

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
INSTITUTO TERCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS
COMPUTACIONAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

IVAN MAIA VITAL JUNIOR

**IDENTIFICANDO A SEQUÊNCIA
DE IMPLEMENTAÇÃO MAIS
EFICIENTE DE PROJETOS DE
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
E COMUNICAÇÃO**

Rio de Janeiro
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
INSTITUTO TÉRCIO PACITTI DE APLICAÇÕES E PESQUISAS
COMPUTACIONAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

IVAN MAIA VITAL JUNIOR

**IDENTIFICANDO A SEQUÊNCIA
DE IMPLEMENTAÇÃO MAIS
EFICIENTE DE PROJETOS DE
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
E COMUNICAÇÃO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Antonio Juarez Alencar, D.Phil.

Rio de Janeiro
2015

V836 Vital Junior, Ivan Maia

Identificando a sequência de implementação mais eficiente de projetos de tecnologia da informação e comunicação / Ivan Maia Vital Junior. – 2015. 100 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Departamento de Ciência da Computação, Rio de Janeiro, 2015.

Orientador: Antonio Juarez Alencar.

1. Projetos de Tecnologia da Informação e Comunicação. 2. Engenharia de *Software* Baseada em Valor. 3. Análise de Investimentos em TIC. 4. Método de Financiamento Incremental. 5. Análise por Envoltório de Dados. 6. Eficiência. 7. Analytic Hierarchy Process. – Teses. I. Alencar, Antonio Juarez (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Programa de Pós-Graduação em Informática. III. Título

CDD

IVAN MAIA VITAL JUNIOR

Identificando a sequência de implementação mais eficiente de projetos de tecnologia da informação e comunicação

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

Aprovado em: Rio de Janeiro, ____ de _____ de _____.

Antonio Juarez Alencar, D.Phil. (Orientador)

Eber Assis Schmitz, Ph.D.

Alexandre Luis Correa, D.Sc.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha vida, saúde e pela força que me permitiu caminhar até aqui.

À minha esposa Vanessa por todo o incentivo, apoio e pela compreensão durante todo esse período que precisei dividir o nosso tempo com as atividades acadêmicas.

Aos meus pais Ivan e Jenny e às minhas irmãs Laila e Eliane, por todo apoio e compreensão nas ausências durante o curso.

Aos amigos do mestrado Doria, Rigel, Franco, Luis e Cristiana pelo companheirismo e amizade dispensadas a mim ao longo desse período.

Aos professores Antonio Juarez Alencar e Eber Assis Schmitz pela disponibilidade em sempre atender as solicitações de um mestrando com dúvidas.

Em especial, ao Prof^o Antônio Juarez Alencar, pelo seu grande coração, pela orientação firme, pelas críticas francas, pelo zelo dispensado a mim durante todo esse percurso e pela amizade.

Ao apoio e compreensão imensos recebido dos amigos e companheiros de trabalho Carlos, Cláudia, Geovani, Luiz Ricardo, Luciana, Márcio, Pedrotti, Sérgio e Vitória.

Em especial aos amigos pessoais, Achile, Alexandre, Claudia, Doria, Gabriel, Ivan, José Augusto, Leonardo, Raphael e Romário por todo o incentivo e palavras de apoio.

Agradecimento especial ao gerente do PMO da NOVAX Energy, seus coordenadores e aos seus analistas por fornecerem generosamente todas as informações necessárias, além de nos dar todo o apoio para a que fosse possível a realização observação empírica da aplicação do método proposto no corpo dessa dissertação.

RESUMO

Vital Junior, Ivan Maia. **Identificando a sequência de implementação mais eficiente de projetos de tecnologia da informação e comunicação.** 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

À medida que a tecnologia da informação e comunicação (TIC) se torna uma dimensão importante da concepção e implementação de estratégias de negócio e a competição por espaço no mercado de bens e serviços aumenta, a eficiência dos investimentos realizados em TIC se torna uma questão de interesse para a atividade gerencial. Este trabalho apresenta um método para a identificação da sequência de implementação mais eficiente de projetos de TIC.

Palavras-chave: Projetos de Tecnologia da Informação e Comunicação, Engenharia de *Software* Baseada em Valor, Análise de Investimentos em TIC, Método de Financiamento Incremental, Análise por Envoltório de Dados, Eficiência, Analytic Hierarchy Process.

ABSTRACT

Vital Junior, Ivan Maia. **Identificando a sequência de implementação mais eficiente de projetos de tecnologia da informação e comunicação.** 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

As information and communications technology (ICT) develops into an important dimension of the conception and deployment of business strategies and competition for market space increases all around us, the interest for the efficiency of the investments made in ICT becomes an area of growing concern for management. This dissertation presents a method that allows for the identification of the most efficient implementation sequence of ICT projects.

Keywords: Information and communications technology projects, Value Based Software Engineering, ICT Investment Analysis, Incremental Funding Method, Data Envelopment Analysis, Efficiency, Analytic Hierarchy Process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: O diagrama de dependência	20
Figura 2.2: Representação do funcionamento de uma DMU	30
Figura 2.3: Representação gráfica da eficiência da cada clínica veterinária.	34
Figura 3.1: O diagrama de dependência do projeto MGDF	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Elementos de fluxo de caixa dos subprojetos de um projeto de TIC	21
Tabela 2.2: O valor presente líquido de cada subprojeto.	23
Tabela 2.3: Análise do fluxo de caixa da Sequência 2.3	25
Tabela 2.4: A eficiência em uma rede de clínicas veterinárias	32
Tabela 2.5: A eficiência relativa de cada clínica	33
Tabela 2.6: Análise da eficiência em uma rede de clínicas veterinárias .	36
Tabela 2.7: As sequências de implementação de um projeto de TIC. . .	40
Tabela 2.8: Dados fornecidos para o EMS DEA <i>solver</i> e resultado produzido pelo <i>software</i>	41
Tabela 2.9: Matriz de avaliação de Saaty	43
Tabela 2.10: A escala fundamental para comparação por pares	43
Tabela 2.11: Índice randômico utilizado no cálculo do <i>CC</i>	44
Tabela 2.12: Limites do coeficiente de consistência de Saaty	44
Tabela 2.13: A matriz de avaliação de Saaty aplicada a indicadores de desempenho financeiro	45
Tabela 2.14: Avaliação das sequências em relação a dimensão I	46
Tabela 2.15: Avaliação das sequências em relação a dimensão ROI . . .	46
Tabela 2.16: Avaliação das sequências em relação a dimensão SFP . . .	46
Tabela 2.17: Avaliação das sequências em relação a dimensão BEP . . .	46
Tabela 2.18: Avaliação das sequências em relação a dimensão IRR . . .	47
Tabela 2.19: O índice de relevância ponderada das sequências de implementação mais eficientes	47
Tabela 3.1: Subprojetos do projeto MGDF	67
Tabela 3.2: Ordem de desenvolvimento dos subprojetos do MGDF . . .	68
Tabela 3.3: O fluxo de caixa de cada subprojeto do MGDF	71
Tabela 3.4: O NPV de cada subprojeto do MGDF	72
Tabela 3.5: Possíveis sequências de implementação	72
Tabela 3.6: As sequências mais eficientes	73
Tabela 3.7: Comparação da sequência indicada pelo método com as sequências selecionadas sem a ajuda do método	74
Tabela 4.1: Trabalhos relacionados	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Motivação	12
1.2	Objetivo do Trabalho	14
1.3	Artigos Publicados	15
1.4	Organização da Dissertação	15
2	ARCABOUÇO CONCEITUAL	17
2.1	O Incremental Funding Method	17
2.1.1	IFM e projetos de TIC	18
2.1.2	Dependência entre subprojetos	19
2.1.3	Análise financeira de projetos de TIC	21
2.1.4	Atratividade de projetos TIC	24
2.1.5	Limitações dos indicadores financeiros	28
2.2	Produtividade, eficiência e eficiência relativa	29
2.2.1	Eficiência relativa	32
2.2.2	Dificuldades no cálculo da eficiência relativa	34
2.2.3	Análise de envoltório de dados	37
2.2.4	DEA <i>solver</i>	38
2.2.5	Identificando a sequência de implementação mais eficiente de um mesmo projeto de TIC	39
2.3	O Processo de Análise Hierárquica	42
2.3.1	Como o AHP funciona	42
2.3.2	Um exemplo de aplicação do AHP	45
3	O MÉTODO	48
3.1	Especificação do método	48
3.2	Observação empírica da aplicação do método em um projeto do mundo real	65
3.2.1	Avaliação preliminar do projeto do mundo real	66
3.2.2	Aplicação do método em um projeto do mundo real	70
3.2.3	Avaliação do resultado	73
4	TRABALHOS RELACIONADOS	75
4.1	Determinação do critério de busca	76
4.2	Seleção das bases a serem pesquisadas	77
4.3	Período da busca	77
4.4	Execução da pesquisa nas bases selecionadas	77
4.5	Descarte dos resultados duplicados	78

4.6	Descarte de trabalhos não relacionados a partir da sua descrição	78
4.7	Descarte de trabalhos a partir do exame do texto	78
4.8	Descrição dos trabalhos relacionados	78
4.9	Análise dos trabalhos relacionados	80
4.10	Avaliação dos trabalhos relacionados	84
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
5.1	Conclusões	86
5.2	Limitações e sugestões para futuras pesquisas	88
5.2.1	Projetos de TIC no setor público	88
5.2.2	Cenários não determinísticos	89
5.2.3	Métodos ágeis	90
5.2.4	Projetos com muitos subprojetos	91
5.2.5	Desenvolver ferramenta de <i>software</i> que automatize o método apresentado	92
	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

O termo tecnologia da informação e comunicação (TIC) foi utilizado pela primeira vez em um relatório sobre a situação das escolas públicas no Reino Unido elaborado pelo Barão de Coddendam, no final dos anos 1990 (STEVENSON, 1997). Desde então o papel desempenhado pela TIC no universo corporativo vem se modificado constantemente, aumentando a sua importância e abrangência (MCKEAN, 2013).

De uma tecnologia que permite o processamento rápido de grandes quantidades de informação, a TIC passou a ser percebida como um componente crucial da estratégia e tática de organizações de todos os tipos e tamanhos (LI, 2009).

Nos dias de hoje a TIC não é apenas o motor que impulsiona vários processos de negócio, tais como logística, relacionamento com o cliente e planejamento financeiro, mas é também um componente intrínseco de uma grande variedade de produtos e serviços utilizados pelas pessoas no seu cotidiano.

Os aparelhos de TV inteligentes, as câmeras digitais que se ajustam automaticamente às condições de iluminação do meio-ambiente, os carros com computadores de bordo, os smartphones, o internet banking, o comércio eletrônico e as redes sociais são exemplos do uso de TIC no dia a dia das pessoas (CHEN et al., 2006).

Todavia, o aumento da competição nos mais diversos mercados tem aumentado a necessidade por acesso imediato a informação de qualidade para a tomada de decisão, ao mesmo tempo em que aumenta a demanda por eficiência no uso dos recursos financeiros (LUFTMAN; ZADEH, 2011).

Além disso, a medida em que a concorrência se torna mais acirrada, aqueles que pagam pelo desenvolvimento de projetos de TIC passam a exigir um tempo menor para o retorno dos investimentos, menor exposição ao risco, mais lucro, maior rapidez na colocação de produtos no mercado, e uma arquitetura de TIC mais flexível (ARLBJØRN; DAMGAARD; HAUG, 2009).

Como consequência, os executivos vêm sendo pressionados a tomar decisões cada vez mais efetivas e eficientes sobre os investimentos em TIC (DRNEVICH; CROSON, 2013).

Entretanto, independente das qualificações acadêmicas e experiência profissional que estes executivos possam possuir, dificilmente eles serão capazes de tomar decisões sensatas sobre o uso da TIC para resolver problemas complexos sem contar com o suporte de uma metodologia de análise de investimentos que seja consistente e robusta (SCHNIEDERJANS; HAMAKER; SCHNIEDERJANS, 2010).

Com o passar do tempo, várias propostas foram apresentadas para avaliação de investimentos em TIC (QUEIROZ et al., 2010), (ROSACKER; OLSON, 2008), (JIA; LI; WANG, 2009). Infelizmente, muitas dessas propostas ignoraram o fato de que frequentemente projetos de TIC são compostos de subprojetos; já que isso favorece a separação de conceitos (*separation of concerns*, em inglês) e com isso a compreensão, o planejamento e o controle (DEEK; MCHUGH; ELJABIRI, 2005; RIEMPP; GIEFFERS-ANKEL,

2007).

Além disso, várias dessas propostas não levam em consideração que alguns desses subprojetos propiciam retorno direto dos investimentos realizados quando implementados e que outros servem apenas para permitir a construção da infraestrutura requerida pelo projeto (ALENCAR et al., 2011).

Dentre as propostas que consideram que projetos de TIC geralmente são compostos de subprojetos, muitas levam em consideração apenas um único indicador de performance, tais como valor presente líquido (NPV) ou retorno sobre o investimento, do inglês *return on investment* (ROI) (ALENCAR et al., 2012).

Algumas poucas propostas sugerem o uso de múltiplos indicadores de performance, com o objetivo de tornar seus métodos mais robustos, tais como (ZANDI; TAVANA, 2010). Cao et al., assim como Peffers e Santos, analisam essas propostas (CAO et al., 2013; PEFFERS; SANTOS, 2013). Entretanto, pouco se tem discutido sobre como aumentar a eficiência dos investimentos feitos em projetos de TIC que são compostos de subprojetos.

1.2 Objetivo do Trabalho

Essa dissertação apresenta um método para identificação da sequência de implementação mais eficiente de projetos de TIC compostos de subprojetos. O método leva em consideração o uso de múltiplos indicadores de performance e a possibilidade de existirem diversas sequências de implementação que sejam igualmente eficientes. Neste caso, o método permite a utilização de critérios subjetivos para a escolha da sequência de implementação a ser utilizada dentre as mais eficientes.

