
- $PI_{jl} = u_{jl}(X_l)$, para $1 \leq l \leq m$ e $1 \leq j \leq n$;
- u_{jl} = a função de utilidade do j th critério para a l th alternativa;
- $X_l = (x_{jl})$, para $1 \leq l \leq m$ e $1 \leq j \leq n$, X_l indica um valor específico de x_{jl} ;
- n = o número total de critérios;
- m = o número total de alternativas.

O *Framework* da Figura 3 possibilita que tanto serviços de TI do catálogo quanto do *pipeline* sejam analisados para a tomada de decisão de investimentos em TI. Características dos serviços do catálogo e do *pipeline* levam a diferenças na análise das opções de investimento, como descrito na Tabela 1. Essas diferenças são consideradas a partir das preferências do tomador de decisão.

CATÁLOGO (serviços existentes)	PIPELINE (serviços planejados)
Análise baseada na experiência do tomador de decisão e em dados históricos.	Análise baseada na experiência do tomador de decisão e na projeção do comportamento dos serviços de TI.
Pode utilizar SLAs existentes para determinar impacto real da TI.	Utiliza projeção do comportamento esperado da TI para realizar projeção do impacto da TI. O tomador de decisão pode olhar para o histórico de funcionamento da TI e escrever SLAs para estimar comportamento futuro.
O tomador de decisão define valores mínimos e máximos (para critérios, perspectivas do BSC e pesos) de modo a considerar incerteza na análise dos critérios.	O tomador de decisão normalmente se valerá de faixas de valores mais abrangentes para a estimativa de valores dos critérios, perspectivas do BSC e pesos. Isso permite levar em consideração o maior risco da análise do <i>pipeline</i> (serviços que ainda não existem).

Tabela 1: Diferenças Frequentes entre a Análise do Catálogo e do *Pipeline*

Os procedimentos para cálculo dos índices PI_{SLA} , PI_S e PI_{SUB} são apresentados, respectivamente, nas Seções 3.1, 3.2 e 3.3. Os detalhes e resultados da avaliação do *Framework* da Figura 3 são apresentados no Capítulo 5.

3.1 Análise dos Critérios Dependentes de SLA

SLA (*Service Level Agreement*) é um acordo contratual entre um provedor de serviço de TI e um cliente. O acordo especifica o nível do serviço de TI que será provido, a partir de métricas de desempenho. Estas métricas são chamadas SLOs (*Service Level Objectives*) e usualmente são definidas por medidas técnicas tangíveis, como “disponibilidade” e “tempo de resposta”.

A degradação do desempenho de serviços de TI pode ser responsável por um grande impacto negativo em uma atividade de negócio. SLAs podem ser considerados para a estimativa do ganho e perda financeira potencial de investimentos em TI. A análise dos

critérios dependentes de SLA é utilizada para a estimativa do impacto potencial no negócio devido a violações e cumprimento de SLAs.

Impacto negativo (perda) para o negócio resulta da degradação do desempenho de uma atividade de negócio (AN), causada por violações de SLA. O impacto positivo (ganho) é o oposto, resultando do desempenho satisfatório da AN devido ao bom funcionamento da TI (pelo cumprimento de SLAs). O procedimento para cálculo do índice de preferência PI_{SLA} é executado em 5 passos, como detalhado na Tabela 2.

PASSO	ATIVIDADE
1	Relacionar cada serviço de TI de interesse com a atividade de negócio (AN) que ele suporta.
2	Estimar o peso relativo de cada AN (suportada por serviços de TI) para os resultados do negócio.
3	Estimar a taxa de impacto financeiro para o negócio de cada AN suportada por serviços de TI com violações e cumprimento de SLA.
4	Calcular o impacto financeiro positivo e negativo para o negócio das ANs do passo 3, no período de avaliação τ .
5	Calcular o índice de preferência PI_{SLA} para cada opção de investimento considerada.

Tabela 2: Passos para Análise dos Critérios Dependentes de SLA

Sejam as faixas de valores $\gamma^{s^+}_k$ e $\beta^{s^-}_k$ (para os critério s^+ e s^- , relacionados a ganho e perda financeira, respectivamente) as taxas de ganho e perda financeira, respectivamente, de uma AN na perspectiva k do BSC – em que $k = \$, C, O, F$ (Figura 2). Seja P o número de critérios dependentes de SLA:

- P^+ é o subconjunto de critérios em P relacionados a ganho financeiro;
- P^- é o subconjunto de critérios em P relacionados a perda financeira.

$\gamma^{s^+}_k$ e $\beta^{s^-}_k$ possibilitam análise do impacto financeiro positivo e negativo no negócio devido a cumprimento e violações de SLA. A análise do impacto positivo e negativo possibilita o cálculo do impacto financeiro resultante no negócio.

A análise do impacto financeiro resultante é detalhada na subseção 3.1.1, enquanto que na subseção 3.1.2 é apresentado o procedimento para cálculo do índice PI_{SLA} .

3.1.1 O Impacto Resultante Esperado

A estimativa do impacto financeiro positivo e negativo pela análise de critérios dependentes de SLA relacionados a ganho (Gerando Ganho) e perda (Gerando Perda) –

como “ganho ou perda de mercado” advinda de cumprimento ou violação de SLA, por exemplo – possibilita o cálculo do Impacto Resultante esperado I para cada opção de investimento, como ilustrado na Figura 5. O Impacto Resultante I é, então, usado para o cálculo do índice de preferência PI_{SLA} .

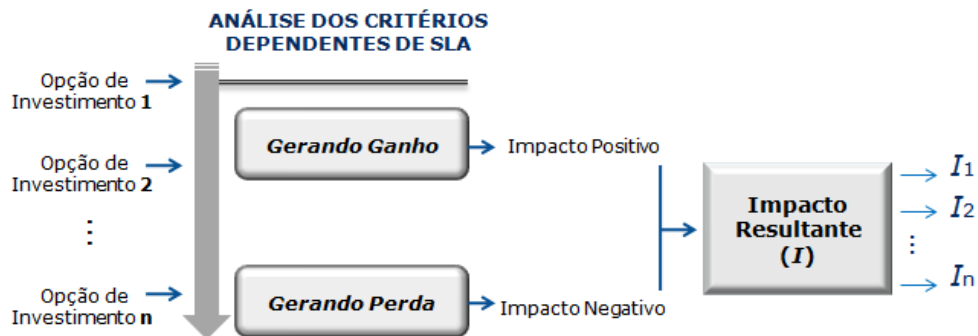


Figura 5: O Impacto Resultante Esperado

Suponha que um provedor de acesso à Internet descobriu que um de seus equipamentos (um roteador, por exemplo) está causando falha na conexão de Internet de vários clientes. O provedor deve, então, consertar ou trocar o equipamento defeituoso e eventualmente reiniciar aplicações ou recuperar dados perdidos através de cópias de segurança existentes. O impacto adverso no negócio devido a violações de SLA usualmente dura α vezes mais (sendo $\alpha > 1$) do que apenas corrigir o serviço de TI que suporta a atividade de negócio.

A estimativa do Impacto Resultante no negócio de cada opção de investimento é, então, dada pela execução de três passos: I) Estimar o impacto financeiro positivo para o negócio devido a cumprimento de SLA na perspectiva k , I_k^G ; II) Estimar o impacto financeiro negativo para o negócio devido a violações de SLA na perspectiva k , I_k^L e III) Calcular o Impacto Resultante I com resultados dos passos I) e II).

O procedimento para estimativa do impacto financeiro negativo (Passo II) foi apresentado no trabalho em [7]. O trabalho detalhado nesta dissertação de mestrado expande a abordagem em [7] ao apresentar a análise do impacto financeiro positivo (Passo I) e do impacto resultante (Passo III), que é então utilizado para o cálculo do índice de preferência PI_{SLA} .

➤ **Passo I:**

O impacto financeiro positivo estimado no negócio devido a cumprimento de SLA é dado por:

$$\gamma_k^{s^+} \otimes [\tau \ominus (\alpha_i \otimes t_i)]$$

em que:

- τ é o período de avaliação;
- $(\alpha_i \otimes t_i)$ é o tempo total em que a atividade de negócio i (AN_i) apresenta problemas durante τ ;
- $\tau - (\alpha_i \otimes t_i)$ é o tempo total em que os serviços de TI de suporte da AN_i cumprem com seus SLAs durante τ ;
- t_i é o tempo total em que os serviços de TI de suporte violam seus SLAs;
- α_i é a faixa de valores $[\alpha_{min}, \alpha_{max}]$ do fator de amplificação para AN_i (o impacto adverso no negócio usualmente dura α vezes mais do que apenas corrigir o serviço de TI);
- $\otimes$ é o operador de multiplicação para intervalos.

O impacto financeiro positivo na perspectiva k , durante τ , atribuído a AN_i , pela análise de P^+ critérios dependentes de SLA gerando Ganho é, então, dado por:

$$I_{+k}^i(\tau) = \bigoplus_{s^+=1}^{P^+} (\gamma_k^{s^+} \otimes [\tau \ominus (\alpha_i \otimes t_i)]) \quad (4)$$

O impacto positivo total no negócio de M ANs na perspectiva k , durante τ , devido a cumprimento de SLA é então dado por:

$$I_k^G(\tau) = \bigoplus_{i=1}^M I_{+k}^i(\tau) \quad (5)$$

sendo:

- $\oplus$ o operador de adição para intervalos.

➤ **Passo II:**

Suponha que a AN_i apresenta problemas durante τ devido a violação de SLA de pelo menos um dos serviços de TI que a suportam. O impacto financeiro negativo estimado no negócio devido a violações de SLA é dado por:

$$B_k^{s^-} \otimes (\alpha_i \otimes t_i) \quad (6)$$

O impacto financeiro negativo na perspectiva k , durante τ , atribuído a AN_i , pela análise de P^- critérios dependentes de SLA gerando Perda, é então dado por:

$$I_{-k}^i(\tau) = \bigoplus_{s^-=1}^{P^-} (\beta_k^{s^-} \otimes \alpha_i \otimes t_i) \quad (7)$$

O impacto negativo total no negócio de M ANs na perspectiva k , durante τ , devido a violações de SLA é então dado por:

$$I_k^L(\tau) = \bigoplus_{i=1}^M I_{-k}^i(\tau) \quad (8)$$

➤ **Passo III:**

A estimativa do Impacto Resultante I dos serviços de TI com cumprimento e violação de SLAs, durante o período de avaliação τ , é então obtida por:

$$I(\tau) = \left(\bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} I_k^G(\tau) \right) \ominus \left(\bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} I_k^L(\tau) \right) \quad (9)$$

O símbolo $\ominus$ é o operador de subtração para intervalos.

3.1.2 Cálculo do Índice PI_{SLA}

Seja $G_{R,A}(\tau)$ o possível benefício financeiro obtido, no período τ , pela opção de investimento A quando comparada a uma situação de referência R (usada como parâmetro de comparação entre as opções de investimento consideradas). $G_{R,A}(\tau)$ é então definida por:

$$G_{R,A}(\tau) = I_A(\tau) \ominus ([\min(I_R(\tau)) + \max(I_R(\tau))]/2) \quad (10)$$

onde $\min(I_R(\tau))$ e $\max(I_R(\tau))$ são, respectivamente, os valores mínimo e máximo do intervalo $I_R(\tau)$.

$G_{R,A}(\tau)$ é definido no intervalo $[\underline{G_A}, \overline{G_A}]$, em que $\underline{G_A}$ é valor mínimo e $\overline{G_A}$ o valor máximo de $G_{R,A}(\tau)$. O índice de preferência $PI_{SLA(R,A)}$ (para a opção de investimento A) é calculado pela aplicação da Equação 1, em que:

- $U(x)$ é a função de utilidade para a avaliação dos critérios selecionados;
- $a = \underline{G_A}$;
- $b = \overline{G_A}$.

3.2 Análise dos Critérios Puramente Financeiros

A análise dos serviços de TI existentes (do catálogo) geralmente utiliza indicadores financeiros para decidir pela continuidade e priorização dos serviços. Opções de

investimento que consideram novos serviços (do *pipeline*), no entanto, são usualmente descartadas se restrições financeiras são violadas.

A análise dos critérios puramente financeiros pode ter precedência na avaliação das opções de investimento, pelo *Framework*. Se uma opção de investimento viola alguma restrição financeira – excedendo o custo ou período de *payback* aceitáveis para a empresa, por exemplo – a análise puramente financeira pode ser utilizada para descartar essa opção. Por outro lado, uma análise mais detalhada que considere os três grupos de critérios do *Framework* pode ajudar na argumentação de que algumas opções de investimento, embora inicialmente violem restrições financeiras, podem ter grande potencial e devem ser consideradas em abordagens estratégicas – o que pode levar a revisão da política financeira da empresa para investimentos em serviços de TI. Ajustes na política financeira podem, então, possibilitar maior alinhamento entre investimentos em TI e objetivos de negócio.

3.2.1 Cálculo do Índice PI_s

Tomadores de decisão podem decidir entre opções de investimento baseados apenas nos indicadores financeiros. Análise de todos os T critérios financeiros selecionados leva a estimativa do índice de preferência PI_s . Um índice de preferência financeiro individual deve ser calculado, pela aplicação da Equação 1, para cada critério puramente financeiro – PI_{s-r} para o critério r . O índice geral PI_s é então obtido pela combinação dos índices de preferência individuais. A combinação é realizada pela aplicação do modelo aditivo de MAUT da Equação 2.

O procedimento para cálculo do índice de preferência PI_s é realizado em 4 passos, descritos a seguir:

Para cada critério puramente financeiro $r \in T$:

1. Estimar o peso do critério r para o grupo de critérios puramente financeiros. O peso pode ser atribuído por uma faixa [peso mínimo, peso máximo], ao invés de um escalar.
2. Obter a estimativa financeira mínima e máxima do critério r – $E\$r_{\min}(\tau)$ e $E\$r_{\max}(\tau)$, respectivamente – para cada opção de investimento, no período de avaliação τ .
3. Calcular o índice de preferência PI_{s-r} pela aplicação da Equação 1, em que:
 - $U(x)$ é a função de utilidade para a avaliação dos critérios selecionados;
 - $a = E\$r_{\min}(\tau)$;
 - $b = E\$r_{\max}(\tau)$.

Para calcular o índice de preferência PI_s

4. Combinar todos os T índices de preferência individuais $PI_{\$-r}$ calculados no passo 3 pela aplicação da função aditiva de MAUT na Equação 2.

O índice de preferência definido no passo 3 é a utilidade esperada do critério financeiro r . O índice de preferência geral $PI_{\$}$, calculado no passo 4 é, então, a preferência final do tomador de decisão de acordo com a análise de todos os critérios puramente financeiros.

3.3 Análise dos Critérios Subjetivos

Os critérios Subjetivos são aqueles que não se encaixam nos grupos puramente financeiros ou dependentes de SLA, incluindo critérios intangíveis – como “satisfação de clientes” e “imagem da empresa”, por exemplo.

As técnicas mais utilizadas para a medição de indicadores subjetivos são baseadas em sistemas de pontuação em escala (*point scale systems*). A abordagem em [8] utiliza um sistema de escala para análise de critérios intangíveis utilizados para a seleção de projetos de TI. Na literatura de Medicina, o questionário McGill [29] é a técnica mais efetiva e aceita para a medição do aspecto e severidade de dor.

A precisão da análise dos critérios subjetivos depende da habilidade do tomador de decisão para estimar valores e atribuir pesos para os critérios selecionados. Foi adotado o intervalo $[0; 20]$ (20 pontos) como sistema de escala para avaliação dos critérios subjetivos. “0” representa a pior pontuação possível, enquanto que “20” representa a melhor. Como comentado em [8], a faixa $[0; 20]$ para a atribuição de valores a critérios intangíveis foi demonstrada como adequada em várias aplicações estatísticas devido sua flexibilidade para diferenciar níveis de adição de valor.

Cada critério é avaliado pela atribuição de valores mínimo e máximo (pelo tomador de decisão) no intervalo $[0; 20]$. Considere a avaliação do critério intangível “qualidade de suporte” de um serviço de TI. O par de valores $[15,2; 19,5]$ usualmente representará uma análise positiva do critério “qualidade de suporte” para uma dada opção de investimento. No entanto, note que “4,3” pontos entre a estimativa mínima e máxima em $[15,2; 19,5]$ pode indicar que a análise está sujeita a um alto grau de incerteza. Para a análise de cada opção de investimento, pares de valores $[Min; Max]$ são estimados para todos os critérios subjetivos, nas quatro perspectivas do BSC; Ω_k^u é o par de valores $[Min; Max]$ para o critério u , na perspectiva k .

3.3.1 Cálculo do Índice PI_{SUB}

O índice de preferência PI_{SUB} é definido como uma soma ponderada da contribuição (H_u) de cada critério subjetivo. Seja E_u o impacto estimado (considerando-se todas as perspectivas do BSC) devido à contribuição do critério u para a avaliação das opções de investimento. E_u é definido na faixa $[\underline{E}, \overline{E}]$ e é dado por:

$$E_u = \bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} (wp_k \otimes \Omega_k^u) \quad (11)$$

sendo wp_k o peso [mínimo; máximo] atribuído a perspectiva k .

A contribuição H_u do critério u é então calculada pela aplicação da Equação 1, em que:

- $U(x)$ é a função de utilidade para a avaliação dos critérios selecionados;
- $a = \underline{E}$;
- $b = \overline{E}$.

O índice de preferência PI_{SUB} , estimado pela análise de todos os N critérios subjetivos, é então definido por:

$$PI_{SUB} = \sum_{u=1}^N (wc_u \cdot H_u) \quad (12)$$

Em que wc_u é o peso do critério u .

Capítulo 4

Estruturação de um Experimento de Validação

Um experimento formal para a validação do *Framework* – com aplicação de inferência estatística – pode ser conduzido para a obtenção de resultados matematicamente verificáveis. No entanto, devido a limitações de tempo e escopo do mestrado, não foi possível realizar o experimento (detalhes sobre as razões serão apresentadas nesta Seção). A avaliação do *Framework* da Figura 3 foi realizada a partir de 1) Sessão de uso do *Framework* com participação de 20 empresas; 2) Entrevistas com CIO de uma empresa de grande porte; e 3) Um estudo de caso, com uma empresa da Paraíba, para apoio à decisão para investimento em serviços de TI. Os resultados são detalhados no Capítulo 5.

Neste Capítulo, o planejamento do experimento – segundo os procedimentos, recomendações e práticas em [33] – são apresentados. A execução do experimento é incluída como trabalho futuro.

4.1 Planejamento do Experimento

A população de interesse do estudo é “Tomadores de Decisão em ITSM” – profissionais responsáveis por decidir como os recursos financeiros para investimentos em TI serão alocados. Como comentado em [34], a definição da amostra da população deve ser realizada a partir de um método Probabilístico para que seja possível realizar inferência estatística. Um método Probabilístico de obtenção de amostra é aquele em que cada membro de uma população alvo possui uma probabilidade p , conhecida, não ZERO de ser

incluído na amostra. Ainda segundo [34], existem três razões para que a definição da amostra seja realizada a partir de um método Não-Probabilístico:

1. A população alvo é difícil de identificar. Por exemplo, assassinos de aluguel ou *hackers*.
2. A população alvo é muito específica e/ou com disponibilidade limitada. Por exemplo, executivos de empresas de grande porte.
3. A amostra será utilizada em um estudo piloto, e já está disponível. Por exemplo, a avaliação de um programa de treinamento existente.

O método de obtenção da amostra (os sujeitos do estudo) para o experimento do *Framework* da Figura 3 é definido como Não-Probabilístico, devido a seguinte razão: a população alvo é muito específica ou com disponibilidade limitada. Gerentes de negócio e de TI usualmente não dispõem de tempo suficiente para participarem de estudos de caso para pesquisa acadêmica (a não ser que o estudo de caso faça parte de suas atividades profissionais ou que seja de seu interesse direto), como aquele apresentado no Capítulo 5 deste trabalho. Por isso, a obtenção da amostra foi feita pelo método da conveniência [34]. Os **sujeitos** são 20 profissionais, tomadores de decisão em empresas, participantes de um curso de investimentos em TI em uma Universidade privada do Nordeste do Brasil. Dessa forma, não é possível a realização de inferência estatística pela amostra.