1.3 Artigos Publicados

Um artigo derivado deste trabalho foi publicado em 2012, no *Communications in Computer and Information Science* journal, volume 292, pp 477-486, sob o título *Identifying the Most Efficient Implementation Sequence of an IT Project Broken Down into MMFs ad AEs*.

Posteriormente, um outro artigo descrevendo em maiores detalhes o método proposto nesta dissertação foi publicado em 2013, no *International Journal of Information Processing*, volume 7, issue 2, pp 11-19, sob o título *On the Identification of the Most Efficient Implementation Sequence of MMFs ad AEs*.

1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta a revisão dos principais conceitos e métodos utilizados nos capítulos que se seguem.
- O Capítulo 3 apresenta o método proposto nessa dissertação e explora um exemplo do uso deste método. Além disso, esse capítulo analisa os resultados obtidos com a aplicação do método proposto nessa dissertação em um projeto do mundo real, por meio de uma observação empírica.
- O Capítulo 4 discute os trabalhos relacionados ao assunto discutido nessa dissertação.
- O Capítulo 5 apresenta as conclusões e aponta direções para futuras

pesquisas.

2 ARCABOUÇO CONCEITUAL

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos utilizados no desenvolvimento desta dissertação, tais como: *incremental funding method* (IFM), *minimum marketable feature* (MMF), *architectural element* (AE), *data envelopment analysis* (DEA), *analytic hierarchy process* (AHP), etc.

2.1 O Incremental Funding Method

O *incremental funding method* (IFM), introduzido por Denne e Cleland-Huang, é uma abordagem de desenvolvimento de *software* que defende que projetos de *software* podem ser compostos de módulos que agregam valor ao negócio e que podem ser entregues em intervalos de tempo menores (DENNE; CLELAND-HUANG, 2005).

O IFM classifica esses módulos em dois tipos: *minimum marketable features* (MMF) e *architectural elements* (AE). Os módulos do primeiro tipo propiciam retorno dos investimentos realizados no seu desenvolvimento assim que ficam prontos. Os módulos do segundo tipo não propiciam retorno financeiro direto, mas são necessários para o desenvolvimento de outros módulos.

De acordo com Denne e Cleland-Huang, um módulo do tipo MMF agrega valor ao negócio em uma ou mais das seguintes áreas:

- (a) *Diferenciação competitiva* - o módulo permite o desenvolvimento de produtos com características que são valorizadas pelos consumidores e que são únicas no mercado;

- (b) *Geração de receita* - o módulo permite que o preço de produtos já existentes sejam reduzidos propiciando um aumento das vendas,
- (c) *Redução dos custos* - o módulo favorece a redução dos custos de processos de negócio que não são repassados aos consumidores;
- (d) *Projeção da marca* - o módulo ajuda a reforçar características dos nossos produtos que são valorizadas pelo consumidor; e
- (e) *Aumento da fidelidade do cliente* - a existência do módulo influencia o comportamento do cliente com o objetivo de fazer com que ele passe a comprar mais, mais frequentemente ou ambos.

Além disso, Denne e Cleland-Huang mostram que o valor total que um projeto de desenvolvimento de *software* dividido MMFs e AEs pode agregar ao negócio é altamente dependente da ordem na qual esses módulos são implementados.

2.1.1 IFM e projetos de TIC

Ao longo do tempo, as ideias de Denne e Cleland-Huang sobre o financiamento incremental de projetos de *software* influenciaram o trabalho de inúmeros pesquisadores, que as testaram, aperfeiçoaram e expandiram (KRUCHTEN, 2010; KUKREJA; BOEHM, 2013).

Fernandes et al. (2014) e Alencar et al. (2013), por exemplo, observam que, de forma análoga ao IFM, com o objetivo de facilitar o planejamento e o gerenciamento, projetos de TIC são frequentemente compostos de subprojetos. Esses subprojetos podem ser de dois tipos. Enquanto os do primeiro tipo geram retorno financeiro assim que ficam prontos, os do segundo tipo não propiciam nenhum retorno financeiro direto, mas são necessários para o

desenvolvimento de outros subprojetos. Observe que, nessas circunstâncias, um subprojeto é simplesmente um projeto de um contexto mais reduzido.

Além disso, o retorno financeiro propiciado por subprojetos do primeiro tipo podem ser utilizados para financiar o desenvolvimento de subprojetos do primeiro e do segundo tipo, diminuindo a necessidade de capital para investimento. Portanto, a ordem em que os subprojetos de um projeto de TIC são implementados pode alterar significativamente o valor financeiro do projeto. Além disso, os subprojetos do primeiro tipo agregam valor ao negócio da mesma forma que os módulos MMFs descritos por Denne e Cleland-Huang.

Em consequência, Fernandes et al. (2014) e Alencar et al. (2013) acabam por expandir as ideias de Denne e Cleland-Huang, permitindo que elas possam ser aplicadas a um número maior de situações. Na verdade, para esses autores o IFM aborda um caso particular de financiamento incremental de projetos de TIC, no qual cada subprojeto corresponde ao desenvolvimento de um único módulo de *software*.

No escopo dessa dissertação seguimos os passos delineados por Fernandes et al. (2014) e Alencar et al. (2013) e utilizamos a expressão MMF e AE para identificar respectivamente subprojetos de TIC que geram valor para o negócio assim que são terminados e subprojetos que não geram valor para o negócio diretamente, mas que são necessários para o desenvolvimento de outros subprojetos.

2.1.2 Dependência entre subprojetos

Embora os subprojetos de TIC tendam a ser unidades auto-contidas, frequentemente existe uma relação de dependência entre eles, isto é, em muitos casos o desenvolvimento de um MMF ou AE, só pode ser iniciado após

o término do desenvolvimento de outros subprojetos, que são denominados *predecessores* desses subprojetos.

Considere um projeto M composto dos subprojetos

$$M_A, M_B, \dots, M_H. \quad (2.1)$$

O diagrama apresentado na Figura 2.1, apresenta a relação de dependência entre os subprojetos do projeto M .

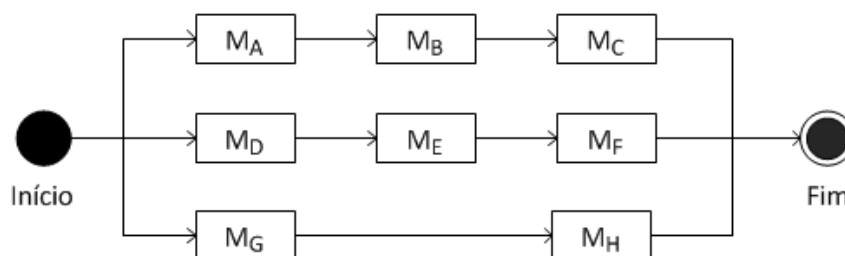


Figura 2.1: O diagrama de dependência

No diagrama, $M_{X \in \{A, B, \dots, H\}}$ são MMFs ou AEs. *Início* e *Fim* são subprojetos fictícios cujo objetivo é apenas sinalizar o início e o término do projeto. Esses subprojetos não requerem tempo de desenvolvimento, não demandam capital de investimento e não geram retorno para o projeto.

Além disso, uma seta partindo de um subprojeto em direção a outro, por exemplo, $M_A \rightarrow M_B$ indica que o desenvolvimento de M_A deve preceder o de M_B . Neste caso dizemos que M_A é predecessor de M_B .

Observe que a predecessão é uma relação transitiva. Ou seja, como $M_A \rightarrow M_B$ e $M_B \rightarrow M_C$, então obrigatoriamente $M_A \rightarrow M_C$. Para facilitar a leitura e compreensão, os relacionamentos transitivos não costumam ser retratados de forma explícita nos diagramas de dependência.

2.1.3 Análise financeira de projetos de TIC

A Tabela 2.1 mostra os elementos de fluxo de caixa (receitas e despesas) de cada subprojeto do diagrama apresentado na Figura 2.1 apropriados por período. Nesse contexto, período é um intervalo de tempo genérico, tais como semanas, quinzenas, meses, semestres, etc. Veja (SCHNIEDERJANS; HAMAKER; SCHNIEDERJANS, 2010) para uma introdução aos conceitos básicos de financiamento de projetos.

Tabela 2.1: Elementos de fluxo de caixa dos subprojetos de um projeto de TIC

Elementos de fluxo de caixa (\$10 ³)											
Sub- Proj.	MkSp	Período									
		1	2	3	4	5	6	7	8	...	16
M_A	1	-200	90	80	70	60	50	40	25	...	25
M_B	1	-250	0	0	0	0	0	0	0	...	0
M_C	1	-250	60	90	120	140	170	200	225	...	225
M_D	1	-200	0	0	0	0	0	0	0	...	0
M_E	1	-350	50	60	70	90	120	150	170	...	170
M_F	1	-120	90	90	135	135	135	135	135	...	135
M_G	1	-350	120	120	120	120	120	120	120	...	120
M_H	1	-100	30	30	30	30	30	30	30	...	30

Note que, de acordo com a informação apresentada na Tabela 2.1, M_A demanda um investimento inicial de \$200 mil unidades monetárias, representadas pelo símbolo “\$”. Em adição, ele possui um *makespan* (MkSp) de um período, isto é, ele leva um período para ser completamente desenvolvido.

Uma vez que o desenvolvimento de M_A termina no fim do primeiro período, ele gera uma série de retornos financeiros até o término do décimo sexto período. Com os subprojetos M_C , M_E , M_F , M_G e M_H podemos observar a mesma situação, isto é, há um investimento inicial e em sequência uma série de retornos financeiros positivos. Portanto, todos esses subprojetos são MMFs.

De forma diferente, os subprojetos M_B e M_D , não geram nenhum benefício financeiro direto após a sua conclusão, apesar do investimento necessário para sua execução. Em consequência, estes subprojetos são AEs.

Chamamos de *janela de oportunidade* o tempo decorrido entre o início de um projeto de TIC e o momento no qual o produto final desse projeto precisa ser substituído por uma solução mais adequada ao contexto do mercado. Portanto, de acordo com as informações apresentadas na Tabela 2.1, o projeto descrito na Figura 2.1 tem uma janela de oportunidade de dezesseis períodos

Note que, em termos financeiros, não é adequado realizar operações aritméticas sobre valores monetários sem levar em consideração uma taxa de juros adequada. Veja (MYERS, 2011) para uma discussão sobre como essa taxa de juros pode ser estimada. Portanto, devemos recorrer ao fluxo de caixa descontado para podermos comparar os retornos e custos propiciados por MMFs e AEs. Esse fluxo é constituído pelos elementos de fluxo de caixa corrigidos (ou descontados) para o mesmo instante de tempo. Por exemplo, o período que marca o início do projeto.

Em finanças a soma dos elementos de fluxo de caixa descontado é chamado de *net presente value* (NPV), ou *valor presente líquido* em português. Veja (SCHNIEDERJANS; HAMAKER; SCHNIEDERJANS, 2010) para maiores informações sobre a análise financeira de investimentos em projetos de TIC.

A Tabela 2.2 mostra a soma dos elementos de fluxo de caixa descontados de cada subprojeto apresentado na Figura 2.1, considerando o período no qual seu desenvolvimento começa e uma taxa de juros de 0,8% por período. Essa taxa de juros é utilizada em todos os demais cálculos financeiros

apresentados no decorrer desse capítulo.

Tabela 2.2: O valor presente líquido de cada subprojeto.

Valor presente líquido (\$10 ³)							
Sub- Proj.	Período						
	1	2	3	...	14	15	16
M_A	384	359	334	...	-29	-98	-176
M_B	-248	-246	-244	...	-224	-222	-220
M_C	2.342	2.127	1.913	...	-91	-169	-220
M_D	-198	-197	-195	...	-179	-177	-176
M_E	1.562	1.401	1.241	...	-216	-267	-308
M_F	1.679	1.547	1.417	...	52	-27	-106
M_G	1.411	1.286	1.163	...	-101	-205	-308
M_H	320	291	263	...	-36	-62	-88

Para que o entendimento seja facilitado, os valores apresentados na Tabela 2.2 foram arredondados para o valor inteiro mais próximo. Todas as tabelas apresentadas neste documento seguem esta mesma convenção.

A pretexto de exemplificação, de acordo com as informações apresentadas na Tabela 2.2, se o subprojeto M_C é executado no primeiro período, ele propicia um NPV de

$$\$2.342 \text{ mil} = \frac{-\$250 \text{ mil}}{(1 + 0,8\%)^1} + \frac{-\$60 \text{ mil}}{(1 + 0,8\%)^2} + \dots + \frac{-\$225 \text{ mil}}{(1 + 0,8\%)^{16}}. \quad (2.2)$$

Por outro lado, se M_C é executado no segundo período, este subprojeto propiciará um NPV de \$ 2.127 mil, se for executado no terceiro período, obterá \$ 1.913 mil.

Nem sempre todos os subprojetos podem ter seu desenvolvimento iniciando no primeiro período. É possível observar no diagrama de dependência apresentado na Figura 2.1 que apenas os subprojetos M_A , M_D , e M_G podem ser desenvolvidos no primeiro período. Se considerarmos que apenas um subprojeto pode estar em desenvolvimento durante o decorrer do mesmo pe-

ríodo, isto é, dois ou mais subprojetos não podem ser executados em paralelo, M_C , por exemplo, não poderá ter seu desenvolvimento iniciado até o terceiro período.

Além disso, cada possível sequência de implementação dos subprojetos de um projeto de TIC possui seu próprio NPV. Por exemplo, a sequência

$$M_G \curvearrowright M_D \curvearrowright M_E \curvearrowright M_F \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H \quad (2.3)$$

possui um NPV de \$ 4.989 mil, que é o maior dentre todas as sequências de implementação possíveis daquele projeto.

É importante entender que o NPV de uma sequência de implementação de um projeto de TIC é a soma do NPV de cada um de seus subprojetos, considerando o período previsto para o início do desenvolvimento de cada subprojeto. Portanto,

$$\begin{aligned} NPV(M_G \curvearrowright M_D \curvearrowright M_E \curvearrowright M_F \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H) &= \\ NPV_1(M_G) + NPV_2(M_D) + NPV_3(M_E) + \cdots + NPV_8(M_H) &= \\ (1.411 + -197 + 1.241 + \cdots + 123) \times \$1 \text{ mil} &= \$4.989 \text{ mil} \end{aligned}$$

,

onde $NPV_t(M_x)$ é o NPV do subprojeto M_x , considerando que o seu desenvolvimento teve início no período t .

2.1.4 Atratividade de projetos TIC

Nem todas as sequências de implementação de um projeto de TIC são igualmente atrativas do ponto de vista do investidor. Por exemplo, algumas

requerem mais capital de investimento e demoram mais para retornar aquilo que foi investido do que outras.

A literatura recomenda o uso de uma série de indicadores financeiros para analisar a atratividade de um projeto, seja ele um projeto de TIC ou não (YESCOMBE, 2013). Dentre esses indicadores destacam-se o valor presente líquido e o capital requerido para o projeto, que já foram apresentados anteriormente (ver Seção 2.1.3). Além desses, a literatura recomenda o uso do *self-funding point* (SFP), *break-even point* (BEP), *return on investment* (ROI) e *internal rate of return* (IRR).

O significado desses indicadores é mais facilmente compreendido através de um exemplo. Nesse sentido, a Tabela 2.3 apresenta, do ponto de vista financeiro, o *rollout* (desenrolar) da sequência apresentada na Equação 2.3, período a período, ao longo da janela de oportunidade.

Tabela 2.3: Análise do fluxo de caixa da Sequência 2.3

Sub-Proj.	Fluxo de caixa (\$10 ³)												
	Período												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	16
M_G	-350	120	120	120	120	120	120	130	130	130	130	...	130
M_D		-200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0
M_E			-350	50	60	70	90	120	150	170	170	...	170
M_F				-120	90	90	135	135	135	135	135	...	135
M_A					-200	90	80	70	60	50	40	...	25
M_B						-250	0	0	0	0	0	...	0
M_C							-250	60	90	120	140	...	225
M_H								-100	30	30	30	...	30
Fluxo de Caixa	-350	-80	-230	50	70	120	175	415	595	635	645	...	715
Fluxo de Caixa Desc.	-347	-79	-225	48	67	114	166	389	554	586	591	...	629
Rollout	-347	-426	-651	-603	-536	-422	-256	133	687	1.273	1.864	...	4.989
Índices			↑ I	↑ SFP				↑ BEP					↑ NPV

As linhas de M_G a M_H contém o fluxo de caixa dos subprojetos que

compõem o projeto de TIC apresentado na Figura 2.1. Ver Tabela 2.1 a esse respeito.

A linha seguinte, “Fluxo de Caixa”, contém os elementos de fluxo de caixa da Sequência 2.3. Observe que cada elemento dessa linha é a soma dos elementos de fluxo de caixa dos subprojetos de M_A a M_H , respeitando os períodos em que esses elementos são apropriados. Por exemplo, o elemento $-\$230$ mil, que aparece no período 3, é o resultado da soma de $\$120$ mil $+ 0$ $+ -\$350$ mil.

A linha “Fluxo de Caixa Descontado” contém os elementos de fluxo de caixa trazidos ao início do primeiro período. Por exemplo, o elemento $-\$225$ mil corresponde a $\frac{-\$230 \text{ mil}}{(1+0,8\%)^3}$.

A linha “Rollout” contém o desenrolar financeiro do projeto, período a período. Por exemplo, no primeiro período o projeto teve um resultado negativo de $\$347$ mil. No período seguinte, esse resultado foi de $-\$426$ mil, que é o resultado de $-\$347$ mil $+ -\$79$ mil, e assim por diante.

Na linha indicadores, o investimento, ou “I”, corresponde a quantidade de recursos que é necessária para a execução do projeto em questão. O investimento é, na verdade, o maior valor negativo do *rollout* do projeto. Quanto menor for o valor de I, em termos absolutos, mais atrativo é o projeto, pois menor é a necessidade de injeção de capital, o que pode viabilizar o financiamento de outros projetos importantes para o investidor.

Por sua vez, o *self-funding point* (SFP) é o instante de tempo (período) a partir do qual o projeto não necessita de novos aportes de capital. Portanto, quanto menor for o SFP melhor. Note que a partir do SFP todos os valores da linha “Fluxo de Caixa Descontado” são positivos até o final da janela de

oportunidade.

O “break even point” ou (BEP) é o instante de tempo (período) a partir do qual todos os investimentos realizados no projeto poderiam ser retornados para o investidor. A partir do BEP todos os valores da linha “Rollout” são positivos até o final da janela de oportunidade. Em consequência, quanto menor for o BEP mais atrativo é o projeto.

O ROI, ou *return on investment*, que é reportado como um percentual, é dado por $ROI = \frac{NPV}{I}$. Como o NPV contém o capital investido (ver Equação 2.2), um ROI de 200% indica que o capital investido triplicou. Por sua vez, um ROI de 100% indica que o capital investido foi duplicado. O ROI da sequência apresentada na Equação 2.3 é $\frac{\$4.989}{\$651} = 766\%$, indicando que o capital investido foi multiplicado por 8,66. Portanto, quanto mais alto for o ROI maior será o retorno financeiro de cada unidade monetária investida no projeto.

O IRR, ou *internal rate of return*, é a menor taxa de juros positiva que faz com que o NPV seja 0. Em um projeto no qual $NPV = 0$ o capital investido foi recuperado e nada mais foi propiciado pelo projeto. Portanto, quanto mais distante das taxas de juros praticadas pelo mercado for o IRR, mais resistente será o projeto em relação a flutuações da taxa de juros. Em consequência, o projeto se torna mais atrativo para o investidor. Por exemplo, o IRR da sequência de implementação apresentada na Tabela 2.3 é 28%, uma vez que

$$\frac{-\$350 \text{ mil}}{(1 + 28\%)^1} + \frac{-\$80 \text{ mil}}{(1 + 28\%)^2} + \dots + \frac{-\$225 \text{ mil}}{(1 + 28\%)^{16}} = 0 .$$

Note que esse valor está bem distante da taxa de juros utilizada para descontar o fluxo de caixa, que é de 0,8%.

Em português, o SFP é chamado de *ponto de autofinanciamento*. Por

sua vez, o BEP é conhecido como *ponto de equilíbrio*. Finalmente, o ROI é o *retorno sobre o investimento* e o IRR é a *taxa interna de retorno*.

2.1.5 Limitações dos indicadores financeiros

Apesar da importância dos indicadores apresentados na Seção 2.1.4, eles possuem limitações no que diz respeito ao seu uso. Por exemplo, se todos os elementos do fluxo de caixa de um projeto são negativos, então ele não possui nem SFP, nem BEP.

Apesar de todo projeto requerer capital de investimento, nem sempre esse capital pode ser extraído do seu *rollout*. Em algumas situações é possível que o agrupamento das receitas e despesas em períodos relativamente longos venha a esconder o capital de investimento. Se o capital de investimento não puder ser identificado, o ROI não pode ser calculado.

O IRR depende de se encontrar a raiz de um polinômio de grau igual ao tamanho da janela de oportunidade. Em termos gerais, não se pode garantir que o IRR exista.

Nesse sentido, considere que o NPV de um projeto P é dado por

$$NPV(P) = \sum_{k=1}^{jo} \frac{EF_k}{(1 + tj)^k},$$

onde tj é a taxa de juros apropriada para descontar os elementos do fluxo de caixa do projeto, jo é o tamanho da janela de oportunidade e EF_k é o elemento do fluxo de caixa no período k . De acordo com (OLIVEIRA, 1979), se

$$(\exists \alpha, \beta \in \mathbb{N} - \{0\} \text{ tal que } \alpha < \beta \text{ e } \alpha + \beta = jo) \text{ e}$$

$$\begin{aligned} \frac{EF_i}{(1+tj)^i} &< 0 \text{ para } i = 1, 2, \dots, \alpha \text{ e} \\ \frac{EF_i}{(1+tj)^i} &\geq 0 \text{ para } i = \alpha + 1, \alpha + 2, \dots, \beta \text{ e} \\ \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{EF_i}{(1+tj)^i} &< \sum_{j=\alpha+1}^{\beta} \frac{EF_j}{(1+tj)^j} , \end{aligned}$$

então o IRR existe. Por exemplo, o fluxo de caixa apresentado na Tabela 2.3 atende a esses requisitos.

Embora as condições para a existência do IRR possam parecer muito restritivas, na verdade, no que diz respeito ao planejamento financeiro, muitos projetos no mundo real possuem IRR, uma vez que eles acumulam despesas nos primeiros períodos e retornos nos períodos seguintes (GATTI, 2012).

Além disso, o planejamento financeiro dos projetos que valem a pena serem analisados em mais detalhes são aqueles cujo o capital de investimento pode ser claramente identificado e possuem NPV e ROI positivos. Isso favorece a existência de SFP e BEP (YESCOMBE, 2013)

2.2 Produtividade, eficiência e eficiência relativa

No jargão de engenharia de industrial uma *decision making unit* (DMU) é uma estrutura produtiva que utiliza diferentes tipos de insumos, chamados genericamente de *entradas*, para produzir produtos e serviços, que são denominados *saídas* (BIDANDA; SABUNCUOGLU; KARA, 2014). A Figura 2.2 exemplifica essas ideias.

São exemplos de *decision making unit*:

- Filiais de uma rede de lojas de móveis - que recebem capital de investimento para serem montadas, produtos para serem vendidos, e em-

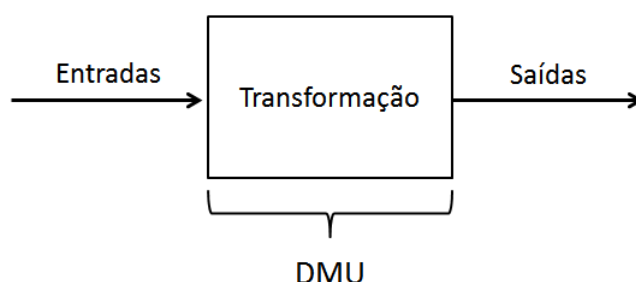


Figura 2.2: Representação do funcionamento de uma DMU

pregados para atender os potenciais compradores, produzindo retorno financeiro e clientes satisfeitos;

- Departamentos de uma mesma universidade - que contam com pesquisadores, professores, salas de aula, laboratórios, e bolsas de pesquisa, produzindo profissionais qualificados, artigos, livros, protótipos, serviços de consultoria e patentes;
- Agências do mesmo governo - que recebem dinheiro proveniente dos impostos e provêm serviços de qualidade para o público em geral; e
- Diferentes sequências de execução de subprojetos de um mesmo projeto de TIC - que requerem capital para serem executados e geram retornos na forma de receitas financeiras, reduções de custos, aumentos de produtividade, etc.

Se uma organização atua em um mercado competitivo, então, em muitas situações, a ação dos concorrentes vai fazer com que ela se sinta pressionada a exigir que suas DMUs sejam cada vez mais produtivas. Note que, nesse contexto, a produtividade é a razão entre os insumos consumidos pela unidade produtiva e os serviços e produtos que ela provê. Em termos mais formais, dado uma DMU D

$$Produtividade(D) = \frac{Saídas(D)}{Entradas(D)}. \quad (2.4)$$

Essa razão é altamente depende da tecnologia que está sendo utilizada para transformar entradas em saídas. Por exemplo, considere uma pessoa que foi contratada para transcrever para um formato eletrônico um texto relativamente longo do qual só se possui cópia impressa.

Se o teclado de um computador e um editor de texto forem os instrumentos utilizados para fazer a transcrição, é possível que cerca de 200 caracteres por minuto seja o melhor que se possa produzir nessa situação. Entretanto, se o texto for transformado em imagem com a ajuda de um *scanner* e transcrito com o auxílio de um programa de reconhecimento ótico de caracteres (*optical character recognition software*) de qualidade, a velocidade de transcrição pode atingir facilmente dezenas de milhares de caracteres por minuto.

Entretanto, quando a tecnologia utilizada por um tipo de DMU está consolidada, o limite da produtividade se torna um parâmetro de grande interesse para as organizações. Quanto mais distante desse limite estiverem as performances das DMUs de uma organização, mais espaço ela pode se ver forçada a ceder para a concorrência. Ao limite da produtividade considerando-se uma dada tecnologia da-se o nome de *eficiência*.

Nem sempre a eficiência de uma DMU pode ser estabelecida com facilidade em termos absolutos. Por exemplo, considere uma loja em um centro de compras. Essa loja certamente requereu investimentos para ser construída e efetua gastos mensais para continuar funcionando. Se tudo ocorrer conforme o planejado, ela propicia retornos financeiros regulares para seus investidores. Sem conhecer a produtividade das demais lojas do mesmo

centro de compras e de centros de compra semelhantes, nos encontramos em uma situação difícil para determinar se essa loja é eficiente ou não. Nessas situações, é comum lançar mão do conceito de *eficiência relativa*.

2.2.1 Eficiência relativa

O conceito de eficiência relativa é mais facilmente compreendido com o auxílio de um exemplo. Nesse sentido, considere as informações apresentadas na Tabela 2.4, onde CV_1, \dots, CV_6 são unidades de uma rede de clínicas veterinárias.

Tabela 2.4: A eficiência em uma rede de clínicas veterinárias

Indicador	Clínica veterinária					
	CV_1	CV_2	CV_3	CV_4	CV_5	CV_6
Lucro ($\$10^6$)	1,5	3,5	3,0	2,0	1,2	1,1
# Empregados	5	10	8	8	5	4
# Técnicos	4	8	5	6	3	3
# Veterinários	1	2	3	2	2	1
Produtividade ($\frac{\text{Lucro}}{\# \text{Empregados}}$)	0,300	0,350	0,375	0,250	0,240	0,275

Inicialmente considere apenas as informações hachureadas em cinza. Portanto, de cada clínica é conhecido o lucro em milhões de unidades monetárias e o número de empregados. Por exemplo, a clínica CV_6 apresenta um lucro de \$1,1 milhões e conta com a colaboração de 4 empregados.