O experimento é planejado em um **contexto** não industrial, em que 20 profissionais de empresas no Nordeste – participantes do curso de “investimento em TI” de uma Universidade –, são os sujeitos. A experiência dos sujeitos difere, mais especificamente no tempo em que atuam como tomadores de decisão (TD) para investimentos em TI. Os sujeitos são classificados quanto à experiência em dois grupos: GRUPO 1 - aqueles com menos de dois anos atuando como TD; e GRUPO 2 - aqueles com mais de dois anos de experiência como TD. A opinião de TD do GRUPO 2 tem maior peso na análise dos resultados do experimento. Uma visão geral da etapa de planejamento do experimento é apresentada na Figura 6.

O princípio do experimento, como apresentado na Figura 7, é estabelecido pela causa (satisfação dos sujeitos ao usar o *Framework*) e o efeito (análise de utilidade e completude da solução), assim como pela observação do experimento, em que as variáveis independentes (problema a ser resolvido pelos TD e o método MT de seleção de investimentos) são entradas para a saída do processo (análise da satisfação dos TD quanto à utilidade e completude do *Framework*).

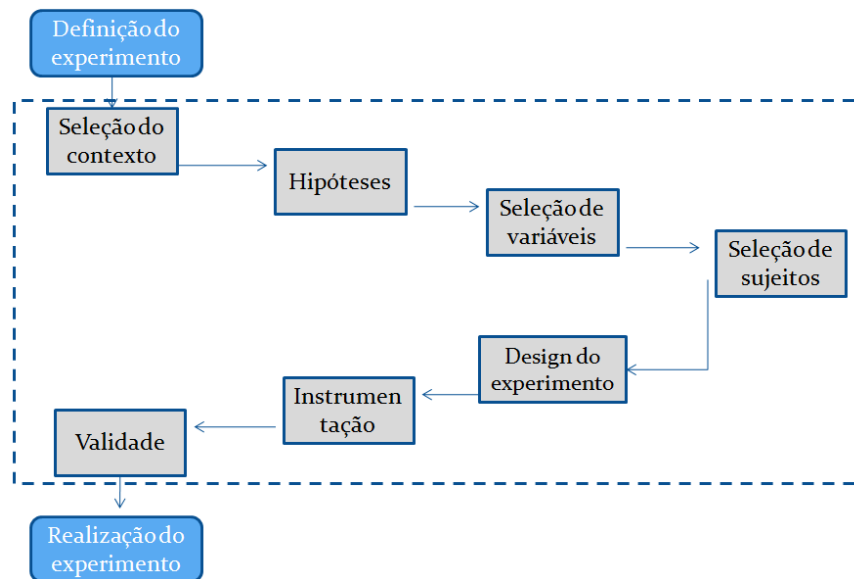


Figura 6: Visão Geral da Etapa de Planejamento do Experimento

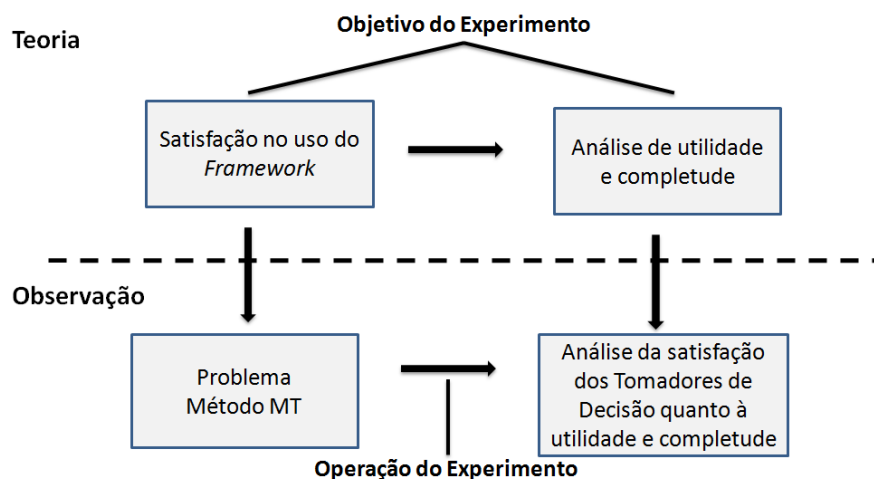


Figura 7: O Princípio do Experimento

O **problema** a ser utilizado no experimento para avaliação do *Framework* proposto é dimensionado para permitir um tratamento acadêmico (cenário acadêmico). Tem-se, então, experimento em um contexto não industrial (*off-line*) sendo realizado com profissionais que lidam com um problema dimensionado (*toy*), embora real, em um estudo específico para tomadores de decisão em investimentos em TI, com foco na avaliação do *Framework* da Figura 3.

Os sujeitos são solicitados a resolver um problema de escolha entre opções de investimento. Primeiro, os TD usam um método financeiro tradicional (MT) – que não

considera critérios intangíveis para a escolha de opções de investimento, nem incertezas – e, em seguida, utilizam o *Framework* da Figura 3. A hipótese é que os TD preferem utilizar o *Framework*, ao invés do MT, e que o consideram útil e “satisfatoriamente completo” para suprir suas necessidades para decisão de investimentos em TI. Ser “satisfatoriamente completo” significa atender as necessidades do TD para modelar diferentes cenários de decisão e permitir que os diferentes indicadores de interesse do TD (tangíveis e intangíveis) sejam utilizados para análise de opções de investimento. A satisfação dos TD é avaliada a partir do uso de GQM (*Goal/Question/Metric*) [33] – um mecanismo para planejamento, definição de objetivos de medição e avaliação de medidas. As **Hipóteses** nulas e alternativas são apresentadas a seguir:

1. Hipótese Nula, H_0 : Não há diferença na preferência (Pref) dos TD quanto ao uso do MT e do *Framework*.

$$H_0: \text{Pref (MT)} = \text{Pref (Framework)}.$$

Hipótese alternativa, H_1 : $\text{Pref (MT)} \neq \text{Pref (Framework)}$.

Medição necessária: Preferência entre MT e o *Framework*.

2. Hipótese Nula, H_0 : Os TD não consideram o *Framework* útil.

H_0 : O *Framework* não é útil.

Hipótese alternativa, H_1 : O *Framework* é útil.

Medição necessária: Utilidade do *framework*.

3. Hipótese Nula, H_0 : Os TD não consideram o *Framework* satisfatoriamente completo.

H_0 : O *Framework* não é completo.

Hipótese alternativa, H_1 : O *Framework* é completo.

Medição necessária: Completude do *Framework*.

Para a verificação das Hipóteses 1, 2 e 3, o Método Tradicional (MT) deve ser formalmente definido. Diferentes empresas usualmente utilizam métodos semelhantes – baseados em indicadores financeiros como “custo”, “*payback*”, “retorno do investimento”, e etc. – para a seleção de investimentos. O tempo necessário para a identificação, modelagem e documentação do MT (assim como mapeamento de aplicações consistentes) impossibilita sua utilização como parte de experimento formal no curso de mestrado. Desta forma, dois fatores principais impossibilitaram a realização do experimento no curso de mestrado:

- A. Não foi possível obter uma amostra significativa da população alvo – que é

“tomadores de decisão em ITSM” – a partir de um método probabilístico (para que fosse possível realizar inferência estatística). A população alvo possui disponibilidade limitada, o que impossibilitou a obtenção da amostra.

- B. Não foi possível identificar, modelar e documentar o método tradicional (MT) de alocação de recursos financeiros para investimentos em serviços de TI. Para que o MT possa ser usado na comparação com o *Framework*, ele precisa ser formalmente mapeado e aplicações consistentes de seu uso precisam ser identificadas [33]. O mapeamento formal do MT requer acesso a “tomadores de decisão em ITSM” (a população alvo). Como comentado no ponto 1, tomadores de decisão possuem disponibilidade limitada, o que impossibilitou o mapeamento formal do MT.

Como trabalho futuro, dois pontos são importantes para que o experimento possa ser realizado: 1) Utilização de um método probabilístico para obtenção da amostra; e 2) Definição formal do modelo de comparação, como por exemplo, o método financeiro tradicional (MT).

Para execução do experimento em trabalhos futuros, dois outros pontos são críticos: definição do *design* do experimento e a avaliação de validade do experimento. A seguir, como forma de auxiliar a execução futura do experimento, o *design* do experimento inicialmente planejado é comentado, assim como a avaliação de validade do experimento.

O *design* do experimento é do tipo “múltiplos testes com o objeto de estudo”. Os princípios gerais do *design* de experimentos são: *randomization*, *blocking*, *balancing* e *design types* [33]. Veja a seguir o *design* do experimento inicialmente planejado:

- **Randomization:** Não há escolha aleatória de sujeitos no planejamento inicial, como já comentado nesta Seção.
- **Blocking:** Uma estratégia de *blocking* é utilizada para a avaliação dos resultados do experimento. Sujeitos são agrupados em dois grupos, segundo seu grau de experiência. Aqueles com menos de dois anos de experiência e aqueles com mais de dois anos de experiência.
- **Balancing:** O conjunto de dados não é balanceado. Seria importante levar em consideração as peculiaridades do conjunto de sujeitos para considerar um conjunto balanceado de dados – experiência, cargo, formação acadêmica e profissional, etc. No entanto, os sujeitos do experimento planejado são participantes de um curso, que se inscreveram espontaneamente, e por isso não é possível influenciar seu

background e conseqüentemente, não há como balancear o conjunto de dados. Uma estratégia de *blocking* foi usada, mas o conjunto de dados não é balanceado.

- ***Standard Design Types***

- ✓ O *design* é do tipo “um fator com dois tratamentos”, para a Hipótese 1. O fator é a preferência dos TD, e os tratamentos são: a preferência por MT e a preferência pelo *Framework*. Para essa avaliação, *t-test* é utilizada.
- ✓ Para as Hipóteses 2 e 3, o *design* também é “um fator com dois tratamentos”. O fator é a avaliação do *Framework*, e os tratamentos são a sua completude e utilidade. Devido sua adequação para a avaliação de “um fator com dois tratamentos”, *t-test* será utilizada.

Quatro níveis de validade do experimento são considerados: validade interna (*Internal Validity*), validade externa (*External Validity*), validade da conclusão (*Conclusion Validity*) e validade da construção (*Construct Validity*). Para a *Internal Validity* no curso para investimentos em TI, o número de testes é igual ao número de profissionais participantes do curso de investimentos em TI. A avaliação de ameaças (*threats*) externas - *External Validity* -, mostra que é difícil generalizar os resultados que forem obtidos para participantes de outros cursos, senão aqueles de cursos de investimentos em TI. Com tratamento adequado, resultados podem ser generalizados para outros cursos de investimento em TI, ou para a população de tomadores de decisão em TI. Sobre *Conclusion Validity*, a qualidade dos dados coletados durante o experimento é o maior foco. Muita informação advém dos participantes. Existe o risco da obtenção de informações falsas ou incorretas (devido a erros).

Resultados das atividades de avaliação do *Framework* proposto neste trabalho são apresentados no Capítulo 5.

Capítulo 5

Apresentação e Análise dos Resultados

O *Framework* da Figura 3 é a solução proposta para ranquear opções investimentos em serviços de TI, segundo preferências do tomador de decisão. A solução foi desenvolvida e avaliada em duas etapas: I) Desenvolvimento e avaliação da parte do *Framework* que trata de critérios dependentes de SLA e II) Desenvolvimento e avaliação de todo o *Framework* – incluindo os grupos de critérios puramente financeiros, dependentes de SLA e subjetivos. Detalhes da avaliação correspondente às etapas I e II são apresentados nas Seções 5.1 e 5.2, respectivamente.

5.1 Modelo SLA-Dependent

A parte do *Framework* da Figura 3 que depende de SLA foi desenvolvida e avaliada, e serviu, então, como ponto de partida para a concepção de todo o *Framework*. O modelo dependente de SLA, que considera múltiplos critérios tangíveis e incertezas, é mostrado na Figura 8. O procedimento para cálculo do índice de preferência é detalhado na seção 3.1. O índice de preferência é, então, utilizado para suporte à decisão de investimentos em TI, segundo um conjunto de critérios dependentes de SLA.

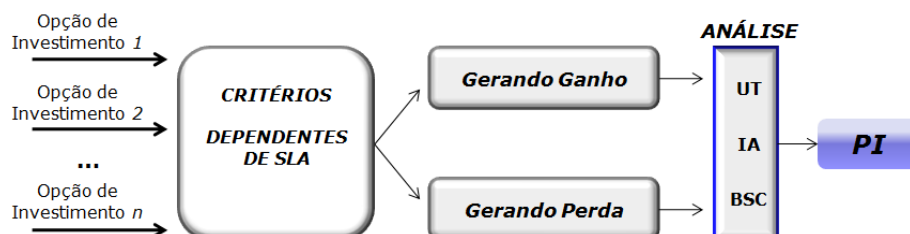


Figura 8: Modelo Dependente de SLA para Suporte à Decisão de Investimentos em Serviços de TI

O artigo em [25] detalha o modelo dependente de SLA da Figura 8 e foi publicado em 2009 na conferência ACM MEDES 2009. O trabalho foi indicado para receber prêmio de melhor artigo da Conferência (*Best Paper Award*). Cópia do artigo está disponível no **Apêndice B**.

5.2 Avaliação do *Framework*

Para a avaliação do *Framework* proposto neste trabalho, foi realizada uma análise da utilidade e completude da solução, como apresentado nas subseções 5.2.2 e 5.2.3. Um estudo de caso – em que o *Framework* foi aplicado para suporte à decisão de investimentos em TI em uma empresa de médio porte – foi realizado, como detalhado na subseção 5.2.1. Resultados indicam que o *Framework* é útil e satisfatoriamente completo para suporte à decisão de investimentos em serviços de TI.

5.2.1 Ilustração Numérica da Aplicação do *Framework*

Para a ilustração numérica da aplicação do *Framework*, um estudo de caso foi realizado. Neste estudo de caso, o portfólio de serviços de TI da empresa DIPEL móveis foi avaliado para suporte à decisão para investimentos em TI. A empresa DIPEL atua no mercado Paraibano de venda de móveis para o usuário final a mais de 50 anos e possui filiais nas cidades de Campina Grande e João Pessoa. Em 2009, a DIPEL decidiu entrar no mercado de produção de móveis, passando a ser também fornecedora de móveis para outras empresas do Nordeste que atuam na venda para o usuário final.

Na Figura 9, são apresentadas as atividades de negócio da DIPEL (ANs) de interesse para investimento. Elas estão distribuídas nas quatro perspectivas do BSC, com suas características, status e os serviços de TI que as suportam. A estruturação das informações, como mostrado na Figura 9, segue a organização apresentada na Figura 4. São 4 passos para a organização das ANs e dos serviços de TI de suporte: 1) Identificar as ANs de interesse para investimento; 2) Estimar o peso de cada AN para o negócio; 3) Identificar os serviços de TI que suportam as ANs; e 4) Os SLAs de disponibilidade dos serviços de TI. A obtenção dos dados apresentados na Figura 9, para este estudo de caso, foi realizada a partir de entrevistas com um executivo da DIPEL, a partir (e seguindo a ordem) dos 4 passos listados acima.

<u>Cliente</u>	<u>Operacional</u>
ANs de Vendas e Gerenciamento de relacionamento com o cliente (CRM). AN Vendas apresenta problemas; essa AN é suportada pelos serviços de intranet e pelo banco de dados “A”. Esses serviços são sujeitos a SLA de 99,00 % (τ = trimestral)	ANs de Emissão de notas fiscais, Controle de estoque e de Corte industrial de madeira para construção de móveis (CIPM). AN CIPM apresenta problemas; CIPM é dependente de duas aplicações, “ap1” e “ap2”, e do banco de dados “B”, cada um deles com SLA de 97,00% (τ = trimestral)
AN Contas a pagar e a receber (CPR). AN Contas a pagar e a receber (CPR) apresenta problemas; esse AN é suportada por um serviço de impressão e pelo banco de dados “A”. Esses serviços são sujeitos a SLA de 99,00% (τ = trimestral)	AN de colaboração com o cliente e de e-Learning. AN de colaboração apresenta problemas; Essa AN é suportada por acesso à Internet, cujo SLA é de 97,00% (τ = trimestral)
<u>Financeira</u>	<u>Futuro</u>

Figura 9. Classificação das Atividades de Negócio da DIPEL

Como apresentado na Figura 9, os SLAs de disponibilidade dos serviços de TI nas perspectivas Cliente e Financeira do BSC são de 99,00%. Os serviços de TI nas perspectivas Operacional e Futuro possuem SLAs de disponibilidade ainda menores, 97%. Isso significa que em 3 meses:

- Os serviços de TI nas perspectivas Cliente e Financeira ficam indisponíveis por:
 - $[(1-\text{disponibilidade}) * 90 \text{ dias} * 24 \text{ horas/dia}] \text{ horas} = [(1-0.99)*90*24]$
= 26,6 horas
- Os serviços de TI nas perspectivas Operacional e Futuro ficam indisponíveis por:
 - $[(1-\text{disponibilidade}) * 90 \text{ dias} * 24 \text{ horas/dia}] \text{ horas} = [(1-0.97)*90*24]$
= 64,8 horas

O tempo de indisponibilidade calculado, para os serviços de TI nas perspectivas Cliente e Financeira (**26,6 horas**) e Operacional e Futuro (**64,8 horas**), representa a soma dos intervalos de tempo em que os serviços de TI ficaram indisponíveis durante o período de avaliação, que é 90 dias.

Quatro opções de investimento foram consideradas pelos executivos da DIPEL, como apresentado na Tabela 3. Observe que as opções C e D consideram o desenvolvimento de um novo serviço de TI. No estudo de caso realizado, as opções de investimento da Tabela 3 foram avaliadas segundo quatro critérios (tangíveis e intangíveis) selecionados por executivos da DIPEL. Na Tabela 4, são apresentados os critérios selecionados, seus pesos e também o peso de cada um dos três grupos de critérios (estimados por executivos da DIPEL), para a avaliação das opções de investimento. Os critérios apresentados na Tabela 4 foram selecionados a partir dos resultados de uma pesquisa realizada em 2008 [27], que identificou os critérios mais comuns para a seleção de serviços TI.

Como comentado no Capítulo 3, o perfil de risco do tomador de decisão é levado em consideração a partir do uso de Teoria da Utilidade. A função de utilidade $-(1/\delta) \cdot e^{-\delta g}$ (em que $\delta > 0$ e é conhecido como coeficiente de aversão a risco) é frequentemente usada para representar aversão a risco [7]. A função de utilidade de aversão a risco $U(g) = (1/\delta) \cdot (1 - e^{-\delta g})$ com $\delta = 0.001$ foi usada no cálculo dos índices de preferência PI_s e PI_{SUB} , e com $\delta = 0.0000001$ para o cálculo do índice PI_{SLA} .

5.2.1.1 Índice de Preferência dos Critérios Puramente Financeiros PI_s

O critério financeiro “custo do investimento” – recurso financeiro necessário para manter ou atualizar serviços de TI existentes ou adicionar novos serviços – foi considerado no estudo de caso realizado, como pode ser observado na Tabela 4. Na Tabela 5, são apresentados detalhes do custo (estimado pelo tomador de decisão da DIPEL) de cada uma das opções de investimento.

As estimativas de custo na Tabela 5, para cada opção de investimento, indicam que a opção “A” tem o menor custo mínimo estimado (4,0 R\$/hora). No entanto, a estimativa de custo máximo para a opção “A” é de 15 R\$/hora. Caso a opção de investimento “B” seja realizada ao custo mínimo estimado de 7,0 R\$/hora e a opção “A” custe mais que 7,0 R\$/hora, a opção de menor custo seria “B”, embora o menor custo mínimo estimado seja o da opção “A”. Tanto os intervalos de valores [min; max] quanto o perfil de tomador de decisão influenciam na análise de custo das opções de investimento.