Tomando-se cada clínica como uma DMU, é possível observar que elas utilizam um certo número de empregados (entrada) para forcecerem seus respectivos lucros (saída). Em consequência, de acordo com a Equação 2.4, a produtividade de uma clínica qualquer é dada pela razão entre o lucro e o número de empregados. Por exemplo,

$$Produtividade(CV_3) = \frac{\$3,0 \text{ milhões}}{8 \text{ empregados}} = \$0,375 \text{ milhões/ empregado.}$$

Note que a produtividade da clínica CV_3 é a maior dentre todas as clínicas veterinárias.

Em princípio, todas as clínicas se utilizam dos mesmos recursos tecnológicos para produzir seus respectivos lucros. Portanto, se a clínica CV_3 consegue esse nível de produtividade, as demais também deveriam conseguir. Se considerarmos a clínica CV_3 como eficiente, a eficiência relativa das demais clínicas é dado por

$$Eficiência\ Relativa(x) = \frac{Produtividade(x)}{Produtividade(CV_3)} \quad (2.5)$$

onde $x \in \{CV_1, \dots, CV_6\}$. A Tabela 2.5 apresenta a eficiência relativa de cada clínica em relação a clínica CV_3 , calculada conforme a Equação 2.5. Os dados dessa tabela mostram que as unidades CV_1 e CV_2 possuem respectivamente 80% e 93% da eficiência da unidade CV_3 , enquanto a unidade CV_5 possui 64% da eficiência daquela unidade.

Tabela 2.5: A eficiência relativa de cada clínica

Indicador	Clínica					
	CV_1	CV_2	CV_3	CV_4	CV_5	CV_6
<i>Eficiência Relativa (%)</i>	80	93	100	67	64	73

A Figura 2.3 exibe os dados apresentados na Tabela 2.4 na forma de um gráfico bi-dimensional. A reta que passa pelo ponto de origem e que corta o ponto CV_3 define uma *fronteira de eficiência*. Todas as DMUs que porventura viessem a cair sobre essa reta seriam tão eficientes quanto a DMU CV_3 .

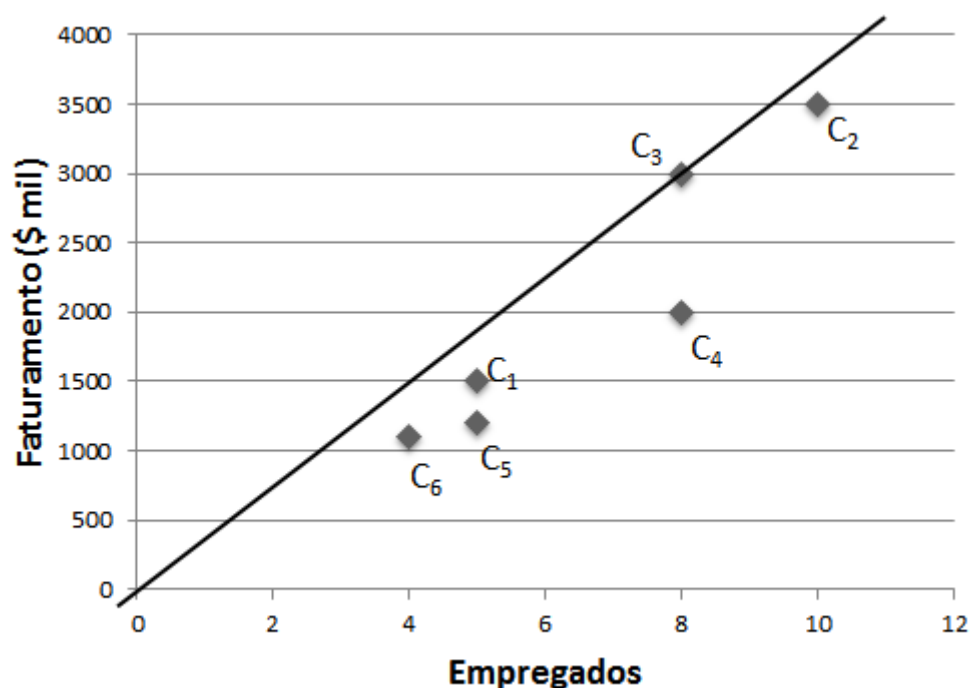


Figura 2.3: Representação gráfica da eficiência da cada clínica veterinária.

2.2.2 Dificuldades no cálculo da eficiência relativa

Um exame mais apurado do quadro de empregados que trabalha em cada uma das clínicas revela que ele é composto de dois tipos de profissionais: médicos veterinários e técnicos veterinários. Consulte os dados em fundo branco apresentados na Tabela 2.4 a esse respeito.

Note que a proporção de veterinários e técnicos em cada clínica varia substancialmente. Por exemplo, a unidade CV_1 é a que possui a menor proporção de veterinários no seu quadro. Apenas 20% do quadro de empregados dessa unidade é composto de veterinários. Por sua vez, a unidade CV_5 é a que possui a maior proporção de veterinários. Nessa unidade, 40% do quadro de empregados é formado por veterinários.

A quantidade de técnicos e veterinários tende a influenciar de forma distinta o desempenho de cada clínica veterinária. Como

$$\textit{Lucro} = \textit{Faturamento} - \textit{Custo},$$

o salário desses profissionais é computado como custo e a atuação deles junto aos clientes certamente influencia o faturamento.

Por exemplo, a remuneração dos veterinários é mais elevada do que a dos técnicos. Afinal, a formação de um veterinário é mais longa do que a de um técnico em veterinária. Além disso, os veterinários tendem a cativar mais intensamente o cliente. Eles estão capacitados a fornecer informações valiosas sobre a saúde dos animais na forma de diagnósticos e a indicar o caminho para o controle das enfermidades e cura através da prescrição do tratamento mais adequado para cada patologia.

O técnico veterinário, por sua vez, tende a agilizar o atendimento aos animais e a seus respectivos donos executando tarefas que tomariam desnecessariamente o tempo do veterinário. São tarefas típicas do técnico veterinário: o manejo de animais, o auxílio ao controle de zoonoses, a aplicação de vários tipos de medicamentos, a verificação das condições de uso das estruturas e equipamentos, etc. Quanto mais ágil for o atendimento da clínica, mais satisfeitos tendem a ficar os clientes.

Portanto, o uso da quantidade de cada tipo de profissional presente nas clínicas no cálculo da eficiência relativa tende a fazer com que esse indicador retrate mais fidedignamente a realidade. A Tabela 2.6 apresenta uma análise mais detalhada da eficiência relativa das clínicas veterinárias. Os cálculos apresentados nessa tabela utilizam uma combinação linear da quantidade de veterinários e técnicos presentes em cada clínica. Como acredita-se que os veterinários influenciem duas vezes mais que os técnicos o lucro das clínicas, a combinação linear utilizou peso 2 para os veterinários e 1 para os técnicos.

Tabela 2.6: Análise da eficiência em uma rede de clínicas veterinárias

Indicador	Clínica veterinária					
	CV_1	CV_2	CV_3	CV_4	CV_5	CV_6
Lucro (\$10 ⁶)	1,5	3,5	3,0	2,0	1,2	1,1
#Técnicos	4	8	5	6	3	3
#Veterinários	1	2	3	2	2	1
Total Ponderado ($2 \times \#Veterinários + 1 \times \#Técnicos$)	6	12	11	10	7	5
Produtividade $\left(\frac{\text{Lucro}}{\text{Total Ponderado}}\right)$	0,250	0,292	0,273	0,200	0,171	0,220
Eficiência Relativa (%)	86	100	94	69	59	75

Note que ao considerarmos que a quantidade de empregados é composta por veterinários e técnicos e que cada um desses profissionais contribuem de forma diferente para o desempenho de cada clínica, CV_2 passou a ser a clínica mais eficiente. Em adição, a eficiência relativa das diversas unidades se modificou. Nesse sentido compare os dados apresentados na Tabela 2.6, onde os dados relativos a CV_2 aparecem hachureados em cinza, com aqueles apresentados nas Tabelas 2.4 e 2.5.

Em muitos casos, o processo de atribuir pesos aos indicadores de desempenho utilizados na avaliação da eficiência de DMUs pode ser uma tarefa complexa. Isso decorre da dificuldade em identificar de que maneira cada indicador influencia no desempenho das unidades e o quanto uma variação no peso de um indicador pode influir na dinâmica de outro. Além disso, uma DMU pode ter diversas entradas e saídas. Esse problema intrigou pesquisadores por muitos anos até que uma solução foi apresentada por Charnes, Cooper e Rhodes no final dos anos 70 (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011; CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) na forma de um conjunto de equações. Esses autores chamaram essa solução de *data envelopment analysis* (análise de envoltório de dados em português), ou DEA, de forma mais sucinta.

2.2.3 Análise de envoltório de dados

O DEA é um método não paramétrico que pode ser utilizado para determinar a eficiência relativa de DMUs do mesmo tipo. Ele é especialmente útil em situações nas quais o processo produtivo de um grupo de DMUs apresenta uma estrutura com múltiplas entradas e saídas e a estrutura mais produtiva não pode ser determinada de forma realística em termos absolutos.

Em termos formais o método proposto por Charnes, Cooper e Rhodes, chamado de CCR por razões óbvias, é descrito pelo seguinte conjunto de equações:

$$\text{Eficiência Relativa } (DMU_{\theta}) = \max_{u,v} \frac{u_1 y_{1\theta} + u_2 y_{2\theta} + \cdots + u_s y_{s\theta}}{v_1 x_{1\theta} + v_2 x_{2\theta} + \cdots + v_m x_{m\theta}} \quad (2.6)$$

sujeito a

$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \cdots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \cdots + v_m x_{mj}} \leq 1, \text{ para } j = 1, \cdots, n,$$

$$v_1, v_2, \cdots, v_m \geq 0, \text{ e}$$

$$u_1, u_2, \cdots, u_s \geq 0,$$

onde $1 \leq \theta \leq n$, $x_{1\theta}, \cdots, x_{m\theta}$ e $y_{1\theta}, \cdots, y_{s\theta}$ são, respectivamente, as medições das entradas e das saídas de uma dada DMU_{θ} , e u_1, \cdots, u_s e v_1, \cdots, v_m são os pesos cujos valores devem ser determinados.

No modelo CCR são realizadas n otimizações, uma otimização para cada DMU. Em cada otimização, o CCR permite que a unidade de tomada de decisão que está sendo analisada (i.e. DMU_{θ}) demonstre o seu melhor desempenho quando comparada às demais DMUs. Nessas condições, a DMU mais eficiente recebe o *score* 1, enquanto as demais recebem *scores* menores ou

iguais que 1 dependendo do seu grau de eficiência relativa. Veja (COOPER; SEIFORD; TONE, 2006) para uma introdução mais completa à modelagem DEA.

Ao longo do tempo, a ideia de permitir que cada DMU exiba seu melhor desempenho antes de ser comparada às demais, tornou o DEA um método extremamente popular entre pesquisadores, analistas e engenheiros. Em consequência, desde o final dos anos 1970, o DEA vem sendo utilizado para identificar a eficiência relativa de DMUs nos mais diversos mercados. Por exemplo, finanças (COOPER; KINGYENS; PARADI, 2014), saúde (HOGG, 2013), agronegócios (ROSANO-PEÑA et al., 2014), bancos (PARADI; ROUATT; ZHU, 2011), seleção de fornecedores (COSTANTINO et al., 2011), gerenciamento de riscos de projetos (ALENCAR et al., 2012), etc.

Coletâneas sobre o uso do DEA podem ser encontradas em (EM-ROUZNEJAD; PARKER; TAVARES, 2008) e (LIU et al., 2013). Além disso, uma busca no Google Scholar, gera mais de 53 mil hits para o método, sendo que mais de 8 mil hits se referem a assuntos relacionados a tecnologia da informação e comunicação.

2.2.4 DEA solver

Apenas problemas muito simples de *data envelopment analysis* podem ser resolvidos por meios analíticos. Por este motivo se torna frequente a necessidade de recorrer a um *software* especializado chamado genericamente de *DEA Solver*. Uma lista abrangente dessas ferramentas pode ser encontrada em (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2004).

No corpo dessa dissertação utilizamos o *software Efficiency Measurement System* (EMS) para calcular a eficiência relativa de DMUs com múlti-

plas entradas e saídas. O EMS é uma ferramenta genérica para solução de modelos DEA desenvolvida pela Technical University Dortmund na Alemanha (SCHEEL, 2000).

2.2.5 Identificando a sequência de implementação mais eficiente de um mesmo projeto de TIC

Considere o projeto de tecnologia da informação e comunicação apresentado na Figura 2.1 e detalhado na Tabela 2.1. A Tabela 2.7 apresenta as possíveis sequências de execução desse projeto ordenadas pelo NPV. Além disso, para cada uma das possíveis sequências de execução, essa tabela exhibe o investimento necessário (I), o valor presente líquido (NPV), o retorno sobre o investimento (ROI), a taxa interna de retorno (IRR), o ponto de autofinanciamento (SFP) e o ponto de equilíbrio (BEP).

Note que, como discutido na seção 2.1.4 (pag. 24), esses indicadores são aqueles que são comumente recomendados pela literatura para a análise de atratividade de projetos, sejam eles de tecnologia da informação ou não.

Os dados apresentados na Tabela 2.7, foram preparados considerando que: (a) o primeiro subprojeto a ser executado deve ter seu desenvolvimento iniciado no primeiro período, (b) apenas um subprojeto pode estar em desenvolvimento em um dado período, (c) uma vez que o desenvolvimento de um subprojeto seja iniciado, ele não poderá ser suspenso ou interrompido, (d) não existe um intervalo de tempo entre o término da execução de um subprojeto e o início da execução do próximo, e (e) todos os subprojetos serão executados.