Opção	Propósito do investimento e perspectiva do BSC em foco
A	ANs da perspectiva Cliente: ▪ Melhorar os serviços de TI levando SLA de disponibilidade para 99.90%.
B	ANs das perspectivas Cliente e Futuro: ▪ Melhorar os serviços de TI levando SLA de disponibilidade para 99.90%.
C	ANs da perspectiva Operacional: ▪ Adquirir um serviço de TI, digamos “serviçoX” (novo serviço), que automatize a comunicação entre “ap1”, “ap2” e o banco de dados “B” – tal comunicação é originalmente feita de forma manual, por manipulação e troca de arquivos entre as aplicações –, evitando a dependência humana no processo de corte industrial de madeira para construção de móveis (CIPM). ▪ O SLA de disponibilidade dos serviços de TI deve ser levado para 99.90%.
D	ANs das perspectivas Operacional e Financeira: ▪ Na perspectiva Operacional, desenvolver o serviço de TI, digamos “serviçoX” (novo serviço), que automatize a comunicação entre “ap1”, “ap2” e o banco de dados “B” – tal comunicação é originalmente feita de forma manual, por manipulação e troca de arquivos entre as aplicações –, evitando a dependência humana no processo de corte industrial de madeira para construção de móveis (CIPM). ▪ Nas perspectivas Operacional e Financeira, o SLA de disponibilidade dos serviços de TI deve ser levado para 99.90%.

Tabela 3: Opções de Investimento

Grupo de Critérios [peso]	Critérios Seleccionados [peso]
Dependentes de SLA [0.4]	Ganho: 1. Ganho financeiro Perda: 1. Perda financeira
Subjetivos [0.3]	1. Imagem da empresa [1.0]
Puramente Financeiros [0.3]	1. Custo [1.0]

Tabela 4: Critérios Seleccionados e seus Pesos

Investimento	Min (R\$/hora)	Max (R\$/hora)
Opção A	4,0	15,0
Opção B	7,0	22,0
Opção C	16,0	33,0
Opção D	22,0	45,0

Tabela 5: Custo do Investimento

O índice de preferência dos critérios puramente financeiros $PI_{\$}$ é obtido pela aplicação do procedimento apresentado na Seção 3.2, com os dados de custo disponíveis na Tabela 5. Os valores do índice $PI_{\$}$ para as opções de investimento “A”, “B”, “C” e “D” são mostrados na Figura 10, e indicam a opção “A” como sendo a melhor.

A análise das opções de investimento segundo o critério “custo” mostra que o tomador de decisão avesso a risco está inclinado a escolher a opção “A”, que maximiza suas chances de ter menor custo. A opção “D”, por outro lado, é a menos preferível, pois maximiza as chances de obtenção de maior custo.

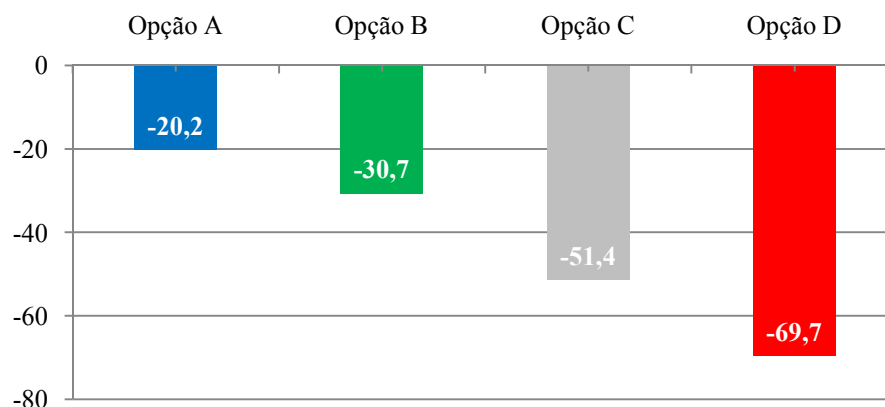


Figura 10: $PI_{\$}$ para as Opções de Investimento A, B, C e D

5.2.1.2 Índice de Preferência dos Critérios Dependentes de SLA PI_{SLA}

O índice de preferência PI_{SLA} é obtido pelo procedimento detalhado na Seção 3.1, com os dados de taxas estimadas de ganho e perda financeira dos critérios dependentes de SLA – disponíveis na Tabela 6.

BSC	Ganho Financeiro (R\$/hora) [min - max]	Perda Financeira (R\$/hora) [min - max]
C	1.300 – 2.200	12.000 – 13.400
O	4.800 – 5.500	11.450 – 13.100
F	90 – 120	260 – 500
\$	300 – 550	1.100 – 1.500

Tabela 6: Taxas de Ganho e Perda financeira dos Critérios Dependentes de SLA

A situação de referência R (utilizada para a avaliação comparativa das opções de investimento) é definida da seguinte forma: todas as ANs com problemas da Figura 8 têm seus serviços de TI de suporte violando o SLA uma vez no período de análise, que foi definido como trimestral. Isso significa que cada AN afetada apresenta problemas por “ $\alpha * [(1-\text{disponibilidade}) * 90 \text{ dias} * 24 \text{ horas/dia}]$ ” horas, em que “ α ” é o fator de amplificação (que representa o tempo em que uma AN fica indisponível devido a indisponibilidade da TI por “t” horas).

O cálculo do impacto resultante esperado trimestral no negócio, de cada uma das opções de investimento, com respeito a situação de referência R, segue o procedimento detalhado na subseção 3.1.1. O fator de amplificação “ α ” é o intervalo [1;3] em todas as perspectivas do BSC. Os valores são mostrados na Tabela 7.

Opção de Investimento	Impacto Resultante Esperado Min (R\$) Max (R\$)	
A	-2.772.252,00	3.905.604,00
B	-2.661.379,20	3.929.407,20
C	-265.788,00	4.691.304,00
D	-160.812,00	4.723.380,00

Tabela 7: O Impacto Resultante Esperado trimestral para as opções de Investimento “A”, “B”, “C” e “D”

Os dados apresentados na Tabela 7 indicam que a opção de investimento “D” possui o menor impacto negativo estimado. A opção de investimento “D” também possui o maior impacto positivo estimado. A escolha das opções de investimento está condicionada ao perfil de risco do tomador de decisão. Tomadores de decisão avessos a risco estão inclinados a escolher opções que minimizem as chances de perda, enquanto que um

tomador de decisão menos conservador pode buscar maiores ganhos. A opção “D” se mostra bastante promissora, pois apresenta o menor impacto negativo possível e o maior impacto positivo esperado.

Os valores do índice PI_{SLA} para as opções de investimento “A”, “B”, “C” e “D” são mostrados na Figura 11 e indicam a opção “D” como sendo a melhor, segundo a análise dos critérios dependentes de SLA por um tomador de decisão avesso a risco.

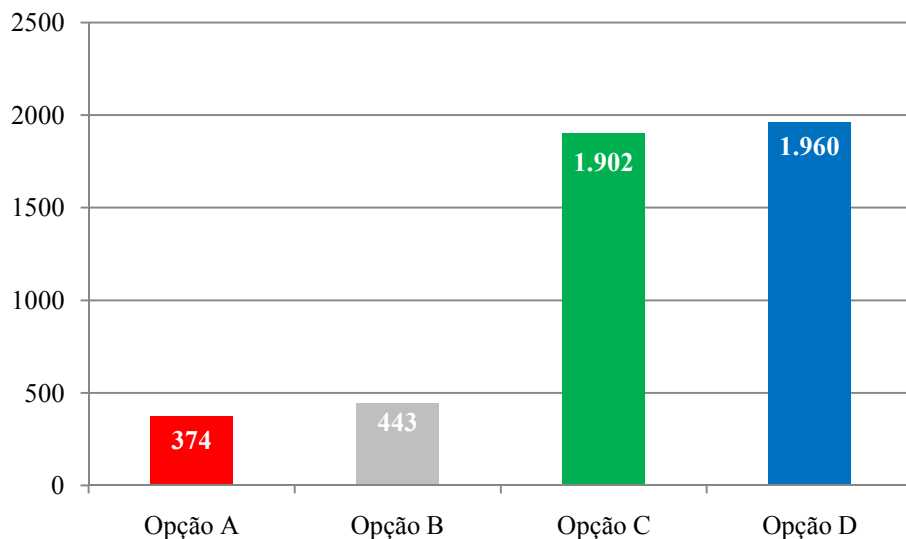


Figura 11: PI_{SLA} para as Opções de Investimento A, B, C e D

5.2.1.3 Índice de Preferência dos Critérios Subjetivos PI_{SUB}

O índice de preferência dos critérios subjetivos (PI_{SUB}) é calculado pela aplicação do procedimento apresentado na Seção 3.3. Os valores estimados para o critério subjetivo considerado neste estudo de caso – “imagem da empresa” –, são apresentados na Tabela 8. Como detalhado na Seção 3.3, pares de valores [Min; Max] são estimados pelo tomador de decisão, no intervalo [0; 20], em cada uma das quatro perspectivas do BSC. Diferentes perspectivas são impactadas de forma diferente, dependendo da natureza do critério avaliado e do foco dado pelas opções de investimento – ou seja, depende do critério avaliado e de quais serviços de TI receberão investimentos e em quais perspectivas esses serviços estão. Os valores estimados na Tabela 8 representam o impacto de cada opção de investimento no negócio segundo o critério “imagem da empresa”.

Investimento	BSC (O) min max		BSC (C) min max		BSC (F) min max		BSC (\$) min max	
Opção A	4	6	15	18	6	8	5	7
Opção B	4	6	16	19	13	15	5	7
Opção C	14	16	9	11	6	8	5	7
Opção D	14	16	9	11	6	8	11	12

Tabela 8: Valores Estimados para o Critério Subjetivo “Imagem da Empresa”

Na Figura 12, são apresentados os valores para o índice de preferência PI_{SUB} . A opção de investimento “D” é ranqueada como a melhor opção, segundo a análise do critério subjetivo “imagem da empresa”.

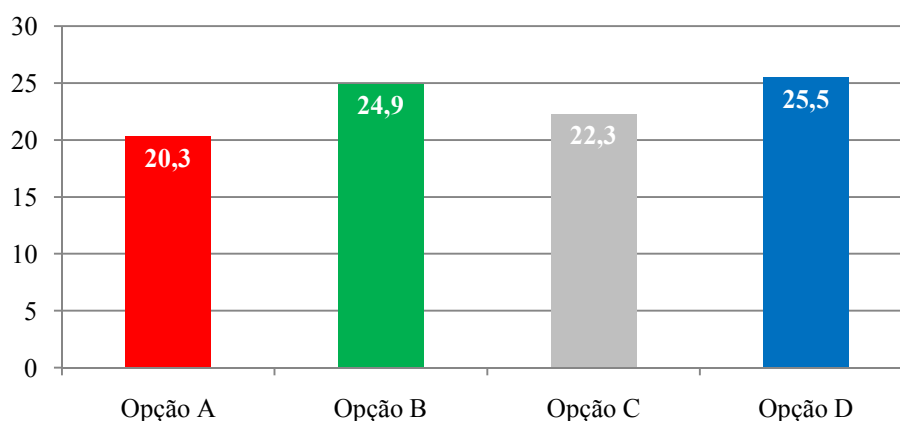


Figura 12: PI_{SUB} para as Opções de Investimento A, B, C e D

5.2.1.4 Índice de Preferência Geral PI

Os valores dos índices $PI_{\$}$, PI_{SLA} e PI_{SUB} são apresentados nas Figuras 10, 11 e 12, respectivamente. O índice $PI_{\$}$ indica a opção de investimento “A” como sendo a melhor, enquanto que os índices PI_{SLA} e PI_{SUB} indicam a opção “D”. Para calcular o índice de preferência geral que indique a melhor opção de investimento devido à análise de todos os critérios (considerando os índices $PI_{\$}$, PI_{SLA} e PI_{SUB}), procede-se para o cálculo do índice geral PI. Cada grupo de critérios tem um peso relativo, como mostrado na Tabela 4.

O índice geral PI é calculado pela aplicação do modelo aditivo da Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios (MAUT) da Equação 2 – apresentada no Capítulo 3 – com os pesos dos grupos de critérios da Tabela 4. O índice geral PI é, então, o índice de preferência final para priorização das opções de investimento. Valores do PI, para cada opção de investimento, são apresentados na Figura 13. As opções de investimentos são ranqueadas da seguinte maneira: $PI_D > PI_B > PI_C > PI_A$.

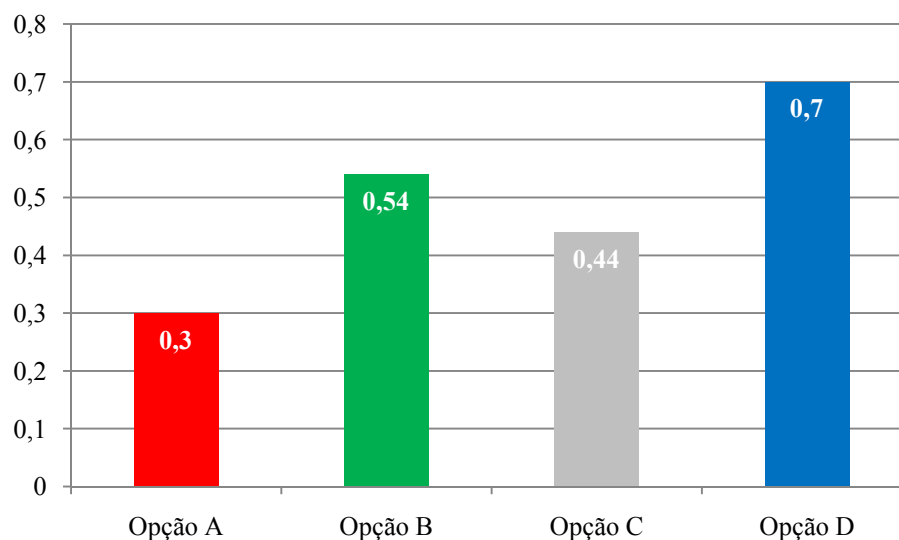


Figura 13: PI para as Opções de Investimento A, B, C e D

O tomador de decisão da DIPEL pode selecionar uma opção de investimento baseado em cada um dos três índices de preferência (PI_S , PI_{SLA} ou PI_{SUB}), em uma combinação deles ou no índice geral PI – que indica a opção “D” como melhor.

Os critérios selecionados foram analisados de acordo com um perfil de aversão a risco definido pela função de utilidade $U(g) = (1/\delta) \cdot (1 - e^{-\delta g})$. Suponha agora que um tomador de decisão não conservador, com inclinação para correr riscos em busca de maior retorno, é o responsável por decidir entre as opções de investimentos A, B, C e D. Para demonstrar como o perfil de risco interfere nos resultados, aplica-se um perfil de tomador de decisão com inclinação a riscos, para calcular o índice de preferência PI. Esse novo perfil é definido pela função de utilidade $U(g) = (1/\delta) \cdot (e^{\delta g})$ com os mesmos valores para δ .

Os resultados do novo índice PI na Figura 14 – segundo um perfil de tomador de decisão com inclinação a riscos – mostram que a priorização das opções de investimento muda para $PI_D > PI_C > PI_B > PI_A$. Desta forma, a opção preferida é a “D”.

A empresa DIPEL móveis adota um estilo conservador, minimizando riscos, para a seleção de investimentos em TI. Tendo em mãos os resultados obtidos neste estudo de caso, para a priorização de investimentos em TI, os gestores da empresa DIPEL optaram

por escolher a opção de investimento “D”, como sugere resultados mostrados na Figura 13. Com este investimento, a DIPEL espera resolver problemas recorrentes no setor de vendas (devido, principalmente, a falhas de banco de dados e intranet), assim como melhorar estratégias de fidelização de clientes e a identificação de fatores de satisfação dos consumidores.

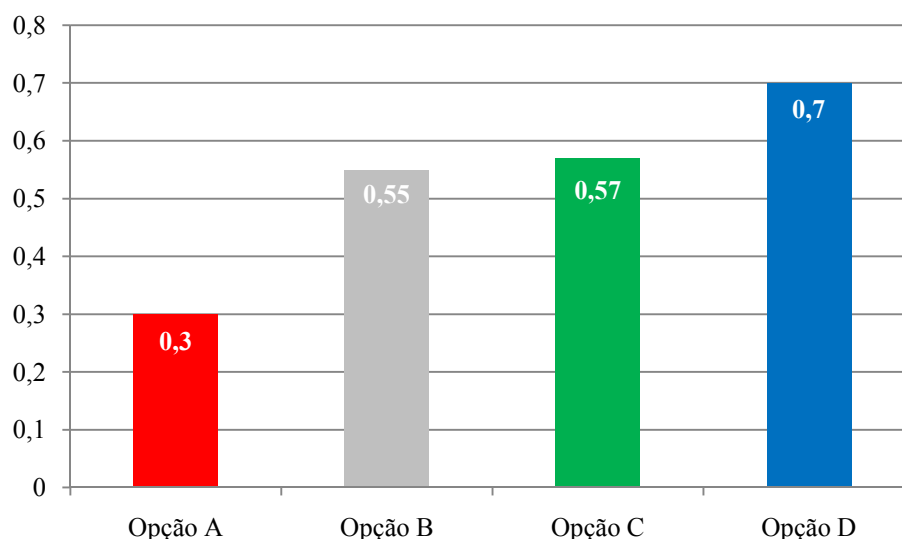


Figura 14: PI segundo um Tomador de Decisão com Inclinação a Riscos

5.2.2 Sessão de Uso do *Framework* para Avaliação de Utilidade e Completude

Em outubro de 2009, 20 empresas do estado da Paraíba participaram de uma sessão de uso do *Framework* proposto. O perfil das empresas participantes (porte, área de negócio e necessidade do uso de TI) foi variado. Entre os participantes estavam empresas regionais de pequeno e médio porte (do setor agropecuário, imobiliário, e etc), empresas nacionais (estatais, empresa do setor de maquinário pesado para agricultura, e etc) e multinacionais (uma do setor de material esportivo e outra de construção). Os participantes da sessão de uso foram os sujeitos inicialmente identificados para o experimento comentado no Capítulo 4.

Questionários foram utilizados para coletar considerações dos participantes quanto à utilidade e completude da solução. Houve apenas um participante por empresa (com exceção de dois participantes da empresa multinacional de material esportivo). O perfil dos participantes segue o papel do tomador de decisão em ITSM: profissional responsável por decidir como recursos financeiros para investimentos em TI são alocados. Eles são,

usualmente, gerente de TI ou de negócio – ou um profissional que combina conhecimentos de TI e negócio. Cerca de 20% dos participantes eram executivos de negócio. Os outros 80%, gerentes de TI. Resultados resumidos são apresentados na Tabela 9.

Os resultados na Tabela 9 sugerem que o Framework proposto:

- É útil para suporte à decisão para investimentos em serviços de TI;
- Atende as necessidades dos TDs (devido a organização de critérios em três grupos) para modelar diferentes cenários de decisão e permitir que diferentes indicadores de interesse (tangíveis e intangíveis) sejam utilizados para análise de opções de investimento;
- Poderia ser incluído em uma ferramenta de software para seleção de investimentos em TI;

QUESTÃO	RESULTADOS	% RESPOSTAS
Maiores dificuldades ao utilizar o Framework	Alta curva de aprendizado do modelo matemático	100
	Muitos dados de entrada	33
	Estimativa dos intervalos de valores	19
Alternativas para tratamento das dificuldades	Suporte através de ferramentas de software	71
	Programa de treinamento	28
	Serviços de consultoria	19
Organização dos grupos de critérios	Concordo	91
	O grupo de critérios subjetivos poderia ser subdividido	9
Utilidade do Framework	É útil	100

Tabela 9: Resumo dos Resultados da Sessão de uso do *Framework*

Relatório com detalhes dos resultados da sessão de uso do *Framework* está disponível no **Apêndice C**. O questionário utilizado para coletar considerações dos participantes está disponível no **Apêndice D**.

5.2.3 Entrevistas com CIO de Empresa do Mercado Financeiro

Entrevistas para a avaliação do *Framework* foram realizadas com o CIO (*Chief Information Officer*) de uma empresa Brasileira, de grande porte, que atua no mercado financeiro da

América do Sul. Ele foi apresentado ao *Framework*, o utilizou e foi questionado nas entrevistas quanto à utilidade e completude da solução.

As entrevistas foram realizadas por telefone, cada uma com duração média de 30 minutos. Foram realizadas 5 entrevistas entre Junho e Agosto de 2009. O entrevistado foi indagado quanto a aspectos de utilidade e completude do *Framework*, e também quanto à automatização do *Framework* por um protótipo de software e o uso estratégico da solução para investimentos em serviços de TI. Na Tabela 10, estão sumarizados os principais aspectos abordados nas entrevistas e os resultados obtidos.

ASPECTO AVALIADO	RESULTADO
Utilização de um conjunto de critérios para a avaliação das opções de investimento.	É adequado, desde que os critérios selecionados sejam representativos para a decisão.
Organização do <i>Framework</i> baseada em três grupos de critérios: puramente financeiros, dependentes de SLA e subjetivos.	A organização é satisfatória, mas a utilização de muitos critérios pode deixar a análise confusa.
Utilidade do <i>Framework</i> .	O <i>Framework</i> é útil.
Automatização do <i>Framework</i> através de ferramenta de software.	O <i>Framework</i> poderia ser incluído em uma ferramenta de suporte a tomada de decisão para auxiliar no processo de seleção de investimentos em TI.
Utilização do <i>Framework</i> para a seleção estratégica de investimentos.	O <i>Framework</i> pode ser utilizado na identificação de opções de investimento que, embora inicialmente violem restrições financeiras da empresa, podem ter grande potencial e devem ser consideradas em abordagens estratégicas. A identificação de opções estratégicas pode levar executivos da empresa a revisar aspectos da política financeira para investimentos em TI.

Tabela 10: Aspectos Abordados nas Entrevistas e Resultados Obtidos

Os resultados apresentados na Tabela 10 sugerem que o CIO da empresa do mercado financeiro considera que o *Framework* é útil e que sua inclusão em uma ferramenta de software para suporte a tomada de decisão poderia auxiliar no processo estratégico de seleção de investimentos.

Capítulo 6

Conclusões e Futuras Oportunidades de Pesquisa

Esta dissertação de Mestrado apresenta um *Framework* como solução para o problema da alocação de recursos financeiros para opções de investimentos em serviços de TI. Incertezas são levadas em consideração por uma combinação de Teoria da Utilidade e Matemática Intervalar. Múltiplos critérios podem ser selecionados pelo tomador de decisão para a avaliação de opções de investimento. Os critérios são organizados em três grupos. Cada grupo de critérios é analisado para o cálculo de um índice de preferência, que é utilizado para ranquear as opções de investimento. Os múltiplos critérios (tangíveis e intangíveis) são tratados a partir de Teoria da Utilidade para Múltiplos Critérios (MAUT).

Os resultados apresentados no Capítulo 5 sugerem que a solução proposta para apoio à decisão de investimentos em serviços de TI é útil. As considerações do CIO de uma grande empresa do mercado financeiro da América do Sul (subseção 5.2.3) e também resultados do trabalho de avaliação da utilidade e completude da solução proposta (subseção 5.2.2) sugerem que o *Framework* poderia fazer parte de uma ferramenta automatizada de suporte à decisão para auxiliar gerentes na estruturação de estratégias e melhoria contínua de serviços de TI (com foco no negócio).

Renato Miranda, executivo da empresa DIPEL, comentou sobre o estudo de caso apresentado na subseção 5.2.1 que “os resultados obtidos pela aplicação do *Framework* tornaram claras as razões que indicam porque uma opção de investimento deve ser escolhida em detrimento de outra” e também que “algumas políticas da empresa – como aquela para a definição do recurso financeiro anual para investimento em TI e de seleção

de critérios para avaliação de opções de investimentos – deveriam ser periodicamente revisadas para permitir iniciativas estratégicas mais eficientes, possibilitando vantagem competitiva”.

As atividades de negócio da DIPEL, suas características, status e os serviços de TI que as suportam são apresentadas na Figura 9. Empresas de pequeno e médio porte usualmente possuem um conjunto comum de atividades de negócio (e serviços de TI) nas perspectivas Cliente e Financeira do BSC – como atividades de vendas, CRM (*Customer Relationship Management*), contas a pagar e receber, além do controle da emissão de notas fiscais (regido por norma do Governo Federal) –, e normalmente diferem consideravelmente pelas atividades de negócio específicas nas perspectivas Operacional e Futuro.

O trabalho disponível no **Apêndice A** apresenta um estudo de caso da empresa Redepharma – uma rede de farmácias que opera 24 horas por dia em várias cidades do Nordeste. Na Figura 15, são apresentadas atividades de negócio da empresa Redepharma, suas características, *status* e os serviços de TI de suporte. As atividades de negócio da Redepharma nas perspectivas Cliente (*Customer*) e Financeira (*Financial*), assim como os serviços de TI que as suportam, são semelhantes a aquelas apresentadas pela DIPEL, na Figura 9. No entanto, a atividade de negócio CIPM da DIPEL está relacionada aos investimentos recentes da empresa para entrar no mercado de construção de móveis, mostrando que a perspectiva Operacional (*Operations*) especifica aspectos importantes do negócio da empresa. Ainda de acordo com as informações disponíveis nas Figuras 9 e 15, observa-se que os serviços de TI existentes na DIPEL estão sujeitos a SLAs de disponibilidade geralmente menores do que aqueles apresentados pela Redepharma. De fato, a Redepharma possui um portfólio de serviços de TI com melhor nível de serviço, o que reforça ainda mais a necessidade de investimentos em TI por parte da DIPEL móveis.

Futuras oportunidades de pesquisa incluem I) comparação do tratamento de incertezas (pelo uso de Teoria da Utilidade e Matemática Intervalar) com outras abordagens, como lógica *fuzzy*; II) o uso de *Discrete Choice Analysis* [30] para considerar os aspectos dinâmicos do comportamento do tomador de decisão diante a risco – o perfil de risco pode mudar durante o período de avaliação das opções de investimento –; III) utilização de técnicas de gerenciamento do conhecimento (*Knowledge Management*) para o desenvolvimento (modelagem) de opções de investimento que estejam alinhadas com as estratégias de negócio da empresa e IV) evolução do *Framework* para considerar

explicitamente um modelo de valor de negócio (*Business Value Model*), como aqueles em [31] e [32].

<u><i>Cliente</i></u>	<u><i>Operacional</i></u>
ANs de Gerenciamento de relacionamento com o cliente (CRM) e Vendas. AN Vendas apresenta problemas; essa AN é suportada pelos serviços de intranet e pelo banco de dados “DB1”. Esses serviços são sujeitos a SLA de 99,95 % (τ = trimestral)	ANs de Controle de estoque e Gestão da cadeia de suprimentos (SCM). AN SCM apresenta problemas; SCM é dependente da aplicação SCM, de conexão a um <i>web service</i> remoto e do banco de dados “DB2”, cada um deles com SLA de 99,95% (τ = trimestral)
ANs de Emissão de notas fiscais e de Contas a pagar e a receber (CPR). AN Emissão de notas fiscais apresenta problemas; essa AN é suportada por um serviço de impressão, intranet e pelo banco de dados “DB1”. Esses serviços são sujeitos a SLA de 99,99% nos dois primeiros dias de negócio de cada mês (τ = trimestral)	AN de colaboração com o cliente e de e-Learning. AN de colaboração apresenta problemas; Essa AN é suportada por acesso à Internet, cujo SLA é de 99,95% (τ = trimestral)
<u><i>Financeira</i></u>	<u><i>Futuro</i></u>

Figura 15: Classificação das Atividades de Negócio da Redepharma

Bibliografia

- [1] IT Infrastructure Library - ITIL, Office of Government Commerce, UK, 2007.
- [2] BMC Software, “www.bmc.com”. Visitado em 20/06/2010.
- [3] Levy, D.L. “Applications and Limitations of Complexity Theory in Organization Theory and Strategy”, in J. Rabin, G.J. Miller and W.B. Hildreth (eds.) Handbook of Strategic Management, 2nd edn, New York: Marcel, pp. 67–87, 2000.
- [4] Byrd, A., Lewis, B.R. and Bryan, R.W. The Leveraging Influence of Strategic Alignment on IT Investment: An empirical examination, *Information & Management* 43(3): 308–321, 2000.
- [5] Chan, Y. E., and Reich, B. H. “IT Alignment: What Have We Learned?,” *Journal of Information Technology* (22:4), pp.297-315, 2007.
- [6] Bartolini, C.; Salle, M.; Trastour, D., "IT service management driven by business objectives: An application to incident management," *Network Operations and Management Symposium*, 2006. NOMS 2006. 10th IEEE/IFIP, vol., no., pp.45-55, 3-7 April 2006.
- [7] Moura, J.A.B. Sauvé, J.P. and Boulmakoul, A. A possibility theoretic model for decision support in Business-Driven IT Service Portfolio Management under Uncertainty. In *Proceedings of HP-SUA*, pp.131-143, 2008.
- [8] Stewart, R. and Mohamed, S. IT/IS projects selection using multi-criteria utility theory. *Logistics Information Management*, 15 (4), pp. 254-270, 2002.
- [9] Stewart, R. A framework for the life cycle management of information technology projects: ProjectIT. *International Journal of Project Management* 26, 203-212, 2008.
- [10] Reich, B.H. and Benzabat, I., "Measuring the Linkage between Business and Information Technology Objectives", *Management Information Systems (MIS) quarterly*, vol. 20, pp 55-81, 1996.
- [11] Pisello, T. and Strassmann, "IT Value Chain Management – Maximizing the ROI from IT Investments", *Digital Publications from the Information Economics Press*, 2004.
- [12] Sichel, D.E., "Computers and Aggregate Economic Growth: An Update", *Business Economics*, 34(2), 1999.
- [13] Inn, K.S., Dow, K.E., Grover, V., “A Reexamination of IT Investments and the Market value of the Firm – An Event Study Methodology”, *Information Systems Research*, 12(1), pp. 103-117, 2001.

- [14] Dutta, A., and Roy, R., "A Process-Oriented Framework for Justifying Information Technology Projects in e-Business Environments", *International Journal of Electronic Commerce*, 9(1), 2004.
- [15] Keeney, R.L. and Raiffa, H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- [16] Neumann, J. von, Morgenstern O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Commemorative Edition, Princeton University Press, 2007.
- [17] Marek, W.G. *Power and Beauty of Interval Methods*. arXiv:physics/0302034v2, Domestic Conference on Evolutionary Algorithms and Global Optimization, Poland, May 26-29, 8 pp, 2003.
- [18] Chen, K. and Gorla, N. "Information System Project Selection Using Fuzzy Logic". *IEEE Transactions on System Management and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, Vol. 28, No. 6, November, pp.849-855, 1998.
- [19] Chen, C-T; Cheng, H-L. "A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment". *International Journal of Project Management*, In Press, 2008.
- [20] Gunasekaran, A., Ngai, E.W.T. and McGaughey, R.E. "Information technology and systems justification: A review for research and applications". *European Journal of Operational Research*, 173, pp. 957-983, 2006.
- [21] Mohamed, S. and McCowan, A. K.. "Modeling project investment decisions under uncertainty using possibility theory". *International Journal of Project Management*, 19, pp. 231-24, 2001.
- [22] Baccarini, D., Salm, G. and Love, P.E.D. "Management of risks in information technology projects". *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 104, No. 4 – pp. 286-295, 2004.
- [23] Lee, J.W. and Kim, S.H. "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection". *Computers & Operations Research*, 27, pp. 367-382, 2000.
- [24] Kaplan, R., and Norton, D. "The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance". *Harvard Business Review*, 70(1), pp.71-79, 1992.
- [25] Queiroz, M. J. S.; Moura, J. A. B; Sauvé, J. P; Bartolini, C.; Hickey, M. "A Model for Decision Support in Business-Driven IT Service Portfolio Management using SLA-dependent Criteria and under Uncertainty". In: *Proceedings of ACM MEDES09 Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, Lyon, France, 2009.

- [26] Queiroz, M. J. S.; Moura, J. A. B; Sauvé, J. P; Bartolini, C.; Hickey, M. "A Framework to Support Investment Decisions using Multi-criteria and under Uncertainty in IT Service Portfolio Management". Proceedings of BDIM10, Osaka, Japan, 2010.
- [27] Moura, J.A.B. 2008. Survey and Interviews on IT Financial Management. Available at http://www.bottomlineproject.com/hp/_media/survey_and_interviews_on_it_financial_management.pdf
- [28] Hatush, Z. and Skitmore, M.R. "Contractor selection using multicriteria utility theory: an additive model", Building and Environment, 33 (2-3), Elsevier, pp. 105-115, 1998.
- [29] Melzack, R. The McGill pain questionnaire: major properties and scoring methods. Pain, v.1, p.277-299, 1975.
- [30] Hensher, D., Rose, J. and Greene, W. Applied Choice Analysis: A Primer, Cambridge University Press, 2005.
- [31] Oliveira, J.A.; Moura, J.A.B; Bartolini, C.; Hickey, M. "Value-based IT Decision Support". Proceedings of BDIM09, 2009.
- [32] Oliveira, J.A.; Sauvé, J. P.; Moura, J.A.B; Bartolini, C.; Hickey, M.; Queiroz, M.J. "Value-driven IT Service Portfolio Selection". In: Proceedings of NOMS 2010.
- [33] Wohlin, C.; Runeson, P.; Höst, M.; Ohlsson, M.C.; Regnell, B.; Wesslén, A.; Experimentation in Software Engineering - An Introduction; Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [34] K. Barbara, L. Shari, Principles of survey research: part 5: populations and samples, ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, v.27 n.5, September 2002.

Apêndice A

*A Framework to Support Investment
Decisions using Multi-criteria and under
Uncertainty in IT Service Portfolio
Management*

In: Proceedings of IEEE BDIM 2010

A Framework to Support Investment Decisions using Multi-criteria and under Uncertainty in IT Service Portfolio Management

Magno Queiroz, Antônio Moura, Jacques Sauvé

Department of Computing Systems
Federal University of Campina Grande
Campina Grande, Brazil
{magno, antao, jacques}@dsc.ufcg.edu.br

Claudio Bartolini¹, Marianne Hickey²

¹HP Laboratories, Palo Alto, USA
²HP Laboratories, Bristol, UK
{claudio.bartolini, marianne.hickey}@hp.com

Abstract— This paper presents a framework to support decision making for investments in IT services. Investment options are analyzed and ranked according to utility indices estimated from possible positive and negative business impact of IT services. The approach takes multiple criteria and uncertainty into account by means of multi-attribute utility theory and interval arithmetic. The business impact of IT services is estimated by the analysis of criteria in one of three groups: Purely financial, Service Level Agreement (SLA) dependent and Subjective. Numerical illustrations encompassing tangible and intangible criteria demonstrate how the approach may be of use.

Keywords— Information Technology Infrastructure Library (ITIL); IT Service Portfolio Management; Balanced Scorecard; Multi-Attribute Utility Theory; Interval Arithmetic.

I. INTRODUCTION

Chief Information Officers (CIOs) frequently face the challenge to decide how to distribute the corporate IT budget over the IT service portfolio. Business executives push them to both make visible the benefits resulting from IT investments and to improve return to the business.

The portfolio management approach assists decision makers in investment prioritization and improvement of resource allocation. According to the Information Technology Infrastructure Library (ITIL) [1], “portfolios enable a financial discipline necessary to avoid making investments that will not yield value”. ITIL V3 defines the IT service portfolio as being composed of a pipeline and a catalog. The catalog is composed of active and retiring services. The service pipeline consists of services under development. Managers decide on which catalog services to invest more funds to improve performance and which new services must be phased in.

Analysis of the IT service portfolio must be based on criteria which serve as a guide to decision making. The decision maker’s risk profile and business objectives must be taken into account to enable a proper choice of criteria.

Most decision makers do not attempt to maximize expected financial income in situations involving a high degree of risk; they are usually risk-averse [2]. As commented in Control Objectives for Information and related Technology (COBIT) [4], enterprises use IT to enable business initiatives. They need

to invest in, manage and control the IT resources in order to achieve business objectives.

IT service portfolio management (ITSPM) decision makers deal with non trivial questions. As commented in [5], they deal with questions such as: “How should the planned IT budget be distributed over the corporate IT service portfolio?”; “Which existing services should receive more funds to improve performance and which new services should be contracted?”; and “What is the ranking of the IT services according to a comprehensive set of diverse, sometimes conflicting (e.g., cost and quality), investment criteria and under uncertainty?”. To answer these questions one may turn to investment analysis techniques or to IT Service Management (ITSM) recommendations for assistance in addressing the following items: 1) Merging analyses of tangible and intangible business benefits for investing in IT services; 2) Handling uncertainties in the information used for service investment decision making; 3) Estimating the major risks associated with a single IT service and with the whole corporate IT service portfolio.

The problem we address is the distribution of the corporate IT budget over the IT service portfolio. The proposed approach takes tangible and intangible criteria into account along with risk aspects.

As a solution, this paper presents a comprehensive framework to support decision making in ITSPM. The framework allows decision makers to take into account potential financial losses and gains caused by IT Service Level Agreements (SLA) compliance and violations; considers costs and other business impact estimates; takes multiple criteria (tangibles and intangibles) into account; ranks investment options in order to support decisions; and enables analysis of the service catalog and pipeline. Support for decision making is provided by means of a preference index which is estimated from the criteria analysis, using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) [2].

Decision makers in ITSPM frequently deal with uncertainty related to doubt about service and business environment parameters (this is epistemic uncertainty) or to randomness (stochastic uncertainty). The proposed framework in this paper considers uncertainty in general by means of Interval

Arithmetic [6] and Utility Theory [7]. Note that variations in some framework parameters (such as the weight of certain business activities to business results) are more related to epistemic uncertainty; intervals in other parameters (such as estimated revenue rate) are usually due to stochastic uncertainty.

The paper is organized as follows. Section 2 discusses related work. Section 3 describes the framework to support decision making in ITSPM. Section 4 details the part of the framework that uses purely financially dependent criteria. The analyses that use SLA-dependent and Subjective criteria are presented in Sections 5 and 6, respectively. Section 7 provides numerical illustrations and Section 8 offers comments on initial validation results. Finally, concluding remarks and next steps are presented in Section 9.

II. RELATED WORK

Support for IT investment decision making with focus on examining return on investments of (usually, future) IT projects (not necessarily services) has been considered by several works in the literature [8]–[12]. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) [2] has been used to evaluation of multiple criteria for IT project selection [13], [14], contractor selection and bid evaluation [15].

This paper applies MAUT to IT service selection. The approaches in [16] and [17] use fuzzy logic to handle uncertainty. Our work handle uncertainty considering intervals for the values of a given criterion and randomness in the actual value of the criterion by means of a probability distribution, which is needed to calculate the expected utility for the criterion values. It also differs from [13], [14], [16]–[22] in the sense that it uses the Balanced Scorecard (BSC) [23] to infer the linkage between IT services and business activities and then uses the linkage to distribute investments among IT services. The services considered may currently be active or yet to be brought into operation.

III. AN ITSPM FRAMEWORK

The most frequent criteria for selecting IT services were ranked in [25]. Some of the ranked criteria are purely *financial* – such as “minimizing cost”, “maximizing ROI” or “maximizing profit”. Other criteria are related to a continuum of IT service performance level possibilities and may be of use to estimate the business impact of services by analyzing financial gains and losses due to IT SLA compliance and violations. We say these are “*SLA-dependent*” criteria and may include “financial loss and gain”, “market share gain” or “repair time” of an IT service. Still others, intangibles like “quality of support”, “customer satisfaction” and “company’s image”, may be evaluated by considering an extreme level of IT service performance only – caused by significant service interruptions, say – without the need to take partial IT service capability into account. We say these last ones are “*Subjective*” criteria.

This paper presents a comprehensive framework to support decision making in ITSPM. Selected criteria are organized into three groups, from which the decision maker may choose

(Fig. 1): i) Purely financial; ii) SLA-dependent; and, iii) Subjective.

The work in [24] is an initial effort to assist decision makers in ITSPM. It considers SLA-dependent criteria only, although under uncertainty, to analyze investment options. The comprehensive framework presented in this paper extends the work in [24] by considering the three criterion groups shown in Fig. 1 and by application of MAUT to elicit an overall preference index over the selected criteria.