Considere que a pressão dos concorrentes faz com que a empresa que financia o projeto de TIC precise contar com o desempenho de DMUs efi-

Tabela 2.7: As seqüências de implementação de um projeto de TIC.

Id	Seqüência	I (\$10 ³)	NPV (\$10 ³)	ROI (%)	IRR (%)	SFP	BEP
1	$M_G \curvearrowright M_D \curvearrowright M_E \curvearrowright M_F \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H$	651	4.989	766	28,0	4	8
2	$M_D \curvearrowright M_E \curvearrowright M_F \curvearrowright M_G \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H$	804	4.907	610	26,6	5	8
3	$M_D \curvearrowright M_E \curvearrowright M_G \curvearrowright M_F \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H$	835	4.900	587	25,9	4	8
4	$M_G \curvearrowright M_D \curvearrowright M_E \curvearrowright M_A \curvearrowright M_F \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H$	680	4.886	719	27,2	5	8
5	$M_D \curvearrowright M_G \curvearrowright M_E \curvearrowright M_F \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_C \curvearrowright M_H$	767	4.864	634	26,3	4	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
560	$M_D \curvearrowright M_A \curvearrowright M_B \curvearrowright M_G \curvearrowright M_H \curvearrowright M_E \curvearrowright M_F \curvearrowright M_C$	946	3.709	392	20,4	7	10

cientes para manter os seus negócios competitivos. Além disso, leve em consideração que a atividade de TIC permeia por todas as funções de negócio da empresa e que é estratégica para as atividades de compras, produção, controle e vendas. Portanto, não deveria causar surpresa que o gerente do projeto esteja interessado em identificar a seqüência de implementação mais eficiente do projeto de TIC.

Entretanto, note que a seqüência mais eficiente não pode ser determinada realisticamente em valores absolutos, já que desconhecemos a produtividade de todas as seqüências de implementação de todos os projetos de TIC do mesmo tipo. Além disso, o gerente do projeto não deseja correr o risco de prejudicar o desempenho da empresa, identificando erroneamente, à priori, os pesos a serem atribuídos às variáveis de entrada e saída.

Cada seqüência apresentada na Tabela 2.7 consome capital de investimento para produzir ROI e NPV com um certo SFP, BEP e IRR. Portanto, na realidade cada seqüência de implementação é uma DMU. Nessas circunstâncias, podemos lançar mão do DEA para identificar a seqüência de implementação mais eficiente.

Uma vez que o ROI é dado pela razão entre NPV e I, a presença do NPV como variável de saída não traz nenhuma informação nova para o DEA. Neste caso, a presença do NPV apenas aumentaria o esforço compu-

tacional necessário para a identificação da sequência de implementação mais eficiente. Por este motivo o NPV não foi utilizado na avaliação da eficiência das sequências de implementação do projeto de tecnologia da informação e comunicação em questão.

Um outro aspecto que deve ser abordado com cuidado diz respeito ao uso de DEA *solvers* genéricos. Muitos desses *softwares* impõem restrições sobre a forma como as entradas e saídas serão fornecidas. Por exemplo, no que diz respeito ao cálculo da eficiência, quanto menor for o valor das variáveis de entrada, e maior as de saída, melhor. Entretanto, o SFP e BEP não seguem essa lógica. Porém, $\frac{1}{SFP}$ e $\frac{1}{BEP}$ o fazem. Em consequência, o inverso de SFP e BEP foram utilizados como variáveis de saída para o DEA *solver* utilizado no escopo dessa dissertação. A Tabela 2.8 apresenta, em fundo branco, os dados fornecidos para o *solver* utilizado no corpo dessa dissertação e, hachurado em cinza, o resultado produzido pelo *software*.

Tabela 2.8: Dados fornecidos para o EMS DEA *solver* e resultado produzido pelo *software*.

Entrada		Saída				Resultado
Id	I (\$10 ³)	ROI (%)	IRR (%)	$\frac{1}{SFP}$	$\frac{1}{BEP}$	Efic. Rel. (%)
1	651	766	28,0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	85,0
2	804	610	26,6	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	66,6
3	835	587	25,9	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	66,2
4	680	719	27,2	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	78,7
5	767	634	26,3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	72,1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
143	472	952	28,2	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	100,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
148	531	845	28,3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$	100,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
191	532	804	28,7	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$	100,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
560	946	392	20,4	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{10}$	44,9

2.3 O Processo de Análise Hierárquica

Em se tratando de projetos de TIC, não é incomum que duas ou mais sequências sejam identificadas como sendo igualmente eficientes. Nestes casos, os gerentes de projetos podem se encontrar em uma situação na qual é preciso selecionar uma dentre diversas sequências igualmente eficientes para implementar um projeto de TIC.

Por exemplo, a Tabela 2.8 exibe três sequências com eficiência relativa de 100%. Qualquer uma dessas sequências poderia ser utilizada para implementar o projeto de TIC. Contudo, apenas uma sequência terá que ser utilizada para esse fim. Nessas circunstâncias, os gerentes de projeto podem realizar escolhas arbitrárias ou utilizar um método para tomada de decisão que justifique claramente qual das sequências de implementação deve ser seguida.

2.3.1 Como o AHP funciona

De acordo com Saaty, a tomada de decisão em cenários nos quais é necessário considerar vários atributos, benefícios ou dimensões é facilitada quando eles são comparados entre si, em pares (SAATY; VARGAS, 2013). Assim, para um dado conjunto de indicadores $ID = \{ID_1, ID_2, \dots, ID_n\}$, a comparação em pares sugerida por Saaty leva a construção de uma matriz de avaliação V , de dimensões $n \times n$, conforme mostra a Tabela 2.9.

Note que na matriz proposta por Saaty os elementos abaixo e acima da diagonal principal são seus respectivos inversos. Em adição, cada elemento em V é o resultado da comparação direta entre dois indicadores utilizando a escala apresentada na Tabela 2.10. Por exemplo, se ID_2 é moderadamente

Tabela 2.9: Matriz de avaliação de Saaty

	ID_1	ID_2	ID_3	ID_4	\cdots	ID_n
	\downarrow	\downarrow	\downarrow	\downarrow	\cdots	\downarrow
$ID_1 \rightarrow$	1	$v_{2,1}$	$v_{3,1}$	$v_{4,1}$	\cdots	$v_{n,1}$
$ID_2 \rightarrow$	$v_{2,1}$	1	$v_{3,2}$	$v_{4,2}$	\cdots	$v_{n,2}$
$ID_3 \rightarrow$	$v_{3,1}$	$v_{3,2}$	1	$v_{4,3}$	\cdots	$v_{n,3}$
$ID_4 \rightarrow$	$v_{4,1}$	$v_{4,2}$	$v_{4,3}$	1	\cdots	$v_{n,4}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$ID_n \rightarrow$	$v_{n,1}$	$v_{n,2}$	$v_{n,3}$	$v_{n,4}$	\cdots	1

mais importante que ID_1 para alcançar os objetivos delineados pelo processo de tomada de decisão, então $v_{2,1} = 3$. Entretanto, isso implica em que ID_1 é moderadamente menos importante que ID_2 . Portanto, $v_{1,2} = \frac{1}{3}$.

Além disso, os elementos da diagonal principal da matriz são todos 1s, já que quando comparados consigo mesmo cada indicador de desempenho é, obviamente, igualmente importante.

Tabela 2.10: A escala fundamental para comparação por pares

Grau de Relevância	Definição
1	<i>Relevância igual</i> - os dois indicadores são igualmente relevantes para o objetivo que se tem em mente
3	<i>Relevância moderada</i> - experiência e julgamento favorecem moderadamente um indicador sobre o outro
5	<i>Relevância acentuada</i> - a relevância de um indicador quando comparado a outro é acentuada
7	<i>Relevância considerável</i> - experiência e julgamento favorecem consideravelmente um indicador sobre o outro
9	<i>Relevância extrema</i> - a relevância por um determinado indicador em detrimento do outro é extrema
2, 4, 6, 8	<i>Valores intermediários</i> - são utilizados quando é necessário um consenso na atribuição do grau de relevância

De acordo com (SAATY, 2008), a relevância dos indicadores que são submetidos ao processo de comparação par a par é dada pelos elementos do principal autovetor normalizado E de V . Se $E = (e_1, e_2, \dots, e_n)^T$ é esse autovetor, então $\sum_{k=1}^n e_k = 1$ e a relevância do indicador $ID_i \in ID$ é dado por e_i . Frequentemente, e_i é chamado de *índice de relevância* do indicador

ID_i ou $IR (ID_i)$. Uma introdução a autovalores e autovetores pode ser encontrada em (POOLE, 2005).

Em função de sua natureza subjetiva, não é incomum que a comparação par a par apresente algumas inconsistências. Se essas inconsistências forem consideráveis, então é aconselhável que elas sejam resolvidas antes que os índices de relevância sejam utilizados para a tomada de decisão. Por esse motivo, é preciso verificar a consistência da matriz de avaliação $V_{n \times n}$. Essa consistência pode ser detectada calculando-se o coeficiente de consistência

$$CC = \frac{IC}{RND}, \quad (2.7)$$

onde $IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$, λ_{max} é o principal autovalor de V e RND é o índice randômico que pode ser obtido da Tabela 2.11.

Tabela 2.11: Índice randômico utilizado no cálculo do CC

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RND	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Como estabelecido por Saaty (SAATY, 2013), para matrizes de dimensões 3×3 , um $CC \geq 5\%$ indica que as inconsistências devem ser corrigidas. Para matrizes 4×4 o limiar aumenta para 9%, e para matrizes 5×5 e maiores limite é de 10%. A Tabela 2.12 sumariza essas ideias.

Tabela 2.12: Limites do coeficiente de consistência de Saaty

Dimensões da matriz	Limite do CC (%)
3×3	5
4×4	9
5×5 e maiores	10

O modelo proposto por Saaty é amplamente difundido e tem seu valor reconhecido tanto no meio acadêmico quanto no mundo corporativo. O modelo vem sendo aplicado em processos de tomada de decisão nos mais diversos

setores da economia. Por exemplo, energia (EROL; KILKIŞ, 2012), logística (SHAIK; ABDUL-KADER, 2013), educação (LANCHEROS-CUESTA; CARRILLO; PAVLICH, 2014), automotivo (MANSOR et al., 2013), gerência de operações (SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012), engenharia de defesa (FOX, 2014), etc. Uma busca no *Google Scholar* sobre trabalhos que mencionam o AHP retorna aproximadamente 17 mil *hits*. Dentre esses, pelo menos 5.600 *hits* estão relacionados ao tema tecnologia da informação e comunicação.

2.3.2 Um exemplo de aplicação do AHP

Considere os indicadores de desempenho financeiro apresentados na Tabela 2.8. A matriz de avaliação de Saaty apresentada na Tabela 2.13 captura a visão do gerente de projeto no que diz respeito ao critério a ser utilizado para desempatar sequências de implementação igualmente eficientes.

Tabela 2.13: A matriz de avaliação de Saaty aplicada a indicadores de desempenho financeiro

	I	ROI	IRR	SFP	BEP	E (%)
	↓	↓	↓	↓	↓	↓
I →	1	$\frac{1}{3}$	5	3	5	26,0 50,7 4,8 11,6 6,9
ROI →	3	1	7	5	7	
IRR →	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	
SFP →	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	3	1	2	
BEP →	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	2	$\frac{1}{2}$	1	

$$CC = 5,0\%$$

Por exemplo, de acordo com as informações apresentadas na Tabela 2.13, o ROI é moderadamente mais relevante que o I e consideravelmente mais relevante que o IRR. Por sua vez, quando comparado ao IRR o I é acentuadamente mais relevante, e assim por diante. Note que o *CC* da matriz de avaliação apresentada na Tabela 2.13 é 5,0%. Portanto, ela pode

ser utilizada para a tomada de decisão.

O autovetor principal da avaliação da matriz apresentada na Tabela 2.13 é $(26,0\%, 50,7\%, 4,8\%, 11,6\%, 6,9\%)^T$. Portanto, o ROI é o indicador mais importante, seguido pelo I, SFP, BEP e IRR.

As tabelas 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 e 2.18 exibem a performance de cada sequência de implementação quando analisadas do ponto de vista das dimensões I, ROI, SFP, BEP e IRR.

Tabela 2.14: Avaliação das sequências em relação a dimensão I

	143	148	191	E (%)
	↓	↓	↓	↓
143 →	1	3	3	60,0
148 →	$\frac{1}{3}$	1	1	20,0
191 →	$\frac{1}{3}$	1	1	20,0
	$CC = 0,0\%$			

Tabela 2.15: Avaliação das sequências em relação a dimensão ROI

	143	148	191	E (%)
	↓	↓	↓	↓
143 →	1	5	4	69,0
148 →	$\frac{1}{5}$	1	1	14,9
191 →	$\frac{1}{4}$	1	1	16,1
	$CC = 1,0\%$			

Tabela 2.16: Avaliação das sequências em relação a dimensão SFP

	143	148	191	E (%)
	↓	↓	↓	↓
143 →	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	9,1
148 →	5	1	1	45,5
191 →	5	1	1	45,5
	$CC = 0,0\%$			

Tabela 2.17: Avaliação das sequências em relação a dimensão BEP

	143	148	191	E (%)
	↓	↓	↓	↓
143 →	1	2	2	50,0
148 →	$\frac{1}{2}$	1	1	25,0
191 →	$\frac{1}{2}$	1	1	25,0
	$CC = 0,0\%$			

Observe que a performance de uma mesma sequência varia de dimensão para dimensão. Por exemplo, a sequência 143 é a que tem melhor desempenho nas dimensões I, ROI e BEP, perdendo para as demais nas dimensões IRR e SFP. Para se obter a performance ponderada de uma mesma sequência nas diversas dimensões, deve-se recorrer ao *índice de relevância*

Tabela 2.18: Avaliação das sequências em relação a dimensão IRR

	143	148	191		E (%)
	↓	↓	↓		↓
143 →	1	1	$\frac{1}{2}$		25,0
148 →	1	1	$\frac{1}{2}$		25,0
191 →	2	2	1		50,0

$CC = 0,0\%$

ponderado (IRP). Para uma sequência de implementação SEQ_j , o índice de relevância ponderado é dado por:

$$IRP(SEQ_j) = \sum_{i=1}^n IR(ID_i) \times IR_{ID_i}(SEQ_j), \quad (2.8)$$

onde $IR(ID_i)$ é o índice de relevância do indicador ID_i e $IR_{ID_i}(SEQ_j)$ é o índice de relevância da sequência SEQ_j quando analisada do ponto de vista de ID_i . A Tabela 2.19 apresenta o IRP das sequências de implementação mais eficientes.