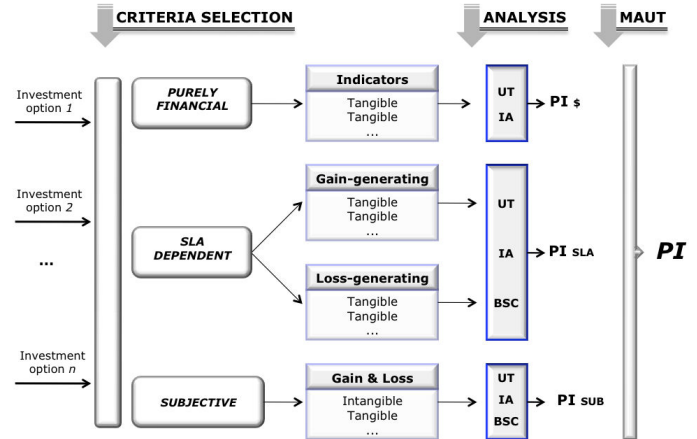


Figure 1. Outline of an ITSPM framework

The framework calls for investment options to be analyzed according to the set of selected criteria. Preference indices are generated from the analysis of each one of the three criterion groups. The resulting indices rank investment options, so that the best investment is the one with the highest index. The decision maker can make decisions based on each one of the three criterion group’s index separately or on the overall preference index (PI in Fig. 1).

The framework takes uncertainty into account by means of interval arithmetic (IA) and Utility Theory (UT). It uses the BSC methodology as a prism to look into the business and to facilitate identification, organization and estimation of the weight of business activities (BAs). (The IT dependencies of BAs are then used to estimate IT services’ impact on the business.) BSC uses a set of measures that allows managers to look at the business from four important perspectives – Customer (C), Operational (O), Future (F) and Financial (\$) –, which gives them a fast but comprehensive view of the business.

Decision makers may be uncertain about the relevance of BSC perspectives and also about the values they attribute to or estimate for the selected criteria [24]. Such uncertainty is epistemic in nature. Instead of a single scalar, the proposed framework allows the weighing of BSC perspectives and the definition of values for each of the selected criteria through the use of a value interval $[a, b]$ (where a and b are the minimum and maximum estimates respectively for the perspective or criterion being considered). Decisions also depend on the decision maker’s *risk profile* (risk-averse, risk-neutral or risk-seeker) [2]. For instance, a risk-averse decision maker may prefer a lower maximum gain rather than take the risk of loss for a greater gain. The framework allows one to

consider the decision maker's risk profile by means of Utility Theory. Lack of complete information and risk preferences are taken into account simultaneously by a combination of Interval Arithmetic and Utility Theory.

For each business activity in a given BSC perspective, one may then identify the actual supporting IT services or the ones being planned, infer their contribution to business results and decide to invest a certain budget in each one of them. The purely financial criteria analysis also serves to screen a given IT service being considered for investment. An unacceptable investment payback period, for instance, may determine that an IT service must not be part of the service pipeline.

A preference index is generated for each one of the three criterion groups. In what follows, $PI_{\$}$, PI_{SLA} and PI_{SUB} denote the indices for the Purely financial, SLA-dependent and Subjective groups, respectively. Utility functions are defined over the selected criteria. Assuming for any given criterion a continuous random variable within the closed interval $[a, b]$ and a uniform probability distribution between "a" (minimum) and "b" (maximum), preference indices for each one of the three criterion groups are derived by:

$$\int_a^b \frac{1}{b-a} \cdot U(x) \cdot dx \quad (1)$$

where

- $U(x)$ is the utility function for the criteria analysis;
- "a" is the minimum value for a given criterion;
- "b" is the maximum value for a given criterion.

In order to estimate the overall preference index (PI), MAUT is applied to combine the indices $PI_{\$}$, PI_{SLA} and PI_{SUB} . It provides a uniform scale to compare and combine tangible and intangible criteria. The overall PI measures the decision maker's ultimate preference amongst the investment options. The PI concept derives from the application of the MAUT additive model and is given by:

$$PI_l = \sum_{j=1}^n w_j PI_{jl} \quad \text{for all } l = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

where:

- PI_l = the overall PI utility value of alternative l ;
- w_j = the relative weight of the j th criterion;
- $PI_{jl} = u_{jl}(X_l)$, for $1 \leq l \leq m$ and $1 \leq j \leq n$;
- u_{jl} = the utility function of the j th criterion for the l th alternative;
- $X_l = (x_{jl})$, for $1 \leq l \leq m$ and $1 \leq j \leq n$, X_l indicates a specific score value of x_{jl} ;
- n = the total number of criteria;
- m = the total number of alternatives.

The "standard gambling" technique in [2] may be used to elicit the probability distribution of each u_{jl} from the decision maker's preferences.

Sections 4, 5 and 6 present the procedures to determine $PI_{\$}$, PI_{SLA} and PI_{SUB} , respectively.

IV. PURELY FINANCIAL CRITERIA ANALYSIS

The purely financial analysis usually takes precedence in the ITSPM framework workflow. Decision makers would not go forward with the analysis if an investment option violates some financial constraint. Suppose that an investment option exceeds the corporate IT budget. This option has to be discarded. The pipeline analysis usually performs screening based on financial indicators. The catalog analysis normally uses these indicators to decide priority and continuity of services.

A. Purely Financial Preference Index

Assuming the analysis is based on the financial criterion "cost" only (other financial criteria could have been used), one may decide amongst alternative options using the preference measure given by a utility function, which represents the decision maker risk profile. The preference index ($PI_{\$-cost}$) in this case (of cost being the sole criterion) can be calculated by the execution of the following 2 steps:

1. Calculate the total minimum and maximum costs in the service evaluation period τ , $\underline{c}(\tau)$ and $\bar{c}(\tau)$.
2. Calculate $PI_{\$-cost}$ by the application of Equation 1, where:
 - $U(x)$ is the utility function over the selected criteria;
 - $a = \underline{c}(\tau)$;
 - $b = \bar{c}(\tau)$.

The preference index as defined by Equation 1 is the expected utility of the selected criterion (cost, in this case).

Preference indices must be calculated for each one of the financial criteria by application of Equation 1. The overall $PI_{\$}$ is thus obtained by the combination of the financial preference indices, which is given by the application of the MAUT additive model in Equation 2.

V. SLA-DEPENDENT CRITERIA ANALYSIS

The analysis using criteria from the SLA-dependent group aims to estimate potential financial losses and gains due to IT SLA compliance or malfunctions. The paper in [24] details and illustrates the SLA-dependent criteria analysis. The approach is executed in 5 steps:

- 1) Tie each IT service of interest to the business activities (BAs) it supports;
- 2) Estimate relative weight of each supported BA to business results;
- 3) Estimate the financial impact rate to the business of each individual BA supported by IT services with SLA compliance and violations;
- 4) Calculate the financial positive and negative impact to the business by BAs in 3 above over an evaluation period, τ ; and
- 5) Calculate the preference index for each IT service portfolio investment option.

Let the revenue gain and loss rates of a malfunctioning BA in BSC's perspective $k = \$, C, O, F$ (Financial, Customer, Operational and Future, respectively) be represented by the range of values γ_k^i and β_k^i , respectively.

A. Net Business Impact

Let I_k^G represent the financial positive impact (gain) due to IT SLA compliance in perspective k .

The estimated financial positive impact is thus given by $\gamma_k^i \otimes [\tau - (\alpha_i \cdot t)]$, where:

- τ is the evaluation period;
- $(\alpha_i \cdot t)$ is the total time period that BA_i malfunctions during τ ;
- $\tau - (\alpha_i \cdot t)$ is the total time duration that the BA_i supporting services comply with their SLAs during τ ;
- t is the total time duration that the supporting services violate their SLAs;
- α_i is the range of values for the amplification factor for BA_i (the adverse business impact lasts α times longer than just fixing the supporting IT service);
- $\otimes$ is the multiplication operator on intervals.

If the weight attributed to BA_i in perspective k is w_k^i , the financial positive impact on perspective k , during τ , attributed to BA_i is estimated as:

$$I_{+k}^i(\tau) = w_k^i \otimes (\gamma_k^i \otimes [\tau - (\alpha_i \cdot t)]) \quad (3)$$

The total financial positive impact due to SLA compliance from M BAs in perspective k during τ is estimated by:

$$I_k^G(\tau) = \bigoplus_{i=1}^M I_{+k}^i(\tau) \quad (4)$$

The symbol $\oplus$ is the addition operator for intervals.

Let I_k^L represent the negative impact due to IT SLA violations. The estimated financial negative impact is given by $\beta_k^i \otimes (\alpha_i \cdot t)$. The negative impact on perspective k , during τ , attributed to BA_i is estimated by:

$$I_{-k}^i(\tau) = w_k^i \otimes (\beta_k^i \otimes \alpha_i \cdot t) \quad (5)$$

The total financial negative impact due to SLA violations from M malfunctioning BAs in perspective k during τ is given by:

$$I_k^L(\tau) = \bigoplus_{i=1}^M I_{-k}^i(\tau) \quad (6)$$

The total estimated net business impact I of IT services with SLA compliance and violations is thus obtained by:

$$I(\tau) = \left(\bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} I_k^G(\tau) \right) \ominus \left(\bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} I_k^L(\tau) \right) \quad (7)$$

The symbol $\ominus$ is the subtraction operator on intervals.

Equation 7 represents the total net business impact due to SLA compliance and violations during τ .

B. SLA-dependent Preference Index

The SLA-dependent criterion group preference index (PI_{SLA}) is used to compare investment options concerning the net business impact. Let $G_{R,A}(\tau)$ denote the possible financial

benefit over τ obtained with IT service investment option A compared to a reference situation R . $G_{R,A}(\tau)$ is thus defined by:

$$G_{R,A}(\tau) = I_A(\tau) \ominus I_R(\tau) \quad (8)$$

$G_{R,A}(\tau)$ is defined over the range $[G_A, \overline{G_A}]$, where G_A and $\overline{G_A}$ are the Min and Max values for $G_{R,A}(\tau)$, respectively. $PI_{SLA(R,A)}$ is then estimated by the application of Equation 1, where:

- $U(x)$ is the utility function over the selected criteria
- $a = G_A$
- $b = \overline{G_A}$

VI. SUBJECTIVE CRITERIA ANALYSIS

The Subjective group refers to non-financial criteria whose analysis is not easily or reasonably done by considering IT SLA compliance and violations. If the criterion “Staff affected by an IT fault” is taken into account, note that a single critical user affected may bring worse results to the business than 15 non-critical users, for instance.

In order to evaluate Subjective criteria, we adopt the $[0, 20]$ score interval. “0” corresponds to the worst negative score and “20” the best positive score. As commented in [13], the $[0, 20]$ range for score values has been successfully demonstrated in numerous statistical applications, due to its flexibility in differentiating between levels of value-adding. If we consider an intangible criterion such as the IT service “quality of support”, the value “4.2” defined in the interval $[0, 20]$ means a negative analysis. Good support is not available, although it could be worse. The analysis precision depends on the ability of the decision maker to estimate scores and valueate weights for the selected criteria.

Each criterion is evaluated by its minimum and maximum values in the $[0, 20]$ interval. Value pairs Min and Max are considered in each one of the k BSC perspectives for the evaluation of the range of score values of criterion i , Ω_k^i .

A. Subjective Preference Index

The preference index PI_{SUB} is defined as a weighed sum of each Subjective criterion contribution (H_i). Let E_i denote the estimated impact of all k BSC perspectives due to criterion’s contribution. E_i is defined over the range $[E, \overline{E}]$, and is given by:

$$E_i = \bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} (w_k^i \otimes \Omega_k^i) \quad (9)$$

where w_k^i is the range [min weight, max weight] attributed to perspective k in the analysis of criterion i .

The contribution H_i of criterion i is then given by the application of Equation 1, where:

- $U(x)$ is the utility function over the selected criteria
- $a = E$
- $b = \overline{E}$

The index PI_{SUB} from the analysis of N Subjective criteria is thus defined as:

$$PI_{SUB} = \sum_{i=1}^N (w_i \cdot H_i) \quad (10)$$

where w_i is the weight of criterion i .

The decision maker may consider that all four BSC perspectives have the same importance on the criteria analysis. Such is the case in the numerical illustrations next.

VII. NUMERICAL ILLUSTRATION

We expand the case study of the Redepharma drugstore chain in [24] as summarized in Fig. 2. The hypothetical case study in [24] evaluates Redepharma's IT service portfolio and takes into account tangible, SLA-dependent criteria only. Fig. 2 illustrates Redepharma's business BAs distribution over the four BSC perspectives, their characteristics, status and supporting IT services.

<u>Customer</u>	<u>Relationship</u>	<u>Operations</u>
Customer Management and Sales BAs with $w_C^{CRM} = 0.7$ and $w_C^{Sales} = 0.3$	Sales BA malfunctions; this BA is supported by intranet connectivity and a given data base (say "DB ₁ ") services which are subject to 99.95 % availability SLAs (τ = quarterly)	Inventory Control and Supply Chain Management (SCM) BAs with $w_O^{Inventory} = 0.4$, and $w_O^{SCM} = 0.6$. SCM BA malfunctions; the SCM BA is dependent on the SCM application, Web server remote access and "DB ₂ " (different from DB ₁) services, each with a 99.95% availability SLA (τ = quarterly)
Invoicing and Accounts Payable & Receivable BAs with $w_S^{Invoicing} = 0.9$ and $w_S^{APR} = 0.1$	Invoicing BAs malfunctions; it uses a printing spool service, intranet connectivity and the DB ₁ services whose SLAs specify 99.99% availability in the first 2 business days of every month (τ = quarterly)	e-Learning (new service) and Collaboration BAs with $w_F^{e-L} = 0.5$ and $w_F^{Collaboration} = 0.5$. Collaboration BAs malfunctions; it depends on Internet access services with a 99.95% availability SLA (τ = quarterly)
<u>Financial</u>	<u>Future</u>	

Figure 2. Redepharma's classification of business activities

Table I shows the investment options, with option C introducing a new service. Our extended case study was modeled with 7 tangible and intangible criteria. The criteria selection was based in the survey in [25].

Table II presents the criterion groups' weights, the selected criteria and corresponding weights.

As commented in [5], a utility function that is frequently used to represent risk-averse behavior is $-(1/\delta) \cdot e^{-\delta g}$, where $\delta > 0$ and is known as the coefficient of absolute risk-aversion. The risk-averse utility function $U(g) = (1/\delta) \cdot (1 - e^{-\delta g})$ with $\delta = 0.001$ (the utility is positive for positive gains) was used in the calculation of the preference indices PI_S , PI_{SLA} and PI_{SUB} .

A. Purely Financial Criteria PI_S

The financial criterion "investment cost" – the total amount of investment needed to maintain or upgrade existing services and to add new services in a given option - was considered in the performed case study. Table III shows the details.

The purely financial criteria PI_S is obtained by the procedure presented in Section 4 with the information described in Table III. Calculated PI_S score values for options A, B and C are shown in Fig. 3 and indicate investment A as the best option.

TABLE I
INVESTMENT OPTIONS

Option	BSC perspective focus and purpose of investment
A	Customer and Operational BAs: Make their services comply with 99.99% availability SLAs.
B	Future, Operational and Financial BAs: Improve QoS of Internet access – by raising its SLA to 99.98%, say - and improve fault tolerance of financial services to guarantee no downtime during first two days of each month.
C	Customer BAs: - Make their services comply with 99.99% availability SLAs. Future: - New service (e-Learning).

TABLE II
SELECTED CRITERIA AND RELATED WEIGHTS

Criterion group [weight]	Selected criteria [weight]
SLA-dependent [0.5]	Gain [0.5]: 1. Financial gain [0.6] 2. Market share gain [0.4] Loss [0.5]: 1. Financial loss [0.6] 2. Market share loss [0.4]
Subjective [0.3]	1. Staff affected by an IT fault: Investment options A, B and C [0.4] 2. Quality of Support: Investment options A, B and C [0.6]
Financially dependent [0.2]	1. Cost [1.0]

TABLE III
INVESTMENT COST

Investment	Min (\$/hour)	Max (\$/hour)
Option A	5.0	60.0
Option B	28.0	50.0
Option C	20.0	80.0

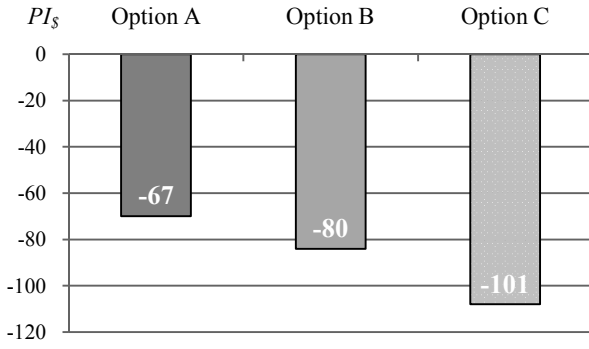


Figure 3. PI_s for investment options A, B and C

B. SLA-dependent Criteria PI_{SLA}

The “perfect knowledge” situation (no uncertainty) was presented in [24] as follows. The “financial loss” criterion revenue rates are $\beta_C^i = \$20,000/\text{hour}$; $\beta_O^i = \$7,500/\text{hour}$; $\beta_F^i = \$2,000/\text{hour}$; and $\beta_s^i = 4\%/\text{month}$. The amplification factor (α) for all BAs was set at 5 times that of the causing SLA violation. The “financial gain” criterion revenue rates are: $\gamma_C^i = \$16,000/\text{hour}$; $\gamma_O^i = \$5,500/\text{hour}$; $\gamma_F^i = \$2,000/\text{hour}$; and, $\gamma_s^i = 2,100$. The revenue rates for the “market share loss” criterion are $\beta_C^i = \$8,000/\text{hour}$; $\beta_O^i = \$4,500/\text{hour}$; $\beta_F^i = \$1,200/\text{hour}$; and $\beta_s^i = 3,000$. The values for the “Market share gain” are $\gamma_C^i = \$1,500/\text{hour}$; $\gamma_O^i = \$400/\text{hour}$; $\gamma_F^i = \$100/\text{hour}$; and $\gamma_s^i = 400$. Business activities weights are shown in Fig. 2.

The reference situation R is defined as when each malfunctioning BA in Fig. 2 has their supporting IT service violate the corresponding SLA once per quarter – i.e., each affected BA malfunctions for $5 * [(1-\text{availability}) * 90 \text{ days} * 24 \text{ hours/day}]$.

Table IV presents intervals for the revenue rates of the financial loss and gain criteria and Table V for the market share loss and gain criteria. Uncertainty in BA weights were also informed by Redepharma’s executives: $w_C^{\text{CRM}} = [0.6; 0.8]$ and $w_C^{\text{Sales}} = [0.2; 0.4]$; $w_O^{\text{Inventory}} = [0.2; 0.8]$, and $w_O^{\text{SCM}} = [0.2; 0.8]$; $w_F^{\text{e-L}} = [0.1; 0.8]$ and $w_F^{\text{Collaboration}} = [0.2; 0.9]$; $w_s^{\text{Invoicing}} = [0.7; 0.95]$ and $w_s^{\text{APR}} = [0.05; 0.3]$. The amplification factor varies within $[1; 6]$ for Customer, Operations and Future BAs; and, within $[1; 8]$ for Financial BAs [5].

TABLE IV
FINANCIAL GAIN AND LOSS REVENUE RATES

BSC	Financial gain (\$/hour) [min - max]	Financial loss (\$/hour) [min - max]
C	14,000 - 16,500	18,000 - 21,000
O	4,500 - 6,000	3,450 - 13,725
F	1,600 - 3,750	500.0 - 4,000
\$	1,800 - 2,500	3,200 - 4,100

The new service proposed in investment option “C” raises the gain revenue rates on perspective $k = F$ to $\gamma_F^i = [\$2,500;$

3,750] for the “financial gain” criterion and to $\gamma_F^i = [\$120; 240]$ for the “market share gain”. Here we consider that the new service will comply with its SLA.

Calculations of the quarterly net business impact I for each investment option with respect to the reference situation follow the procedure in Section 5. Values are given in Table VI.

The preference index PI_{SLA} is obtained by the procedure presented in Section 5. Values for PI_{SLA} are shown in Figure 4. Investment option B is the preferred option according to the selected SLA-dependent criteria analysis.