Tabela 2.19: O índice de relevância ponderada das sequências de implementação mais eficientes

Sequência	IRP	Σ
143	$26,0\% \times 60,0\% + 50,7\% \times 69,0\% + 4,8\% \times 25,0\% + 11,6\% \times 9,1\% + 6,9\% \times 50,0\% =$	56,3%
148	$26,0\% \times 20,0\% + 50,7\% \times 14,9\% + 4,8\% \times 25,0\% + 11,6\% \times 45,5\% + 6,9\% \times 25,0\% =$	21,0%
191	$26,0\% \times 20,0\% + 50,7\% \times 16,1\% + 4,8\% \times 50,0\% + 11,6\% \times 45,5\% + 6,9\% \times 25,0\% =$	22,7%

De acordo com a informação apresentada na Tabela 2.19, a sequência 143 é aquela que apresenta o melhor desempenho, seguida das sequências 191 e 148. Portanto, ela é a escolha lógica para a implementação do projeto de TIC descrito na Figura 2.1.

3 O MÉTODO

Esse capítulo sumariza o método para identificação da sequência de implementação mais eficiente para projetos de TIC. Com o objetivo de facilitar a leitura e compreensão, as estruturas matemáticas (conjuntos, funções, variáveis, constantes, etc.) com escopo global são apresentadas em negrito. As demais estruturas são apresentadas em itálico.

3.1 Especificação do método

As organizações interessadas em aumentar a eficiência dos investimentos a serem feitos em projetos de TIC alcançam mais facilmente os seus objetivos ao seguirem os passos descritos a seguir.

Passo 1 - *Identificação do projeto a ser avaliado.*

Seja \mathbf{P} um projeto composto dos subprojetos $\{sp_1, sp_2, \dots, sp_{numsp}\} = \mathbf{SP}$, onde $\mathbf{SP} \neq \{\}$.

Exemplo: Segundo a Equação 2.1 (pag. 20) o projeto M apresentado na Seção 2.1.2 é composto dos subprojetos $\{M_A, M_B, \dots, M_H\}$.

Passo 2 - Identificação das dependências entre os subprojetos.

Construa as relações de dependência entre os subprojetos em \mathbf{SP} por meio do grafo direcionado e sem ciclos $\mathbf{G} = (\mathbf{V}, \mathbf{E})$, onde $\mathbf{V} = \mathbf{SP}$ é o conjunto de vértices e \mathbf{E} é o conjunto de arestas, tal que $(sp_i, sp_j) \in \mathbf{E}$ implica que sp_i é predecessor de sp_j .

Exemplo: A Figura 2.1 (pag. 20) apresenta as dependências entre os subprojetos do projeto M na forma de um diagrama de dependência, que nada mais é do que um grafo direcionado sem ciclos.

Passo 3 - Determinação da janela de oportunidade do projeto.

Determine o tamanho $jo \in \mathbb{N} - \{0\}$ da janela de oportunidade de \mathbf{P} .

Exemplo: De acordo com a Seção 2.1.3 (pag. 21) o projeto M possui uma janela de oportunidade de 16 períodos.

Passo 4 - Construção do fluxo de caixa dos subprojetos.

Construa a função $\mathbf{EF}(sp, p)$ tal que dado um subprojeto $sp \in \mathbf{SP}$ e um período $1 \leq p \leq jo$, $\mathbf{EF}(sp, p)$ retorna o elemento de fluxo de caixa e de sp no período p . É importante lembrar que despesas são registradas com valores negativos e receitas com valores positivos.

Exemplo: O domínio, o contradomínio e o mapeamento do domínio no contradomínio da função $\mathbf{EF}(sp, p)$ relativa ao projeto M é descrita pela Tabela 2.1 (pag. 21). Por exemplo, o elemento de fluxo de caixa do subprojeto M_D no período 1 é dado por $EF(M_D, 1) = -\$200 \text{ mil}$. Portanto, trata-se de uma despesa. Já o elemento de fluxo de caixa de subprojeto M_H no período 2, isto é $EF(M_H, 2)$, é uma receita de $\$30 \text{ mil}$.

Passo 5 - Definição da taxa de juros.

Determine tjg , isto é, a taxa de juros apropriada para descontar os elementos de fluxo de caixa dos subprojetos em \mathbf{SP} .

Exemplo: De acordo com a Seção 2.1 (pag. 17), a taxa de juros tjg utilizada para fazer a análise financeira do projeto M é de 0,8% ao período.

Passo 6 - Cálculo do valor presente líquido dos subprojetos.

Construa a função $\mathbf{NPV}(sp, t, tj)$ tal que dado um subprojeto $sp \in \mathbf{SP}$, um período $1 \leq t \leq jo$ no qual sp começa a ser desenvolvido e uma taxa de juros tj

$$\mathbf{NPV}(sp, t, tj) = \sum_{k=t}^{jo} \frac{\mathbf{EF}(sp, k - t + 1)}{(1 + tj)^k}.$$

Exemplo: A Tabela 2.2 (pag. 23) apresenta o NPV dos subprojetos de M de acordo com o período no qual eles começam a ser desenvolvidos. Por exemplo, o valor presente líquido do subprojeto M_A quando o seu desenvolvimento é iniciado no período 2 é dado por $NPV(M_A, 2, 0.8\%) = \$359 \text{ mil}$.

Passo 7 - Seleção do conjunto de sequências de execução válidas para o projeto

Construa um conjunto \mathbf{S} compreendendo todas as possíveis sequências válidas de implementação dos subprojetos em \mathbf{SP} . Nesse sentido, seja

$$\mathbf{SEQ} = \{(sp_i, ini_{sp_i}, d_{sp_i}) \mid sp_i \in \mathbf{SP} \text{ e } 1 \leq ini_{sp_i} \text{ e } 1 \leq d_{sp_i} \text{ e } ini_{sp_i} + d_{sp_i} - 1 \leq \mathbf{jo}\}$$

uma possível sequência de implementação dos subprojetos em \mathbf{SP} , tal que ini_{sp_i} é o período no qual o subprojeto sp_i começa a ser desenvolvido e d_{sp_i} é a duração total do desenvolvimento de sp_i .

Uma sequência \mathbf{SEQ} é válida se atender aos seguintes critérios:

- $\exists sp_i \in \mathbf{SP} \Rightarrow \exists ini_{sp_i}, d_{sp_i}$ tal que $(sp_i, ini_{sp_i}, d_{sp_i}) \in \mathbf{SEQ}$,
- $(\exists (sp_k, ini_{sp_k}, d_{sp_k}), (sp_l, ini_{sp_l}, d_{sp_l}) \in \mathbf{SEQ}$ tal que $sp_k = sp_l) \Rightarrow$

$$(ini_{sp_k} = ini_{sp_l} \text{ e } d_{sp_k} = d_{sp_l}) \text{ e}$$

- $\exists (sp_i, sp_j) \in \mathbf{E} \Rightarrow ini_{sp_j} > ini_{sp_i} + d_{sp_i} - 1$.

Observe que a primeira restrição estabelece que todos os subprojetos têm que estar presente em uma sequência válida. A segunda restrição indica que um subprojeto só pode fazer parte da sequência válida uma única vez. Finalmente, a terceira restrição assegura que um subprojeto só pode começar a ser desenvolvido após a conclusão do desenvolvimento de seus predecessores. Note que \mathbf{S} é o conjunto de todas as **SEQs** válidas dos subprojetos em \mathbf{SP} .

Exemplo: A Tabela 2.7 (pag. 40) apresenta o conjunto das sequências de implementação válidas para os subprojetos de M . Note que de acordo com os dados apresentados na Tabela 2.1 (pag. 21) todos os subprojetos de M tem $MkSp$ de 1 período.

Passo 8 - Cálculo do valor presente líquido das diversas sequências de implementação

Construa a função $\mathbf{NPVS}(SEQ, t_j)$ que calcula o valor presente líquido de uma sequência $SEQ = \{(sp_1, ini_1, d_1), (sp_2, ini_2, d_2), \dots, (sp_{|\mathbf{SP}|}, ini_{|\mathbf{SP}|}, d_{|\mathbf{SP}|})\} \in \mathbf{S}$, dado uma taxa de juros t_j . Nesse caso,

$$\mathbf{NPVS}(SEQ, t_j) = \sum_{k=1}^{|\mathbf{SP}|} \mathbf{NPV}(sp_k, ini_k, t_j), \text{ onde } (sp_k, ini_k, d_k) \in SEQ.$$

Exemplo: A Tabela 2.7 (pag. 40) apresenta o NPV de cada sequência de implementação do projeto M . Por exemplo, a sequência 5 apresenta um NPV de \$4.864 mil. Por sua vez, a sequência 560 gera um NPV de \$3.709 mil.

Passo 9 - Cálculo da taxa interna de retorno das seqüências de implementação do projeto

Construa uma função $\mathbf{IRR}(SEQ)$, tal que $SEQ \in \mathbf{S}$, que retorna a taxa interna de retorno de SEQ . Neste caso,

$$\mathbf{IRR}(SEQ) = \begin{cases} irr, & \exists irr \in \mathbb{R} \geq 0 \text{ tal que } (\mathbf{NPVS}(SEQ, irr) = 0 \text{ e} \\ & \forall j \in \mathbb{R} \geq 0 \text{ tal que } \mathbf{NPVS}(SEQ, j) = 0 \Rightarrow irr \leq j) \\ \text{não existe,} & \text{nas demais situações.} \end{cases}$$

Exemplo: A Tabela 2.7 (pag. 40) apresenta o IRR de cada seqüência de implementação dos subprojetos de M . Por exemplo, a seqüência 3 apresenta um IRR de 25,9%.

Passo 10 - Construção do fluxo de caixa das diversas seqüências de implementação

Construa a função $\mathbf{EFS}(SEQ, p)$ tal que dado uma seqüência

$$SEQ = \{(sp_1, ini_1, d_1), (sp_2, ini_2, d_2), \dots, (sp_{|\mathbf{SP}|}, ini_{|\mathbf{SP}|}, d_{|\mathbf{SP}|})\} \in \mathbf{S}$$

e um período $1 \leq p \leq jo$, $\mathbf{EFS}(SEQ, p)$ retorna o elemento de fluxo de caixa

de SEQ relativo ao período p . Nesse caso,

$$\mathbf{EFS}(SEQ, p) = \sum_{k=1}^{|\mathbf{SP}|} \begin{cases} \mathbf{EF}(sp_k, p), & \text{se } p \geq ini_k \\ 0, & \text{nas demais situações.} \end{cases}$$

É importante mencionar que $\mathbf{EFS}(SEQ, p)$ é uma função auxiliar, que facilita a definição de outras funções descritas mais adiante na sequência de passos.

Exemplo: A Tabela 2.3 (pag. 25) apresenta a análise do fluxo de caixa de uma sequência de implementação específica dos subprojetos de M . Chamemos essa sequência de SEQ . Note que a soma dos elementos de fluxo de caixa dessa sequência no período 3 é -\$230 mil e no período 16 \$715 mil. Portanto, $\mathbf{EFS}(SEQ, 3) = -\230 mil e $\mathbf{EFS}(SEQ, 16) = \715 mil .

Passo 11 - Cálculo do capital de investimento máximo de uma sequência de implementação

Construa uma função $\mathbf{I}(SEQ)$ que calcula o capital de investimento máximo de uma sequência

$$SEQ = \{(sp_1, ini_1, d_1), (sp_2, ini_2, d_2), \dots, (sp_{|\mathbf{SP}|}, ini_{|\mathbf{SP}|}, d_{|\mathbf{SP}|})\} \in \mathbf{S},$$

a partir do seu fluxo de caixa. Nesse caso,

$$\mathbf{I}(SEQ) = \sum_{i=1}^{jo} \begin{cases} \frac{|\mathbf{EFS}(SEQ, i)|}{(1+tjg)^i}, & \text{se } \mathbf{EFS}(SEQ, i) < 0 \\ 0, & \text{nas demais situações.} \end{cases}$$

Exemplo: A Tabela 2.3 (pag. 25) apresenta a análise do fluxo de caixa de uma sequência de implementação específica (SEQ) dos subprojetos de M . Note que $I(SEQ) = \$651 \text{ mil}$.

Passo 12 - Cálculo do retorno sobre o investimento de uma sequência de implementação

Construa uma função $\mathbf{ROI}(SEQ)$ que calcula o retorno sobre o investimento de uma sequência $SEQ = \{(sp_1, ini_1, d_1), \dots, (sp_{|\mathbf{SP}|}, ini_{|\mathbf{SP}|}, d_{|\mathbf{SP}|})\} \in \mathbf{S}$. Nesse caso,

$$\mathbf{ROI}(SEQ) = \begin{cases} \frac{\mathbf{NPVS}(SEQ, tjg)}{\mathbf{I}(SEQ)}, & \text{se } \mathbf{I}(SEQ) > 0 \\ infinito, & \text{nas demais situações} \end{cases}$$

Exemplo: A Tabela 2.3 (pag. 25) apresenta a análise do fluxo de caixa de uma sequência de implementação específica (SEQ) dos subprojetos de M . Note que $ROI(SEQ) = \frac{NPVS(SEQ, 0,8\%)}{I(SEQ)} = \frac{\$4.989\text{mil}}{\$651} = 766\%$.

Passo 13 - Cálculo do ponto de autofinanciamento de uma sequência de implementação

Construa uma função $\mathbf{SFP}(SEQ)$ que calcula o ponto autofinanciamento de uma sequência $SEQ = \{(sp_1, ini_1, d_1), \dots, (sp_{|\mathbf{SP}|}, ini_{|\mathbf{SP}|}, d_{|\mathbf{SP}|})\} \in \mathbf{S}$.

Neste caso,

$$\mathbf{SFP}(SEQ) = \begin{cases} \min(\beta), & \beta = \{i \in \mathbb{N} \mid \forall i \leq k \leq jo \Rightarrow \mathbf{EFS}(SEQ, k) \geq 0\} \neq \{\} \\ \text{não existe,} & \text{nas demais situações} \end{cases}$$

Exemplo: A Tabela 2.3 (pag. 25) apresenta a análise do fluxo de caixa de uma sequência de implementação específica (SEQ) dos subprojetos de M . Note que $\mathbf{SFP}(SEQ) = 4$.

Passo 14 - Cálculo do ponto de equilíbrio de uma sequência de implementação

Construa uma função $\mathbf{BEP}(SEQ)$ que calcula o ponto de equilíbrio de uma sequência $SEQ = \{(sp_1, ini_1, d_1), \dots, (sp_{|\mathbf{SP}|}, ini_{|\mathbf{SP}|}, d_{|\mathbf{SP}|})\} \in \mathbf{S}$. Neste

caso,

$$\mathbf{BEP}(SEQ) = \begin{cases} \min \left\{ i \mid \sum_{k=1}^i \frac{|\mathbf{EFS}(SEQ,k)|}{(1+tjg)^k} \geq \mathbf{I}(SEQ) \right\}, & \text{se } \mathbf{I}(SEQ) \in \mathbb{R}^+ \\ \text{n\~{a}o existe,} & \text{nas demais situa\~{c}oes} \end{cases}$$

Exemplo: A Tabela 2.3 (pag. 25) apresenta a análise do fluxo de caixa de uma sequência de implementação específica (SEQ) dos subprojetos de M . Note que $BEP(SEQ) = 8$.

Passo 15 - Teste de validade das sequências de implementação

Se $(\forall SEQ \in \mathbf{S} \Rightarrow \mathbf{I}(SEQ) \in \mathbb{R}^+ - \{0\}$ e $\mathbf{ROI}(SEQ) \in \mathbb{R}$ e
 $\mathbf{SFP}(SEQ) \in \mathbb{N} - \{0\}$ e $\mathbf{BEP}(SEQ) \in \mathbb{N} - \{0\}$ e
 $\mathbf{IRR}(SEQ) \in \mathbb{R}^+)$

Ent\~{a}o: Prossiga para o pr\~{o}ximo passo.

Sen\~{a}o: Pare, os valores fornecidos apresentam inconsist\~{e}ncias.

Exemplo: A Tabela 2.7 (pag. 40) apresenta os indicadores I , ROI , SFP , BEP e IRR de todas as sequências de implementação do projeto M . Observe que para essas sequências todos os indicadores são válidos. Portanto, neste caso, o algoritmo prossegue para o próximo passo.

Passo 16 - Preparação dos dados para aplicação do DEA

Construa a matriz **MD**, de dimensões $|\mathbf{S}| \times 6$ tal que

$(\forall SEQ \in \mathbf{S} \Rightarrow \exists i$ tal que $\mathbf{MD}_{i,1} = SEQ$ e $\mathbf{MD}_{i,2} = \mathbf{I}(SEQ)$ e

$$\mathbf{MD}_{i,3} = \mathbf{ROI}(SEQ) \text{ e } \mathbf{MD}_{i,4} = \frac{1}{\mathbf{SFP}(SEQ)} \text{ e}$$

$$\mathbf{MD}_{i,5} = \frac{1}{\mathbf{BEP}(SEQ)} \text{ e } \mathbf{MD}_{i,6} = \mathbf{IRR}(SEQ))$$

e

$(\forall i, j$ tal que $\mathbf{MD}_{i,1} = \mathbf{MD}_{j,1} \Rightarrow i = j)$

Exemplo: A Tabela 2.8 (pag. 41) apresenta os dados a serem submetidos ao DEA.

Passo 17 - Cálculo de eficiência relativa das sequências de implementação

Construa a matriz **DEA**, de dimensões $|\mathbf{S}| \times 2$ tal que $\forall i \in [1 \dots |\mathbf{S}|] \Rightarrow$

$\mathbf{DEA}_{i,1} = \mathbf{MD}_{i,1}$ e $\mathbf{DEA}_{i,2} = \text{Eficiência Relativa}(\mathbf{MD}_{i,1})$ dado pela Equação 2.6, ou seja

$$\mathbf{DEA}_{i,2} = \max_{u_3, u_4, u_5, u_6, v} \frac{u_3 \times \mathbf{MD}_{i,3} + u_4 \times \mathbf{MD}_{i,4} + u_5 \times \mathbf{MD}_{i,5} + u_6 \times \mathbf{MD}_{i,6}}{v \times \mathbf{MD}_{i,2}}$$

sujeito a

$$\frac{u_3 \times \mathbf{MD}_{j,3} + u_4 \times \mathbf{MD}_{j,4} + u_5 \times \mathbf{MD}_{j,5} + u_6 \times \mathbf{MD}_{j,6}}{v \times \mathbf{MD}_{j,2}} \leq 1, \text{ para } j = 1, \dots, |\mathbf{S}| \text{ e}$$

$$u_3, u_4, u_5, u_6, v \geq 0$$

Exemplo: A Tabela 2.8 (pag. 41) apresenta hachureado de cinza a eficiência relativa das sequências em S .

Passo 18 - Identificação da sequência mais eficiente

Seja $\mathbf{ME} = \{\mathbf{DEA}_{i,1} \mid \mathbf{DEA}_{i,2} = 100\%\}$ o conjunto de sequências mais eficientes.

Se $|\mathbf{ME}| = 1$,

Então: A sequência em \mathbf{ME} é a escolha lógica para implementar o projeto

Senão: \mathbf{P} .
 Próssiga para o próximo passo.

Passo 19 - Construção da matriz de avaliação de Saaty dos indicadores de desempenho

Construa a matriz de avaliação de Saaty

$$\begin{array}{r}
 \mathbf{MA} = \\
 \mathbf{I} \rightarrow \\
 \mathbf{ROI} \rightarrow \\
 \mathbf{IRR} \rightarrow \\
 \mathbf{SFP} \rightarrow \\
 \mathbf{BEP} \rightarrow
 \end{array}
 \begin{array}{ccccc}
 \mathbf{I} & \mathbf{ROI} & \mathbf{IRR} & \mathbf{SFP} & \mathbf{BEP} \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & \frac{1}{v_{\text{ROI,I}}} & \frac{1}{v_{\text{IRR,I}}} & \frac{1}{v_{\text{SFP,I}}} & \frac{1}{v_{\text{BEP,I}}} \\
 v_{\text{ROI,I}} & 1 & \frac{1}{v_{\text{IRR,ROI}}} & \frac{1}{v_{\text{SFP,ROI}}} & \frac{1}{v_{\text{BEP,ROI}}} \\
 v_{\text{IRR,I}} & v_{\text{IRR,ROI}} & 1 & \frac{1}{v_{\text{SFP,IRR}}} & \frac{1}{v_{\text{BEP,IRR}}} \\
 v_{\text{SFP,I}} & v_{\text{SFP,ROI}} & v_{\text{SFP,IRR}} & 1 & \frac{1}{v_{\text{BEP,SFP}}} \\
 v_{\text{BEP,I}} & v_{\text{BEP,ROI}} & v_{\text{BEP,IRR}} & v_{\text{BEP,SFP}} & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

onde, $v_{i,j} \in \mathbf{MA}$ descreve a importância relativa do elemento i em relação a j utilizando a escala descrita na Tabela 2.10 (pag. 43).

Exemplo: A Tabela 2.13 (pag. 45) apresenta a matriz de avaliação de Saaty relativa aos indicadores financeiros I , ROI , SFP , BEP e IRR . Por exemplo, $v_{2,1} = 3$ e $v_{2,3} = 7$ indicam que o ROI é moderadamente mais relevante que o investimento e consideravelmente mais relevante que o IRR.

Passo 20 - Cálculo do coeficiente de consistência da matriz de avaliação dos indicadores de desempenho

Calcule o coeficiente de consistência CC de \mathbf{MA} utilizando a Equação 2.7.

Se $CC < 10\%$

Então: Prossiga para o próximo passo,

Senão: Volte ao Passo 19 e amenize as inconsistências apresentadas pela matriz **MA**.

Exemplo: A matriz de avaliação apresentada na Tabela 2.13 (pag. 45) tem um coeficiente de consistência de 5,0%. Portanto, pode ser utilizada com segurança para tomada de decisões.

Passo 21 - Cálculo do índice de relevância dos indicadores de desempenho

Seja $\mathbf{IR} = (e_I, e_{ROI}, \dots, e_{IRR})^T$ o principal autovetor normalizado da matriz **MA**. Portanto, $\mathbf{IR}(I) = e_I$, $\mathbf{IR}(ROI) = e_{ROI}$, \dots , $\mathbf{IR}(IRR) = e_{IRR}$.

Exemplo: A Tabela 2.13 (pag. 45) apresenta o índice de relevância dos indicadores financeiros I, ROI, SFP, BEP e IRR . Por exemplo, o índice de relevância de ROI é $e_{ROI} = 50,7\%$.

Passo 22 - Construção das matrizes de avaliação de Saaty relativas ao desempenho das sequências eficientes quando analisadas do ponto de vista dos indicadores financeiros

Para cada $i \in \{I, ROI, SFP, BEP, IRR\}$ construa a matriz de avaliação de Saaty que descreve a importância relativa de cada sequência quando analisada do ponto de vista dos indicadores financeiros, isto é:

$$\begin{array}{r}
\\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\
\end{array}
\begin{array}{cccc}
SEQ_1 & SEQ_2 & \dots & SEQ_{|ME|} \\
\downarrow & \downarrow & & \downarrow \\
SEQ_1 \rightarrow & 1 & \frac{1}{v_{SEQ_2, SEQ_1}} & \dots & \frac{1}{v_{SEQ_{|ME|}, SEQ_1}} \\
SEQ_2 \rightarrow & v_{SEQ_2, SEQ_1} & 1 & \dots & \frac{1}{v_{SEQ_{|ME|}, SEQ_2}} \\
MAS_i = SEQ_3 \rightarrow & v_{SEQ_3, SEQ_1} & v_{SEQ_3, SEQ_2} & \dots & \frac{1}{v_{SEQ_{|ME|}, SEQ_3}} \\
\vdots \rightarrow & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
SEQ_{|ME|} \rightarrow & v_{SEQ_{|ME|}, SEQ_1} & v_{SEQ_{|ME|}, SEQ_2} & \dots & 1
\end{array}$$

onde $SEQ_1, \dots, SEQ_{|ME|} \in ME$.

Exemplo: As Tabelas 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 e 2.18 (pag. 46) descrevem a importância relativa de cada uma das sequências mais eficientes do exemplo apresentado na Seção 2.2.5 (pag. 39).

Passo 23 - Cálculo do coeficiente de consistência das matrizes de avaliação de Saaty relativas ao desempenho das sequências eficientes quando analisadas do ponto de vista dos indicadores financeiros

Sejam $CC_I, CC_{ROI}, CC_{SFP}, CC_{BEP}$ e CC_{IRR} os coeficientes de consistência das matrizes $MAS_I, MAS_{ROI}, MAS_{SFP}, MAS_{BEP}$ e MAS_{IRR} , calculados conforme a Equação 2.7. Utilize a Tabela 2.12 para estabelecer o limite de consistência lc das matrizes $MAS_I, MAS_{ROI}, MAS_{SFP}, MAS_{BEP}$ e MAS_{IRR} .

Se $(\exists i \in \{I, ROI, SFP, BEP, IRR\})$ tal que $lc > CC_i$

Então: Volte ao Passo 22 e amenize as inconsistências apresentadas pelas matrizes \mathbf{MAS}_I , \mathbf{MAS}_{ROI} , \mathbf{MAS}_{SFP} , \mathbf{MAS}_{BEP} e \mathbf{MAS}_{IRR} .

Senão: Prossiga para o próximo passo.

Exemplo: Todas as matrizes de avaliação das sequências relativas aos indicadores financeiros I , ROI , SFP , BEP e IRR apresentadas nas Tabelas 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 e 2.18 (pag. 47) de dimensão 3×3 possuem coeficientes de consistência inferiores a 5,0%. Portanto, elas podem ser utilizadas com segurança para tomada de decisões.

Passo 24 - Cálculo do índice de relevância das das sequências eficientes quando analisadas do ponto de vista dos indicadores financeiros

Considere as matrizes de avaliação de Saaty \mathbf{MAS}_I , \mathbf{MAS}_{ROI} , \mathbf{MAS}_{SFP} , \mathbf{MAS}_{BEP} e \mathbf{MAS}_{IRR} apresentadas no Passo 22.

Seja $E_i = (e_{i,1}, e_{i,2}, \dots, e_{i,|\mathbf{MAS}_i|})^T$ o principal autovetor normalizado da matriz \mathbf{MAS}_i , onde $i \in \{I, ROI, SFP, BEP, IRR\}$. Neste caso, $e_{i,1} = \mathbf{IR}_i(SEQ_I), \dots, e_{i,|\mathbf{ME}|} = \mathbf{IR}_i(SEQ_{|\mathbf{ME}|})$.

Exemplo: As Tabelas 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 e 2.18 (pag. 46) apresentam os índices de relevância de cada sequência eficiente quando analisada do ponto de vista dos indicadores financeiros. Por exemplo, a sequência 143 possui um índice de relevância de 69,0% quando analisada do ponto de vista do ROI.