TABLE V
MARKET SHARE GAIN AND LOSS REVENUE RATES

BSC	Market share gain (\$/hour) [min - max]	Market share loss (\$/hour) [min - max]
C	1,100 - 2,000	3,000 - 9,500
O	300.0 - 570.0	2,500 - 6,000
F	40.0 - 180.0	700.0 - 2,500
\$	120.0 - 570.0	2,000 - 4,500

TABLE VI
QUARTERLY NET BUSINESS IMPACT

Investment Option	Net business impact Min (\$/100) Max (\$/100)	
A	-164,142	165,110
B	-153,818	154,851
C	-166,640	166,768

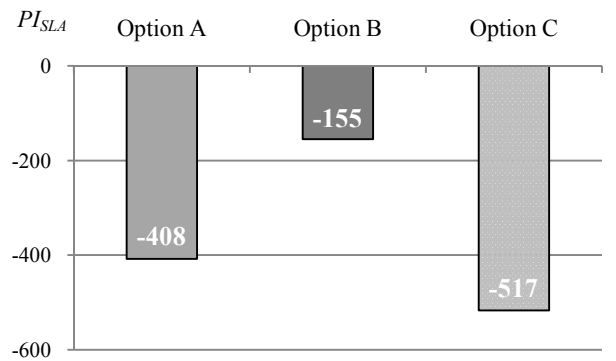


Figure 4. PI_{SLA} for investment options A, B and C

C. Subjective Criteria PI_{SUB}

The Subjective criterion group preference index (PI_{SUB}) is modeled by the application of the procedure presented in section 6. Values and weights for each subjective criterion are given in Table VII. Fig. 5 presents the PI_{SUB} scores values. Investment option B is the preferred option according to the selected Subjective criteria analysis.

TABLE VII
VALUES AND WEIGHTS OF THE SUBJECTIVE CRITERIA

Investment	Criteria	Weight	BSC (O) min max		BSC (C) min max		BSC (F) min max		BSC (S) min max	
Option A	Quality of support	0.6	14	17.8	12	15	4	6	10	14
	Staff affected by IT	0.4	11	12	12	14	3	5	6	10
Option B	Quality of support	0.6	13	15.6	12	14	6	8	8	12
	Staff affected by IT	0.4	14	16	13	16	4	6	8	11
Option C	Quality of support	0.6	13	15	10	13	9	11	6	10
	Staff affected by IT	0.4	16	17.5	13	14	4	6	8	11

D. The Overall Preference Index PI

The score values for PI_S , PI_{SLA} , PI_{SUB} are shown in Figures 3, 4 and 5, respectively. PI_S indicates investment option A as being the preferred option. PI_{SLA} and PI_{SUB} indicate investment option B as the preferred option. Each criterion group has a relative weight, as presented in Table II. We now proceed to estimate the overall preference index PI .

The overall index is obtained by the application of the MAUT additive model in Equation 2 with the criterion groups' weights shown in Table II. The index PI in Fig. 6 is a preference ranking measure amongst the investment options. It yields the rank B, A and C (B being preferable) - since $PI_B > PI_A > PI_C$.

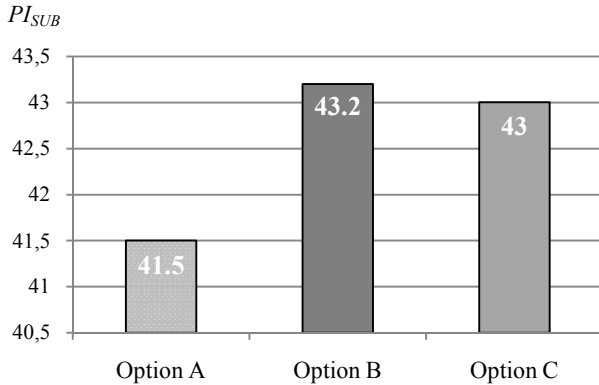


Figure 5. PI_{SUB} for investment options A, B and C

Decision makers may select an investment option based on any one of the three criterion groups; or on a combination of any two groups, instead of considering the overall PI . The selected criteria was analyzed according to a risk-averse profile defined by the function $U(g) = (1/\delta) \cdot (1 - e^{-\delta g})$. Suppose that a risk-seeking decision maker is now in charge. To demonstrate how the risk profile interferes with results, now we apply the new decision maker's risk profile - defined by the risk-seeker function $U(g) = (1/\delta) \cdot (e^{\delta g})$ with $\delta = 0.0001$.

Results in Fig. 7 demonstrate that the rank order now changes to $PI_C > PI_A > PI_B$, which leads to investment option "C" as being the preferred option.

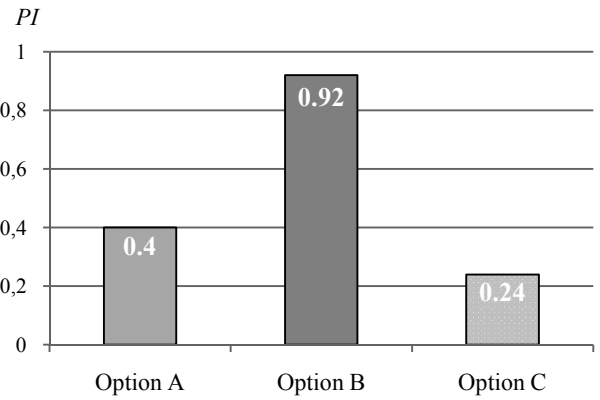


Figure 6. PI for investment options A, B and C

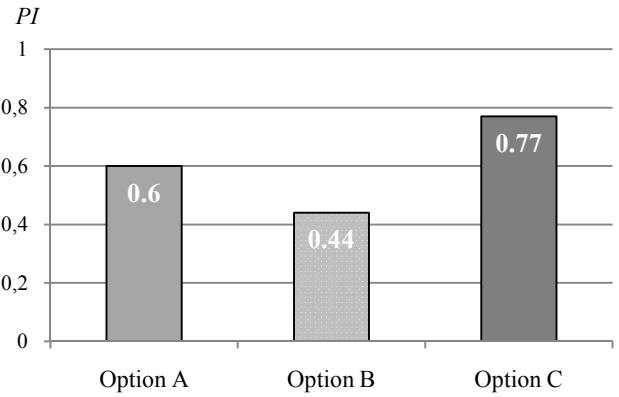


Figure 7. PI generated by a risk-seeker utility function

VIII. INITIAL VALIDATION OF THE PROPOSED FRAMEWORK

As an initial effort to validate the framework's organization and usefulness, 21 professionals (4 business executives and 17 IT managers) from 20 companies in Northeastern Brazil were asked to use and appraise the proposed ITSPM framework in 2009. Questionnaires were used to collect each professional's comments and recommendations. The framework's mathematical model was presented and explained to participants before the usage.

Results are biased by the participating companies' profiles and the respondents' own background. Detailed results are available in [26]. Consolidated and summarized results are shown in Table VIII.

TABLE VIII
USAGE SESSION SUMMARIZED RESULTS

QUESTION	MAIN RESULTS	% RESPONSES
Main difficulties in using the framework	High learning curve of the mathematical model	100
	Too many data inputs	33
Alternatives to treatment of difficulties	Support from software tools	71
	Training program	28
Criterion group organization	Agree	91
	Subjective group could be subdivided	9
Usefulness of the framework	It is useful	100

IX. CONCLUSION AND FUTURE WORK

This paper proposed an ITSPM framework to support decision making for investments in IT services. Uncertainty was taken into account by means of interval arithmetic and utility theory, while multiple criteria were treated by means of multi-attribute utility theory. Our framework may assist managers in setting a strategic approach to ITSM and in defining policies to service prioritization. As commented by the CIO of a large financial company in South America, "the framework may help argue that some investment options – initially violating financial constraints – could have great potential and should be considered in strategic approaches".

Initial and partial validation efforts indicated our solution to be useful to assist decision making in ITSM. Results also indicate that the framework could be embedded in automated decision support tools to assist, in a business-driven way, IT managers in strategy setting and continuous service improvement. As for future work, our treatment of uncertainty will be compared to other approaches, such as fuzzy logic.

Evolution of the framework to explicitly consider business value and to avoid too many data inputs and calculations is being investigated by means of its integration in a business value model, such as the one in [3].

ACKNOWLEDGMENT

We thank Carlos Paraizo and participating companies in the initial validation campaign for their comments and suggestions. This work was carried out in cooperation with Hewlett-Packard Brasil Ltda. using incentives of the Brazilian Informatics Law (Law nº 8.248 of 1991).

REFERENCES

- [1] IT Infrastructure Library - ITIL, Office of Government Commerce, UK, 2007.
- [2] Keeney, R.L. and Raiffa, H. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- [3] Oliveira, J.A.; Moura, J.A.B.; Bartolini, C.; Hickey, M. "Value-based IT Decision Support". Proceedings of BDM09, 2009.
- [4] Control Objectives for Business Information-related Technology, COBIT. <http://www.isaca.org/cobit.htm>
- [5] Moura, J.A.B. Sauvé, J.P. and Boulmakoul, A. "A possibility theoretic model for decision support in Business-Driven IT Service Portfolio Management under Uncertainty". In *Proceedings of HP-SUA 2008*, pp.131-143.
- [6] IA Marek, W.G. "Power and Beauty of Interval Methods". *arXiv:physics/0302034v2*, Domestic Conference on Evolutionary Algorithms and Global Optimization, Poland, May 26-29, 2003, 8 pp.
- [7] Neumann, J. von, Morgenstern O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Commemorative Edition, Princeton University Press, 2007.
- [8] Reich, B.H. and Benzabat, I., "Measuring the Linkage between Business and Information Technology Objectives", *Management Information Systems (MIS) quarterly*, 1996, vol. 20, pp 55-81.
- [9] Pisello, T. and Strassmann, "IT Value Chain Management – Maximizing the ROI from IT Investments", Digital Publications from the Information Economics Press, 2004.
- [10] Sichel, D.E., "Computers and Aggregate Economic Growth: An Update", *Business Economics*, 34(2), 1999.
- [11] Inn, K.S., Dow, K.E., Grover, V., "A Reexamination of IT Investments and the Market value of the Firm – An Event Study Methodology", *Information Systems Research*, 12(1), 2001, pp. 103-117.
- [12] Dutta, A., and Roy, R., "A Process-Oriented Framework for Justifying Information Technology Projects in e-Business Environments", *International Journal of Electronic Commerce*, 9(1), 2004.
- [13] Stewart, R. and Mohamed, S. "IT/IS projects selection using multicriteria utility theory". *Logistics Information Management*, 2002, 15 (4), pp. 254-270.
- [14] Stewart, R. "A framework for the life cycle management of information technology projects: ProjectIT". *International Journal of Project Management*, 2008, 26, 203-212.
- [15] Hatush, Z. and Skitmore, M.R. "Contractor selection using multicriteria utility theory: an additive model", *Building and Environment*, 1998, 33 (2-3), Elsevier, pp. 105-115.
- [16] Chen, K. and Gorla, N. "Information System Project Selection Using Fuzzy Logic". *IEEE Transactions on System Management and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 1998, Vol. 28, No. 6, November, pp.849-855.
- [17] Chen, C-T; Cheng, H-L. "A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment". *International Journal of Project Management*, In Press, 2008.
- [18] Gunasekaran, A., Ngai, E.W.T. and McGaughey, R.E. "Information technology and systems justification: A review for research and applications". *European Journal of Operational Research*, 2006, 173, pp. 957-983.
- [19] Mohamed, S. and McCowan, A. K.. "Modeling project investment decisions under uncertainty using possibility theory". *International Journal of Project Management*, 2001, 19, pp. 231-24.
- [20] Baccarini, D., Salm, G. and Love, P.E.D. "Management of risks in information technology projects". *Industrial Management & Data Systems*, 2004, Vol. 104, No. 4 – pp. 286-295.
- [21] Lee, J.W. and Kim, S.H. "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection". *Computers & Operations Research*, 2000, 27, pp. 367-382.
- [22] Lan-ying, D. and Yong-dong, S. "Implement Business Strategy via Project Portfolio Management: A Model and Case Study". *Journal of American Academy of Business*, 2007, 11, 2; September, pp. 239-244.
- [23] Kaplan, R., and Norton, D. "The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance". *Harvard Business Review*, 1992, 70(1), pp.71-79.
- [24] Queiroz, M. J. S.; Moura, J. A. B; Sauvé, J. P; Bartolini, C.; Hickey, M. "A Model for Decision Support in Business-Driven IT Service Portfolio Management using SLA-dependent Criteria and under Uncertainty". In: *Proceedings of ACM MEDES09 Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, 2009, Lyon, France.
- [25] Moura, J.A.B. "Survey and Interviews on IT Financial Management", 2008. Available at http://www.bottomlineproject.com/hp/_media/survey_and_interviews_on_it_financial_management.pdf
- [26] Queiroz, M. J. S. "Usage session of an ITSPM framework", 2009. Available at http://www.bottomlineproject.com/hp/_media/InitialValidationFramework.pdf

Apêndice B

*A Model for Decision Support in
Business-Driven IT Service Portfolio
Management using SLA-dependent
Criteria and under Uncertainty.*

In: Proceedings of ACM MEDES 2009

A Model for Decision Support in Business-Driven IT Service Portfolio Management using SLA-dependent Criteria and under Uncertainty

Magno Queiroz, Antão Moura, Jacques Sauvé
Department of Computing Systems
Federal University of Campina Grande
Campina Grande, Brazil
+55 83 3310-1122 Ext. 2216

{magno, antao, jacques}@dsc.ufcg.edu.br

Claudio Bartolini¹, Marianne Hickey²
HP Laboratories
1501 Page Mill Road¹; Long Down Avenue²
Palo Alto, USA¹; Bristol, UK²
+44 117 3128720

{claudio.bartolini, marianne.hickey}@hp.com

ABSTRACT

This paper presents a model to support decision making for investments in IT services. As such it contributes to IT service portfolio management. Investment options are analyzed and ranked according to a utility index estimated from possible positive and negative business impact of IT services due to IT Service Level Agreement (SLA) compliance and violations. The Balanced Scorecard framework is used to infer the linkage between IT and business activities. The approach takes uncertainty into account by means of utility theory and interval arithmetic. Numerical illustrations encompassing tangible SLA-dependent criteria demonstrate how the approach may be of use.

Categories and Subject Descriptors

H.4.m [Information Systems Applications]: Miscellaneous – Decision Support.

General Terms

Management, Measurement, Economics.

Keywords

Information Technology Infrastructure Library (ITIL). IT Service Portfolio Management. Balanced Scorecard. Probability Distribution. Interval Arithmetic.

1. INTRODUCTION

Making decisions in IT Service Portfolio Management (ITSPM) is not a trivial task. Decision makers must take uncertainty into account to answer questions related to the distribution of the IT budget over the corporate IT service portfolio.

According to the Information Technology Infrastructure Library (ITIL) [1], “the portfolio management approach helps managers prioritize investments and improve the allocation of resources. Portfolios enable a financial discipline necessary to avoid making investments that will not yield value”.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

MEDES 2009, October 27-30, 2009, Lyon, France.

Copyright 2008 ACM 978-1-60558-829-2/08/0003..\$5.00.

The IT service portfolio is defined by ITIL V3 as being composed of a pipeline and a catalog. The service catalog is composed of active services and the retiring ones. The pipeline consists of services under development for a given market space. These services are to be phased into operation after completion of development. Managers decide on which catalog services to invest more funds to improve performance and which new services must be phased in.

A portfolio analysis must be based on criteria which serve as a guide to decision making. The proper choice of criteria depends on the investor's profile. The portfolio with highest likely return may be subject to an unacceptable high degree of uncertainty. The portfolio with the least uncertainty may have an undesirably small likely return. The proper choice among portfolios depends on the willingness and ability of the investor to assume risk. If safety is of extreme importance, a lower level of uncertainty must be sought. If a greater degree of uncertainty can be borne, a greater level of likely return can be obtained [2]. Most decision makers do not attempt to maximize expected financial income in situations involving risk; they are normally risk-averse [8].

As presented in [3], professionals with the responsibility of making IT service portfolio management decisions deal with questions such as: “How should the planned IT budget be distributed over the corporate IT service portfolio, making the spending match business priorities and for greater returns?”; “Which existing services should receive more funds to improve performance and which new services should be contracted?”; and “What is the ranking of the IT services according to a comprehensive set of diverse, sometimes conflicting (e.g., cost and quality), investment criteria and under uncertainty?”.

These questions are not trivial and have to be answered for proper IT and corporate governance. To answer them, one may turn to (IT project) investment analysis techniques or to IT Service Management (ITSM) recommendations for guidance and assistance in addressing the following items:

1. Merging analyses of tangible and intangible business benefits for investing in an IT service so that a consolidated view may result for preference decisions;
2. Handling uncertainties in the information used for service investment decision making;
3. Estimating the major risks associated with a single IT service and with the whole corporate IT service portfolio.

Project investment analysis techniques such as Return on Investment (ROI) [4] or Portfolio Management [2] usually depend on statistics or probability analyses for more realistic estimates. Since each IT service is likely to differ in purpose and in operating characteristics, existing statistics on a service may not be applicable to new analyses. Other realistic but less complex and comprehensive analysis approaches are thus needed.

The problem we address is the distribution of the corporate IT budget over the IT service portfolio.

As a solution, this paper presents a model to support decision making in ITSPM using multi criteria and under uncertainty. The model considers business-oriented, tangible criteria which take into account potential financial losses and gains caused by IT Service Level Agreements (SLA) compliance and violations; ranks investment options in order to support decisions; and enables analysis of the service catalog and pipeline. Support for decision making is provided by means of a preference index which is estimated from the criteria analysis.

The proposed model could be extended to include intangibles, by means of Multi-Attribute Utility Theory (MAUT). Such an extension however, seems not to be of any practical use. As far as we could ascertain, Service Level Objectives (SLOs) are specified using tangible technical performance measures, such as availability and response time (see [24] for an illustration). Such measures could be more directly related to tangible business measures (criteria) such as financial loss or gain rather than to intangible business criteria such as “goodwill towards the company”. Here we consider tangible criteria only. Intangibles will be considered in future work.

The paper is organized as follows. Section 2 discusses related work. Section 3 describes the model to support decision making in ITSPM. Section 4 details the solution of the model by carrying out business impact analysis and the preference index estimation. Section 5 presents numerical illustrations. Finally, concluding remarks and next steps are presented in Section 6.

2. RELATED WORK

IT project selection [5], [6], contractor selection and bid evaluation [7] have been modeled by the treatment of multiple criteria in order to support decision making. The approach presented in [9] applies concepts of options theory in the treatment of real (non-financial) assets such as IT projects. Our work differs from [10] and [11] – that use fuzzy logic to handle uncertainty – by treating epistemic uncertainty with intervals for the values of a given criterion and randomness in the actual value of the criterion by means of a probability distribution (which is needed to calculate the expected utility for the criterion values). We believe that our approach is more easily grasped by decision makers. It also differs from [5], [6], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] and [16] in the sense that it uses the Balanced Scorecard (BSC) [21] to infer linkage between IT services and business activities and then using the linkage to distribute investments among IT services instead of (future) IT projects. The services considered may currently be active or yet to be brought into operation (future service).

The main contribution of this paper is in complementing these related works by being service-oriented and by conjugating concepts of ITSM, balanced scorecard, interval arithmetic and utility theory.

3. A MODEL TO SUPPORT DECISION MAKING IN ITSPM

A 2008 survey of 19 companies in Brazil [17] ranked the most frequent criteria for selecting IT projects or services which were found in the literature or which were adopted by the respondents (mainly IT professionals but also a few business executives). Some of the ranked criteria are purely financial – such as cost or profit. Others, like “Staff affected by an IT fault” may be evaluated by considering extreme level of IT service performance only (caused by significant service interruptions, say) without the need to take partial IT service capability into account. Still others are related to a continuum of IT service performance level possibilities and may be of use to estimate the business impact of services by analyzing financial gains and losses due to IT SLA compliance and violations. We say these last ones are “SLA-dependent” criteria and may include “financial loss”, “market share gain” or “repair time” of an IT service. The model presented here considers these last criteria (the other criteria will be considered in future efforts for the evolution and comprehensiveness of the proposed model).

Positive and negative business impacts of IT services are estimated by IT SLA compliance and violations. Criteria may be analyzed according to the impact they have on the business in a given observation period, and classified as Loss-related or Gain-related. A preference index (PI) is estimated from the criteria analysis. The resulting index rank investment options, so that the best investment is the one with the highest index (Figure 1).

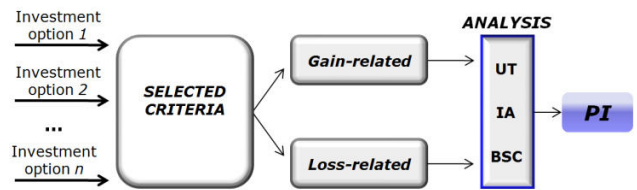


Figure 1: Outline of a model to support decision in ITSPM

The model uses BSC as a prism to look into the business and to facilitate identification, organization and estimation of the weight (i.e. contribution to business results) of business activities (BAs). Note that although other tools/methodologies to organize corporate BAs could have been used, the survey in [17] indicated a preference for BSC.

BSC is a performance management methodology for measuring whether the activities of a company are aligned with its objectives in terms of vision and strategy. A set of measures allows managers to look at the business from four important perspectives – Customer (C), Operational (O), Future (F) and Financial (\$). It gives managers a fast but comprehensive view of the business. BSC includes financial measures that indicate the results of actions already taken. Further, it complements the financial measures with operational measures on customer satisfaction, internal processes, and the organization’s innovation and improvement activities [21].

Decision makers may be uncertain about the relevance of each BSC perspective and also about the values they attribute to or estimate for the selected criteria. Such uncertainty is epistemic in nature (i.e., it stems from lack of enough information on the business and/or IT services). Instead of a single scalar, the

proposed approach allows the weighing of BSC perspectives and the definition of values for each of the selected criteria through the use of a value interval $[a, b]$ (where a and b are the minimum and maximum estimates respectively for the perspective or criterion being considered). Interval arithmetic (IA) [19] is then used for the treatment of value intervals. Interval-based decisions also depend on the decision maker's "risk profile" (risk-averse, risk-neutral or risk-seeker). For instance, a risk averse decision maker may prefer a lower maximum gain – say within $[2,10]$ – rather than take the risk of getting a loss of 4 (or a maximum gain of 15) such as in $[-4,15]$. The proposed model allows one to consider the decision maker's "risk profile" by means of Utility Theory (UT) [20]. Lack of complete information (uncertainty) and risk preferences are taken into account simultaneously by a combination of Interval Arithmetic and Utility Theory.

Our approach assumes purely deterministic delays and value intervals of revenue rates for each of the $\$, C, O$, and F ($k = \$, C, O, F$) perspectives. For each business activity in a given BSC perspective, one may then identify the supporting IT services (actual or being planned), infer their contribution to business results (from the correspondingly supported BAs' weights) and decide to invest a certain budget in each one of them. Subsets of all considered IT services may then be formed to create "investment options" – much like alternative investment portfolios one considers when investing in stocks.

The model allows analysis and ranking of IT services investment options according to the decision maker's selected criteria. Support for decision making is provided in the form of a preference index which is calculated from the criteria analysis, using Utility Theory (UT) [20].

4. MODEL SOLUTION

The criteria analysis follows that presented in [3] and aims to estimate a potential financial gain or loss due to SLA compliance or malfunctions. The approach is executed in 5 steps – the first 3 as inputs to the last 2 (outputs):

1. Tie each IT service of interest to the business activities (BAs) it supports. Here, the services of interest either comply or violate their SLA in a given evaluation period, τ .
2. Estimate the relative weight of each supported business activity (BA) to the business results.
3. Estimate the positive and negative financial impact rate to the business of each individual BA supported by IT services with SLA compliance and violations.
4. Calculate positive and negative financial impact to the business by BAs in step 3 over the evaluation period, τ .
5. Calculate the preference index for each IT service portfolio investment option.

We assume that negative impact (Loss) results from BA performance degradation caused by SLA violations. Positive impact (Gain) results from BA satisfactory performance (SLA compliance). The approach does not take into account unavailability of resources other than IT.

Loss is an indication of the adverse impact that bad BA performance has on the business. Gain is the opposite. The adverse business impact due to IT SLA violations tends to last longer than just fixing the supporting IT service. One may say that the adverse business impact lasts α times longer (α being an uncertain amplification factor) than just fixing the supporting IT service. The negative business impact analysis is based on the observation that SLA violation may reduce some company revenue streams. The nature of the affected stream and the amount of reduction (if any) depend on the BA being supported by the IT service with SLA violation.

Let the revenue gain and loss rates of a malfunctioning BA_i in perspective $k = \$, C, O, F$ (Financial, Customer, Operational and Future, respectively) be represented by the range of values γ_k^i and β_k^i , respectively. γ_k^i and β_k^i – for criterion i in perspective k – enable the analysis of the positive and negative financial impact due to IT SLA compliance and violations.

The proposed approach enables analysis of the IT service catalog and pipeline. Characteristics of catalog and pipeline services lead to differences in analyses (see Table 1). These differences are taken into account by the decision maker's preferences and selection of criterion weights.

The preference index PI ranks investment options, so that the best investment is the one with the highest index.

Subsection 4.1 presents the net business impact analysis and Subsection 4.2 details the PI estimation.

4.1 Net Business Impact

Let I_k^G represent the financial positive impact (Gain) due to IT SLA compliance during τ in perspective k .

The estimated financial positive impact is thus given by $\gamma_k^i \otimes [\tau - (\alpha_i \cdot t)]$, where:

- τ is the evaluation period;
- $(\alpha_i \cdot t)$ is the total time period that BA_i malfunctions during τ ;
- $\tau - (\alpha_i \cdot t)$ is the total time duration that the BA_i supporting services comply with their SLAs during τ ;
- t is the total time duration that the supporting services violate their SLAs;
- α_i is the range of values for the amplification factor for BA_i ;

Table 1: Frequent differences between the pipeline and catalog analysis

SERVICE CATALOG (existing services)	SERVICE PIPELINE (planned services)
Analysis based on the decision maker's experience and historic data.	Analysis based on the decision maker's experience and IT services behavior projection.
May use existing SLA to determine real IT impact.	Uses expected IT behavior to determine projected IT impact. Decision maker can look to the past and write SLA (if not yet available) to estimate future behavior.
Decision maker defines minimum and maximum values to take uncertainty (risk) into account in the criteria analysis.	The decision maker will normally use a wider range to take into account the pipeline analysis higher risk.

- $\otimes$ is the multiplication operator on intervals.

If the weight attributed to BA_i in perspective k is w_k^i , the financial positive impact on perspective k , during τ , attributed to BA_i is estimated as:

$$I_{+k}^i(\tau) = w_k^i \otimes (\gamma_k^i \otimes [\tau - (\alpha_i \cdot t)]) \quad (1)$$

The total financial positive impact due to SLA compliance from M BAs in perspective k during τ is estimated by:

$$I_k^G(\tau) = \bigoplus_{i=1}^M I_{+k}^i(\tau) \quad (2)$$

The symbol $\oplus$ is the addition operator for intervals.

For the loss estimate, we follow the quantitative approach proposed in [23] which uses financial loss as an estimate of the negative impact that SLA violations have on BA performance. Let I_k^L represent the negative impact (Loss) due to IT SLA violations during τ in perspective k .

Suppose BA_i malfunctions during τ due to SLA violations of at least one of its supporting IT services. The estimated financial negative impact is then given by $\beta_k^i \otimes (\alpha_i \cdot t)$. The negative impact on perspective k , during τ , attributed to BA_i is estimated by:

$$I_{-k}^i(\tau) = w_k^i \otimes (\beta_k^i \otimes \alpha_i \cdot t) \quad (3)$$

The total financial negative impact due to SLA violations from M malfunctioning BAs in perspective k during τ is given by:

$$I_k^L(\tau) = \bigoplus_{i=1}^M I_{-k}^i(\tau) \quad (4)$$

The total estimated net business impact I of IT services with SLA compliance and violations is thus obtained by:

$$I(\tau) = \left(\bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} I_k^G(\tau) \right) \ominus \left(\bigoplus_{k \in \{S, C, O, F\}} I_k^L(\tau) \right) \quad (5)$$

The symbol $\ominus$ is the subtraction operator on intervals.

Equation 5 represents the total net business impact of the IT service portfolio due to SLA compliance and violations during τ .

4.2 The Preference Index PI

The preference index PI is used to compare investment options concerning the net business impact $I(\tau)$. The index ranks alternatives, with the highest index determining the best option.

Assuming for any given criterion – note that $I(\tau)$ is itself a (consolidation) criterion – a continuous random variable within the closed interval $[a, b]$ and a uniform probability distribution between a (minimum) and b (maximum) over each criterion entire value interval, the preference index PI for the given criterion is then derived by:

$$\int_a^b \frac{1}{b-a} \cdot U(x) \cdot dx \quad (6)$$

where

- $U(x)$ is the utility function for the criteria analysis;

- a is the minimum value for a given criterion;
- b is the maximum value for a given criterion.

A utility function is defined over the selected criteria in order to estimate the preference measure. The index PI is calculated by combining interval arithmetic with utility theory. The concepts of utility theory are used since it allows one to include the decision maker's "risk-profile" in the analysis. Investment options are chosen according to the expected utility $U(x)$. This can be done through the appropriate choice of a utility function, which expresses the decision maker's profile (risk-averse, risk-neutral or risk-seeker). Risk attitudes are embedded in the utility function [8].

Now, let $G_{R,A}(\tau)$ denote the possible financial benefit over τ obtained with IT service investment option A compared to a reference situation R. $G_{R,A}(\tau)$ is thus defined by:

$$G_{R,A}(\tau) = I_A(\tau) \ominus I_R(\tau) \quad (7)$$

$G_{R,A}(\tau)$ is defined over the range $[\underline{G}_A, \overline{G}_A]$, where $\underline{G}_A$ and $\overline{G}_A$ are the Min and Max values for $G_{R,A}(\tau)$, respectively. Considering the range of values to represent a lottery between equally-likely extreme values $\underline{G}_A$ and $\overline{G}_A$, we can calculate the expected utility of this lottery and use it as the preference index of investment alternative A.

PI_(R,A) is then estimated by the application of Equation 6, where:

- $U(x)$ is the utility function over the selected criteria.
- $a = \underline{G}_A$;
- $b = \overline{G}_A$;

In numerical illustrations, we use the risk-averse utility function $U(x) = (1/\delta) \cdot (1 - e^{-\delta x})$. This function is frequently used to represent decision maker's risk-averse behavior. δ is the coefficient of absolute risk-aversion.

5. NUMERICAL ILLUSTRATION

We expand the case study of the Redepharma drugstore chain in [3] as summarized in Figure 2. The case study in [3] evaluates Redepharma's service catalog and takes into account a tangible, SLA-dependent criterion only (although under uncertainty) for 2 investment options, A and B.

Figure 2 illustrates Redepharma's business activities (BAs) distribution over the four BSC perspectives, their characteristics, status and supporting IT services. Here we add a new investment option (C) to demonstrate how the proposed approach may support decision making (Table 2) in a hypothetical scenario that extends [3] by considering both the catalog and pipeline parts of the IT service portfolio. Our extended case study was modeled with 4 tangible SLA-dependent criteria. The criteria selection was based on the survey, [17], which was described in Section 3. Table 3 presents the selected criteria and corresponding weights.

The "perfect knowledge" situation (no uncertainty) was characterized in [3] as follows. The "financial loss" criterion revenue rates are $\beta_C^i = \$20,000/\text{hour}$; $\beta_O^i = \$7,500/\text{hour}$; $\beta_F^i = \$2,000/\text{hour}$; and $\beta_S^i = 4\%/\text{month}$. The amplification factor (α) for all BAs was set at 5 times that of the causing SLA violation – i.e., a 99.95% availability SLA violation yields a 64min48sec interruption of the IT service which grows to $\tau = 5\text{h}24\text{min}$ over a quarter.

<u>Customer</u>	<u>Operations</u>
Customer Relationship Management and Sales BAs with $w_C^{CRM} = 0.7$ and $w_C^{Sales} = 0.3$ Sales BA malfunctions; this BA is supported by intranet connectivity and a given data base (say “DB ₁ ”) services which are subject to 99,95 % availability SLAs (τ = quarterly)	Inventory Control and Supply Chain Management (SCM) BAs with $w_O^{Inventory} = 0.4$ and $w_O^{SCM} = 0.6$. SCM BA malfunctions; the SCM BA is dependent on the SCM application, Web server remote access and “DB ₂ ” (different from DB ₁) services, each with a 99,95% availability SLA (τ = quarterly)
Invoicing and Accounts Payable & Receivable BAs with $w_S^{Invoicing} = 0.9$ and $w_S^{APR} = 0.1$ Invoicing BAs malfunctions; it uses a printing spool service, intranet connectivity and the DB ₁ services whose SLAs specify 99,99% availability in the first 2 business days of every month (τ = quarterly)	e-Learning (new service) and Collaboration BAs with $w_F^{e-L} = 0.5$ and $w_F^{Collaboration} = 0.5$ Collaboration BAs malfunctions; it depends on Internet access services with a 99,95% availability SLA (τ = quarterly)
<u>Financial</u>	<u>Future</u>

Figure 2: Redepharma’s classification of business activities

Table 2: Investment options

Option	BSC perspective focus and purpose of investment
A	Customer and Operational BAs: Make their services comply with 99,99% availability SLAs.
B	Future, Operational and Financial BAs: Improve QoS of Internet access – by raising its SLA to 99,98%, say - and improve fault tolerance of financial services to guarantee no downtime during first two days of each month.
C	Customer BAs: - Make their services comply with 99,99% availability SLAs. Future: - New service (e-Learning).

Table 3: Selected criteria and corresponding weights

Criteria and corresponding [weights]
Gain:
1. Financial gain [0.6]
2. Market share gain [0.4]
Loss:
1. Financial loss [0.6]
2. Market share loss [0.4]

For the extended case study being considered here, we adopt the following “financial gain” criterion revenue rates: $\gamma_C^i = \$16,000/\text{hour}$; $\gamma_O^i = \$5,500/\text{hour}$; $\gamma_F^i = \$2,000/\text{hour}$; and, $\gamma_S^i = 2,100$.

The revenue rates for the “market share loss” criterion are $\beta_C^i = \$8,000/\text{hour}$; $\beta_O^i = \$4,500/\text{hour}$; $\beta_F^i = \$1,200/\text{hour}$; and $\beta_S^i = 3,000$. The values for the “Market share gain” criterion are $\gamma_C^j = \$1,500/\text{hour}$; $\gamma_O^j = \$400/\text{hour}$; $\gamma_F^j = \$100/\text{hour}$; and $\gamma_S^j = 400$. Business activities weights are shown in Figure 2.

The reference situation R is defined when each malfunctioning BA in Figure 2 have their supporting IT service violate the corresponding SLA once per quarter – i.e., each affected BA malfunctions for $5 * [(1-\text{availability}) * 90 \text{ days} * 24 \text{ hours/day}]$.

To handle uncertainty in the analysis, value intervals for the revenue rates were taken into account. Table 4 presents intervals for the revenue rates of the financial loss and gain criteria and Table 5 for the market share loss and gain criteria.

Uncertainty in BA weights were also informed by Redepharma’s executives [3]: $w_C^{CRM} = [0.6; 0.8]$ and $w_C^{Sales} = [0.2; 0.4]$; $w_O^{Inventory} = [0.2; 0.8]$, and $w_O^{SCM} = [0.2; 0.8]$; $w_F^{e-L} = [0.1; 0.8]$ and $w_F^{Collaboration} = [0.2; 0.9]$; $w_S^{Invoicing} = [0.7; 0.95]$ and $w_S^{APR} = [0.05; 0.3]$. The amplification factor varies within [1;6] for Customer, Operations and Future BAs; and, within [1;8] for Financial BAs [3].

Table 4: Financial gain and loss revenue rates

BSC	Financial gain (\$/hour) [min - max]	Financial loss (\$/hour) [min - max]
C	14,000 - 16,500	18,000 - 21,000
O	4,500 - 6,000	3,450 - 13,725
F	1,600 - 3,750	500.0 - 4,000
\$	1,800 - 2,500	3,200 - 4,100

Table 5: Market share gain and loss revenue rates

BSC	Market share gain (\$/hour) [min - max]	Market share loss (\$/hour) [min - max]
C	1,100 - 2,000	3,000 - 9,500
O	300.0 - 570.0	2,500 - 6,000
F	40.0 - 180.0	700.0 - 2,500
\$	120.0 - 570.0	2,000 - 4,500

The new service proposed in investment option “C” raises the gain revenue rates on perspective $k = F$ to $\gamma_F^j = [\$2,500; 3,750]$ for the “financial gain” criterion and to $\gamma_F^j = [\$120; 240]$ for the “market share gain”. Here we consider that the new service will comply with its SLA.

Under these uncertainties, intervals for the quarter “financial gain” and “market share gain” criteria are shown in Figures 3 and 4, respectively. Figure 5 shows the intervals for the “financial loss” criterion (also quarterly). Intervals for the “market share loss” criterion are presented in Figure 6.

Investment option	Minimum (\$/100)	Maximum (\$/100)
A	117,773	370,352
B	134,098	348,726
C	113,850	374,631

Figure 3: Intervals for the “financial gain” criterion (quarterly)

Investment option	Minimum (\$/100)	Maximum (\$/100)
A	8,370	43,480
B	9,657	50,506
C	8,022	42,310

Figure 4: Intervals for the “market share gain” criterion (quarterly)

Investment option	Minimum (\$/100)	Maximum (\$/100)
A	68.75	736.84
B	51.54	929.88
C	74.71	1,306

Figure 5: Intervals for the “financial loss” criterion (quarterly)

Investment option	Minimum (\$/100)	Maximum (\$/100)
A	24.71	534.28
B	14.69	481.46
C	29.03	783.11

Figure 6: Intervals for the “market share loss” criterion (quarterly)

Note that the decision maker may use any individual criterion in Figures 3-6 (or any combination thereof) as a basis for decisions. By looking at the intervals in those figures, there seems to be no clear cut choice, and the choice also depends on the decision maker’s risk profile. The application of the UT analysis in subsection 4.2 to a given criterion facilitates examining available options. Here we progress with the analysis by consolidating the selected criteria up to the final preference index.

The revenue rates of the financial loss and gain criteria (Table 4) and of the market share loss and gain criteria (Table 5) – along with criterion weights presented in Table 3 – enable estimation of each investment option quarterly financial net gain due to IT SLA compliances and violations. The potential net gain is given in Table 6 for the reference SLA and Quality of Service (QoS) situations of Figure 2. In Table 6, “typical” applies to results generated with “perfect knowledge” as provided by Redepharma’s executives [3]. Note again, that results in Table 6 could be used to base investment decisions upon; we proceed to estimate PI.

Table 6: The potential net gain due to IT SLA compliance and violations

INVESTMENT OPTION	Min (\$/100)	Typical (\$/100)	Max (\$/100)
Reference	73,837	161,234	238,103
A	73,961	161,816	238,948
B	84,285	165,487	228,688
C	71,463	161,563	240,606

Calculations of the quarterly net business impact I for each investment option with respect to the reference situation follow the procedure in Section 4.1. Values are given in Table 7.

Table 7: Quarterly net business impact

Investment Option	Net business impact	
	Min (\$/100)	Max (\$/100)
A	-164,142	165,110
B	-153,818	154,851
C	-166,640	166,768

The preference index PI is obtained by the procedure presented in Section 4.2. The risk-averse utility function $U(g) = (1/\delta) \cdot (1 - e^{-\delta g})$ with $\delta = 0.001$ was used in calculations (the utility is positive for positive gains). Values for the preference index PI are shown in Figure 7.

Investment option B is the preferred option according to the selected criteria analysis and the investor’s profile. Investment options A, B and C rank as follows: $PI_{(R,B)} > PI_{(R,A)} > PI_{(R,C)}$.

Criteria were analyzed above according to a risk-averse profile. Suppose that a risk-seeking decision maker is now in charge. To demonstrate how the risk profile interferes with results, now we apply the new decision maker’s risk profile – defined by the risk-seeker utility function $U(g) = (1/\delta) \cdot (e^{\delta g})$ with $\delta = 0.0001$ – in the criteria analysis.

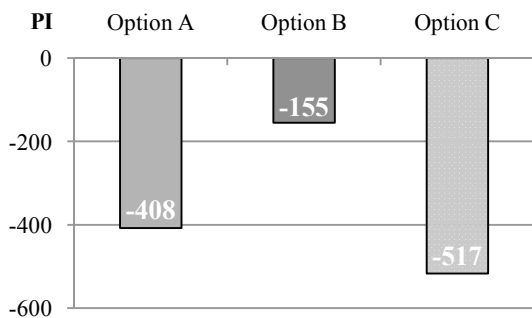


Figure 7: PI generated by a risk-averse utility function

Results shown in Figure 8 demonstrate that the rank order now changes to C, A and B (C being preferable) – since $PI_{(R,C)} > PI_{(R,A)} > PI_{(R,B)}$. Note that the same values of quarterly net business impact in Table 7 are maintained but now they lead to investment option “C” being preferred since a risk seeker is now making decisions.

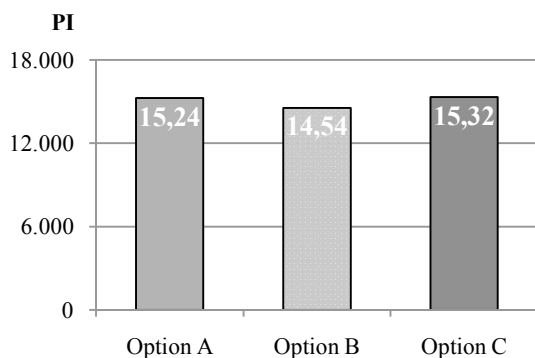


Figure 8: PI generated by a risk-seeker utility function

6. CONCLUSION AND NEXT STEPS

This paper presented a model to support decision making in IT Service Portfolio Management (ITSPM). Uncertainty was taken into account by means of interval arithmetic and utility theory.

The ITSPM part of ITIL provides neither formalism nor illustration to clarify how its recommendations can be undertaken. Our model may assist managers in setting a strategic approach to ITSM and in defining policies to select services to be designed or improved.

The survey and interviews on IT Financial Management in [17] served as a starting point for our approach's initial and partial validation efforts: the use of intervals (to model uncertainty), the Balanced Scorecard and most of the criteria we propose to be used in the model derives from survey results. But that only validates parts of the model, not its usefulness as a whole.

The usefulness of the model has been initially evaluated by the CIO of a large financial company in South America. He considers the approach “to provide an effective contribution to decision making for investments in IT service portfolio management”.

Once the model is more thoroughly validated, it could be embedded in automated decision support tools to assist, in a business-driven way, IT managers in strategy setting and in continuous service improvement.

As for future work, other criteria – not only SLA-dependent – will be considered for the evolution and comprehensiveness of the proposed model.

Application of the approach becomes more time consuming as the number of criteria increases. Next steps will also involve the evolution of the model to avoid too many data inputs and calculations. One way to investigate such evolution is through the use of the business value model in [22]. We also intend to investigate integration of the model into HP's Management by Business Objectives (MBO) [25] methodology.

7. ACKNOWLEDGMENTS

We thank Carlos Paraizo for his comments and suggestions for the validation efforts of the proposed model. This work was achieved in cooperation with Hewlett-Packard Brasil Ltda. using incentives of the Brazilian Informatics Law (Law n° 8.248 of 1991).

8. REFERENCES

- [1] IT Infrastructure Library - ITIL, Office of Government Commerce, UK, 2007.
- [2] Markowitz, Harry M. 1991. Portfolio Selection: efficient diversification of investments, 2nd Ed Oxford: Basil Blackwell.
- [3] Moura, J.A.B. Sauvé, J.P. and Boulmakoul, A. 2008. A possibility theoretic model for decision support in Business-Driven IT Service Portfolio Management under Uncertainty. In Proceedings of HP-SUA, pp.131-143.
- [4] Morgan, J. N. 2005. A Roadmap of Financial Management for IT Projects ROI. IT Pro January/February; pp. 52-57.
- [5] Stewart, R. and Mohamed, S. 2002. IT/IS projects selection using multi-criteria utility theory. Logistics Information Management, 15 (4), pp. 254-270.
- [6] Stewart, R. 2008. A framework for the life cycle management of information technology projects: ProjectIT. International Journal of Project Management 26, 203-212.
- [7] Hatush, Z. and Skitmore, M.R. 1998. Contractor selection using multicriteria utility theory: an additive model, Building and Environment 33 (2-3), Elsevier, pp. 105-115.
- [8] Keeney, R.L. and Raiffa, H. 1993. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge University Press, Cambridge.
- [9] Kumar, R.L. 2002. Managing risks in IT projects: an options perspective. Information & management 40, pp. 63-74.
- [10] Chen, K. and Gorla, N. 1998. Information System Project Selection Using Fuzzy Logic. IEEE Transactions on System Management and Cybernetics – Part A: Systems and Humans, Vol. 28, No. 6, November, pp.849-855.
- [11] Chen, C-T; Cheng, H-L. 2008. A comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment. International Journal of Project Management, In Press.
- [12] Gunasekaran, A., Ngai, E.W.T. and McGaughey, R.E. 2006. Information technology and systems justification: A review

for research and applications. *European Journal of Operational Research*, 173, pp. 957-983.

- [13] Mohamed, S. and McCowan, A. K.. 2001. Modeling project investment decisions under uncertainty using possibility theory. *International Journal of Project Management*, 19, pp. 231-24.
- [14] Baccarini, D., Salm, G. and Love, P.E.D. 2004. Management of risks in information technology projects. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 104, No. 4 – pp. 286-295.
- [15] Lee, J.W. and Kim, S.H. 2000. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. *Computers & Operations Research* 27, pp. 367-382.
- [16] Lan-ying, D. and Yong-dong, S. 2007. Implement Business Strategy via Project Portfolio Management: A Model and Case Study. *Journal of American Academy of Business*, 11, 2; September, pp. 239-244.
- [17] Moura, J.A.B. 2008. Survey and Interviews on IT Financial Management. Available at http://www.bottomlineproject.com/hp/_media/survey_and_interviews_on_it_financial_management.pdf
- [18] Zadeh, L. 1978. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*; 1, pp. 3-28.
- [19] Marek, W.G. 2003. Power and Beauty of Interval Methods. arXiv:physics/0302034v2, Domestic Conference on Evolutionary Algorithms and Global Optimization, Poland, May 26-29, 8 pp.
- [20] Neumann, J. von, Morgenstern O. 2007. *Theory of Games and Economic Behavior*. Commemorative Edition, Princeton University Press.
- [21] Kaplan, R., and Norton, D. 1992. The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*; 70(1), pp.71-79.
- [22] Oliveira, J.A., Moura, J.A.B, Bartolini, C., Hickey, M. 2009. Value-based IT Decision Support. In *Proceedings of BDIM*.
- [23] Moura, J.A.B., Sauvé, J.P., Jornada, J. and Radziuk, E. 2006. A Quantitative Approach to IT Investment Allocation to Improve Business Results. In *Proceedings of Policies*, IEEE Computer Society. v.7. p.87 – 95.
- [24] Microsoft TecNet: System Center Operations Manager TechCenter. Defining a service level objective against an application. Available at <http://technet.microsoft.com/en-us/library/dd441412.aspx>
- [25] Bartolini, C., Sall , M., Trastour, D. 2006. IT service Management Driven by Business Objectives: an application to incident management. In *Proceedings of Network Operations and Management Symposium (NOMS 2006)*, IEEE publishing.

Apêndice C

End-of-Session Questionnaires for evaluation of an ITSPM Framework

End-of-Session Questionnaires for evaluation of an ITSPM Framework

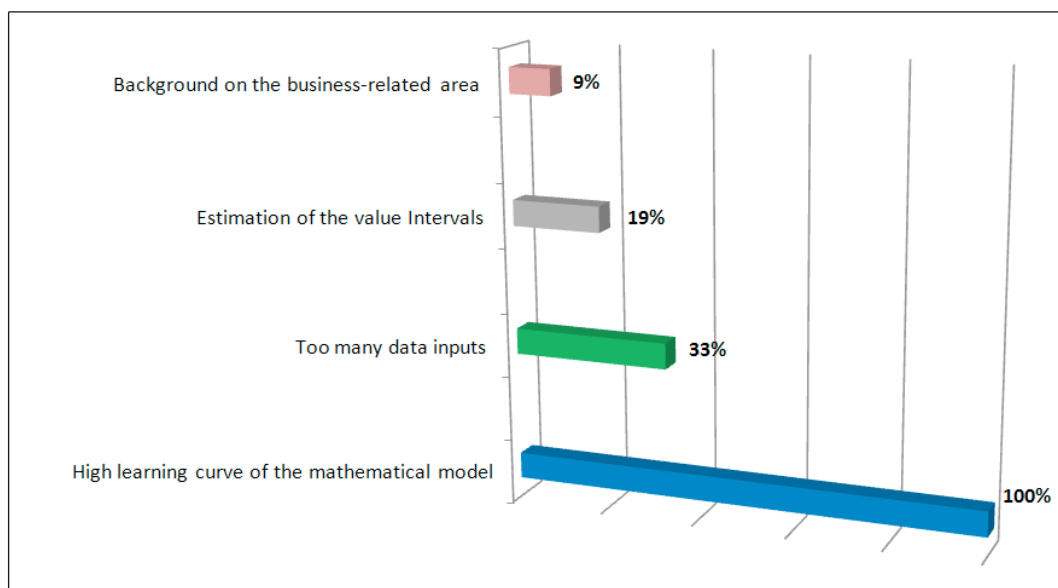
Bottom Line Project
October 2009

In October 2009, 20 companies in the state of Paraíba (Northeastern Brazil) participated in a usage session of an ITSPM framework to support decision making for investments in IT services. End-of-Session Questionnaires were used to collect participant's considerations about the use of the Framework. There was only one participant by company (except for two participants of a multi-national, sporting goods, company). Almost 20% (4 in total) of the participants were business executives. The remaining 17 participants (80%) were IT managers.

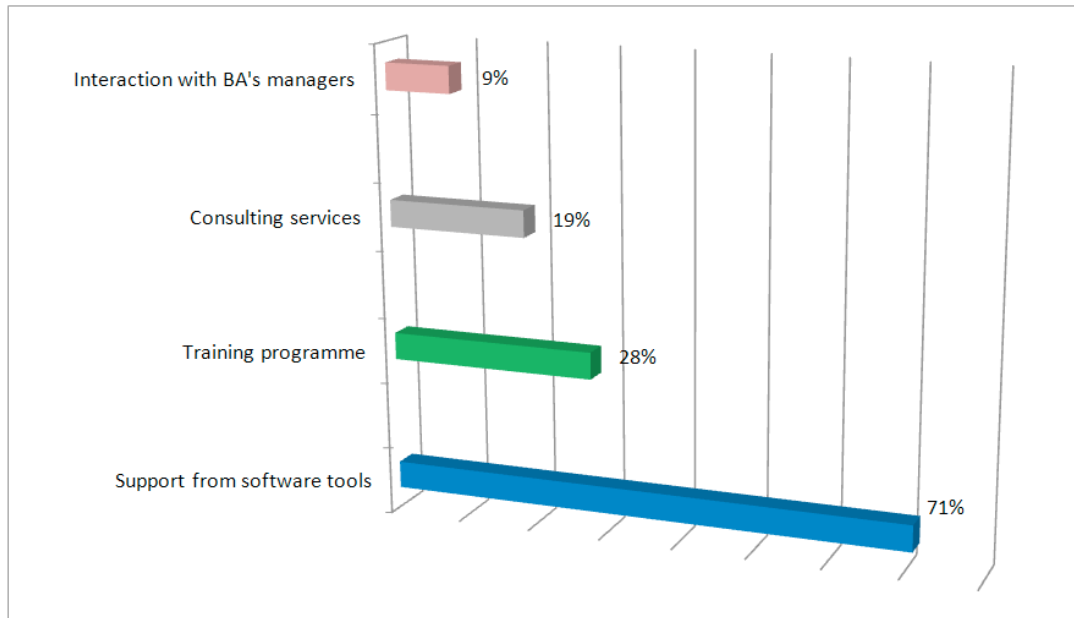
The usage session was conducted as an initial effort to validate the framework's organization and usefulness. Further, it was intended to identify targets to its improvement. A paper that details the framework – and the decision scenario – was submitted to HP as previous deliverable (*Deliverable 5: IT Service Portfolio Financial Management using multiple criteria and under uncertainty*).

Results are biased by the participating companies' profiles and the respondents' own background. Consolidated and summarized results follow.

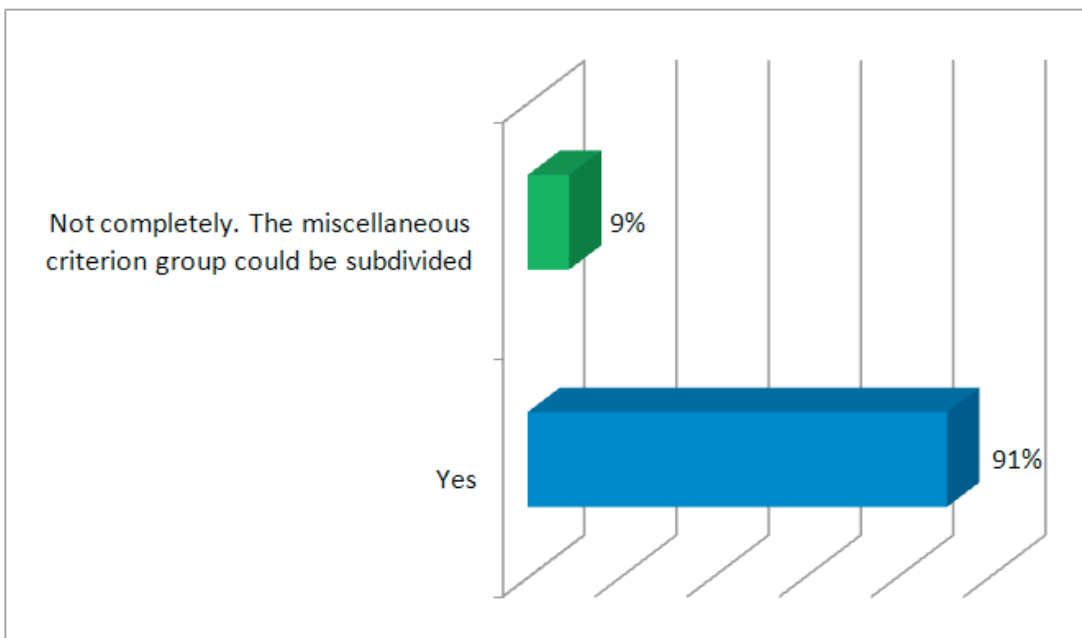
1) What were the main difficulties in the framework's utilization to support decision making for investments in IT services?



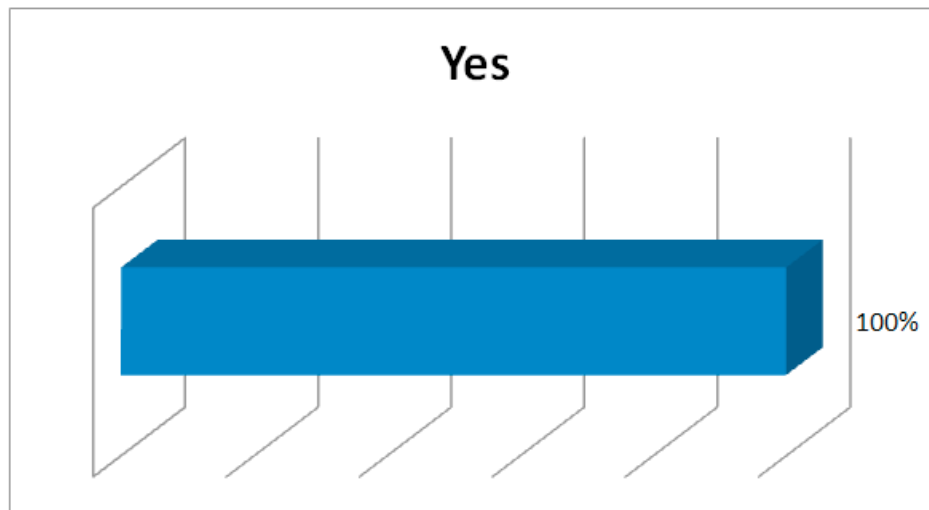
2) What are the alternatives to treatment of difficulties presented in question 1?



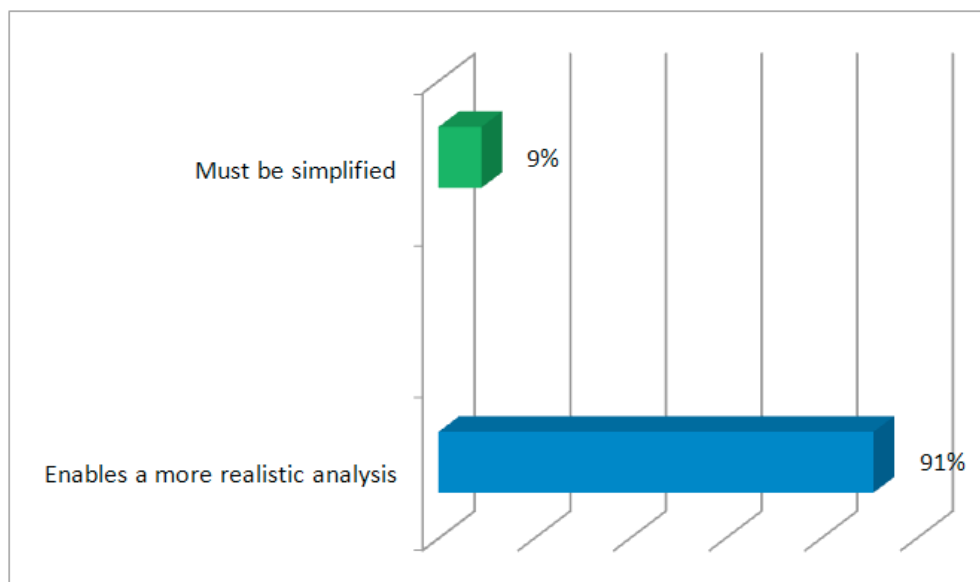
3) Do you agree with the framework's criterion group organization?



4) Do you consider the ITSPM framework useful to support decision making for investments in IT services?



5) The use of Utility Theory to consider the decision makers' risk profile enables a more realistic analysis or makes it too complex unnecessarily?



Apêndice D

*Questionário utilizado para coletar
considerações dos participantes da
sessão de uso do Framework*

MBA

INVESTIMENTOS EM TI

METODOLOGIAS PARA APOIO À DECISÃO DE INVESTIMENTOS EM TI

ATIVIDADE

NOME: _____

- 1- CITE PELO MENOS DUAS DIFICULDADES ENFRENTADAS NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO PELO USO DO FRAMEWORK.**

- 2- COMO VOCÊ SUGERE QUE AS DIFICULDADES ENFRENTADAS COM O FRAMEWORK SEJAM SUPERADAS?**

- 3- EM SUA OPINIÃO, DENTRE OS CRITÉRIOS UTILIZADOS NO USO DO FRAMEWORK – ganho financeiro, perda financeira, ganho de mercado, perda de mercado, qualidade de suporte, pessoas afetadas pela TI e custo – QUAIS OS DOIS MAIS IMPORTANTES? SE DOIS DELES PRECISASSEM SER EXCLUÍDOS, QUAIS SERIAM?**

4- VOCÊ CONCORDA COM A ORGANIZAÇÃO DOS GRUPOS DO FRAMEWORK? JUSTIFIQUE.

5- VOCÊ CONSIDERA O FRAMEWORK ÚTIL PARA SUPORTE A DECISÃO DE INVESTIMENTO? JUSTIFIQUE.

6- O TRATAMENTO DO PERFIL DE RISCO DO TOMADOR DE DECISÃO ATRAVÉS DE TEORIA DA UTILIDADE DÁ MAIS CREDIBILIDADE À ANÁLISE OU A COMPLICA DESNECESSÁRIAMENTE?