Passo 25 - Cálculo do índice de relevância ponderada das sequências eficientes

De acordo com a Equação 2.8 (pag. 47), para cada $SEQ_j \in ME$, o índice de relevância ponderado de SEQ_j é dado por

$$\begin{aligned} \mathbf{IRP}(SEQ_j) = & \mathbf{IR}(I) \times \mathbf{IR}_I(SEQ_j) + \mathbf{IR}(ROI) \times \mathbf{IR}_{ROI}(SEQ_j) + \\ & \mathbf{IR}(SFP) \times \mathbf{IR}_{SFP}(SEQ_j) + \mathbf{IR}(BEP) \times \mathbf{IR}_{BEP}(SEQ_j) + \\ & \mathbf{IR}(IRR) \times \mathbf{IR}_{IRR}(SEQ_j), \end{aligned}$$

onde $\mathbf{IR}(I)$, $\mathbf{IR}(ROI)$, \dots , $\mathbf{IR}(IRR)$, são os índices de relevância dos indicadores de desempenho introduzidos no Passo 21 e $\mathbf{IR}_I(SEQ_j)$, $\mathbf{IR}_{ROI}(SEQ_j)$, \dots , $\mathbf{IR}_{IRR}(SEQ_j)$ são os índices de relevância das sequências apresentados no Passo 24.

Exemplo: A Tabela 2.19 (pag. 47) apresenta o índice de relevância ponderado de cada sequência eficiente. Por exemplo, o IRP da sequência 143 é de 56,3%.

Passo 26 - Seleção da sequência de implementação eficiente que satisfaz as preferências do gerente do projeto

Considere o conjunto

$$\mathbf{BIS} = \{SEQ_j \in \mathbf{ME} \mid \forall SEQ_k \in \mathbf{ME} \Rightarrow \mathbf{IRP}(SEQ_j) \geq \mathbf{IRP}(SEQ_k)\},$$

que contém as sequências com os maiores índices de relevância ponderados. Neste caso, qualquer sequência desse conjunto pode ser utilizada para implementar o projeto **P**, satisfazendo as preferências do gerente de projetos.

Exemplo: Na Tabela 2.19 (pag. 47) a sequência 143 possui o maior índice de relevância ponderado. Portanto, essa sequência deve ser selecionada para a implementação do projeto.

3.2 Observação empírica da aplicação do método em um projeto do mundo real

O método apresentado no corpo dessa dissertação foi introduzido ao escritório de projetos (EP) da área financeira de uma multinacional do ramo de energia sediada no Brasil. No escopo dessa dissertação, essa empresa é denominada NOVAX Energy¹.

¹O nome real da empresa em questão foi omitido do corpo dessa dissertação atendendo a pedido da alta gerência.

A equipe do escritório de projetos da NOVAX entendeu que esse método poderia trazer benefícios se aplicado em seus projetos e concordou em submeter um projeto de TI para avaliação.

3.2.1 Avaliação preliminar do projeto do mundo real

Ao longo do tempo, notou-se que os custos da NOVAX com a gestão de documentos fiscais vinham aumentando e rapidamente se tornariam proibitivos. Para contornar essa situação, a alta gerência da empresa solicitou que fosse desenvolvido um conjunto de melhorias nos sistemas de gestão de documentos fiscais eletrônicos. Essa iniciativa deu origem ao projeto MGDF de melhorias na gestão de documentos fiscais e atendimento ao fornecedor.

Esse projeto visa não somente reduzir os custos do processo de contas a pagar, mas também trazer maior confiabilidade, transparência e agilidade à NOVAX. A expectativa é que o sistema MGDF reduza em 70% a intervenção manual no fluxo de documentos fiscais, de um total estimado de 4,7 milhões de transações anuais.

Para a condução do projeto foi montado um comitê coordenado por um funcionário do alto escalão da área de negócio da empresa, que contou com a participação de representantes das áreas de negócio, das equipes técni-

cas de TI e do EP. Conforme descrito na Tabela 3.1, esse projeto é composto de subprojetos, o que facilita a sua gestão.

Tabela 3.1: Subprojetos do projeto MGDF

Subprojeto	Descrição
U_A	Mapeamento de processos
U_B	Planejamento da solução tecnológica
U_C	Elaboração da arquitetura do projeto
U_D	Automação do protocolo de registros de documentos fiscais
U_E	Automação do tratamento de manifestação do destinatário
U_F	Automação do processo de gestão dos documentos fiscais
U_G	Ampliação da infraestrutura do portal
U_H	Implementação das novas funcionalidades no portal do fornecedor (exceto consulta de nota fiscal eletrônica)
U_I	Implementação da consulta de nota fiscal eletrônica no portal do fornecedor

Segundo o comitê do projeto, esses subprojetos possuem uma relação de dependência entre eles, que deve ser respeitada tanto na condução de atividades de desenvolvimento de *software*, quanto na condução das demais atividades do projeto. A Figura 3.1 apresenta o diagrama de dependência dos subprojetos do MGDF.

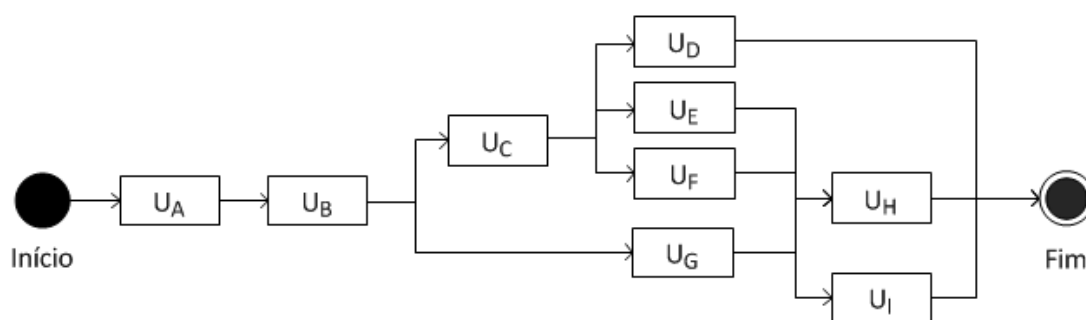


Figura 3.1: O diagrama de dependência do projeto MGDF

Ao analisar o plano do projeto foi possível observar que, apesar de o projeto ser composto de subprojetos, esse plano não considerou a possibilidade da realização de entregas intermediárias de partes do sistema. Essa estratégia impediu a apropriação antecipada dos benefícios propiciados pelo projeto. A Equipe do projeto definiu que os subprojetos deveriam ser desenvolvidos conforme especificado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Ordem de desenvolvimento dos subprojetos do MGDF

Período													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
U _A													
	U _B												
		U _C											
			U _G										
			U _F										
				U _D									
					U _E								
								U _H					
												U _I	

Note que a sequência de execução dos subprojetos observou as restrições de dependência apresentadas na Figura 3.1. Além disso, considerou a comodidade para o coordenador do projeto na reserva e alocação dos recursos humanos disponíveis para a sua implementação.

Em sintonia com a cultura organizacional vigente na NOVAX, a sequência apresentada na Tabela 3.2 foi considerada uma boa opção para implementação do projeto MGDF. O investimento necessário para a execução do projeto foi estimado em R\$ 5,4 milhões e o NPV em R\$ 10,9 milhões,

considerando-se uma taxa de juros de 2,2% por período e uma janela de oportunidade de 24 períodos. Essa janela de oportunidade é um padrão adotado pelo escritório de projetos da NOVAX. Portanto, esperava-se que o projeto propiciasse um ROI de 203%, tendo como ponto de autofinanciamento e ponto de equilíbrio o 14º e 16º períodos, respectivamente.

Contudo, ainda havia espaço para otimizar o plano de desenvolvimento do projeto de forma a minimizar o investimento e maximizar seus benefícios. Nesse sentido, é importante mencionar que a busca da melhor sequência de implementação de projetos de TIC do ponto de vista financeiro não fazia parte da cultura gerencial dos setores envolvidos no desenvolvimento do projeto MGDF. A escolha da sequência final era de responsabilidade do comitê de coordenação do projeto que frequentemente escolhia aquela que demandava o menor esforço de negociação entre as partes envolvidas, respeitados requisitos mínimos de investimento e retorno sobre o investimento em projetos de TIC. Esses requisitos variam no decorrer do tempo dependendo das condições dos mercados em que a empresa atua.

3.2.2 Aplicação do método em um projeto do mundo real

A Tabela 3.3 apresenta as estimativas fornecidas pelo comitê do projeto para os elementos do fluxo de caixa de cada um dos subprojetos apresentados na Tabela 3.1. Considerando-se a mesma taxa de juros e janelas de oportunidade, a Tabela 3.4 apresenta o valor presente líquido de cada subprojeto, de acordo com o período em que seu desenvolvimento se inicia. Portanto, se o subprojeto U_D começasse a ser desenvolvido no período 1, o seu NPV seria dado por

$$NPV(U_D, 1) = \frac{-\$171 \text{ mil}}{(1 + 2, 2\%)^1} + \frac{-\$171 \text{ mil}}{(1 + 2, 2\%)^2} + \dots + \frac{\$2.062 \text{ mil}}{(1 + 2, 2\%)^{24}} = \$27, 667 \text{ milhões}$$

A Tabela 3.5 apresenta as possíveis sequências de implementação do projeto MGDF, juntamente com seus respectivos indicadores financeiros. Essas sequências de implementação estão de acordo com as relações de dependência descritas na Figura 3.1. Em adição, seguindo a orientação do coordenador do projeto, elas consideram a possibilidade de desenvolvimento de até dois subprojetos em paralelo.

A Tabela 3.6 introduz o resultado da aplicação do método especificado na Seção 3.1. A sequência de implementação mais eficiente é a 1, com

Tabela 3.4: O NPV de cada subprojeto do MGDF

Valor presente líquido ($\$10^3$)												
Sub-proj.	Período											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U_A	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2
U_B	-460	-450	-440	-431	-421	-412	-403	-395	-386	-378	-370	-362
U_C	-348	-341	-334	-326	-319	-313	-306	-299	-293	-286	-280	-274
U_D	27.667	25.874	24.121	22.405	20.726	19.083	17.475	15.902	14.363	12.857	11.384	9.942
U_E	-473	-463	-453	-443	-434	-425	-415	-406	-398	-389	-381	-373
U_F	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
U_G	-2.864	-2.802	-2.742	-2.683	-2.625	-2.569	-2.513	-2.459	-2.406	-2.355	-2.304	-2.254
U_H	809	772	736	700	665	631	598	565	534	502	472	442
U_I	510	486	462	439	416	393	372	350	329	309	289	269

Sub-proj.	Período											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U_A	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
U_B	-354	-346	-339	-332	-324	-317	-311	-304	-297	-291	-192	-95
U_C	-268	-263	-257	-251	-246	-241	-236	-230	-225	-221	-216	-107
U_D	8.531	7.150	5.800	4.478	3.185	1.920	681	-530	-419	-311	-205	-101
U_E	-365	-357	-349	-341	-334	-327	-320	-313	-248	-184	-121	-60
U_F	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
U_G	-2.206	-2.158	-2.112	-2.066	-2.022	-1.978	-1.936	-1.894	-1.853	-1.813	-1.196	-591
U_H	413	384	356	329	285	242	201	160	103	47	-7	-4
U_I	250	232	202	173	145	118	80	43	6	-29	-19	-9

Tabela 3.5: Possíveis seqüências de implementação

Id	Seqüência	NPV ($\$10^3$)	ROI (%)	I ($\$10^3$)	SFP	BEP	IRR (%)
1	ABCDFEGHI	14.518	843	1.722	12	14	24,7
2	ABCDFEGHI	14.589	771	1.892	12	14	24,2
3	ABCDEGFIH	14.606	772	1.892	12	14	24,2
4	ABCDFGEIH	14.475	373	3.884	12	14	22,0
5	ABCDGIEFH	14.409	359	4.013	12	14	19,5
6	ABCDGIFEH	14.376	358	4.013	12	14	19,6
7	ABCGDIEFH	14.374	345	4.172	12	14	17,2
8	ABCDGFEIH	14.370	360	3.989	12	14	19,5
9	ABCDGEFHI	14.359	346	4.149	12	14	19,3
10	ABCDFGEHI	14.351	369	3.884	12	14	21,9
11	ABCGDIFEH	14.339	350	4.093	12	14	17,2
12	ABCGDFIEH	14.296	346	4.128	12	14	17,1
13	ABCDGEFHI	14.287	344	4.149	12	14	19,2
14	ABCGDEFHI	14.284	322	4.431	12	14	16,8
15	ABCGDEFIH	14.275	322	4.431	12	14	16,8
				⋮			
80	ABGCIFEDH	1.398	36	3.869	21	23	4,2

eficiência relativa de 100%. Em consequência, no cenário analisado não foi necessário aplicar o AHP para selecionar uma entre diversas sequências de implementação. É importante mencionar que o comitê de gestão do projeto MGDF considerou a sequência 1 como sendo factível de ser implementada.

Tabela 3.6: As sequências mais eficientes

Id	Sequência	Eficiência relativa	Id na Tabela 3.5
1	ABCD FEGHI	100,0%	1
2	ABCDEF GHI	91,0%	2
3	ABCDEF GIH	91,0%	3
4	ABCEFD GHI	44,5%	24
5	ABCD FGEHI	44,3%	10
6	ABCD FGEIH	44,3%	4
7	ABCD GF EIH	43,2%	8
8	ABCD GF EHI	43,2%	16
9	ABCD GIEFH	42,9%	5
10	ABCD GIFEH	42,9%	6
11	ABCG DIFEH	42,0%	11
12	ABCG DFIEH	41,7%	12
13	ABCD GEFHI	41,5%	9
14	ABCD GEFIH	41,5%	13
15	ABCG DIEFH	41,3%	7
	⋮		
80	ABC FGED IH	27,0%	70

3.2.3 Avaliação do resultado

A Tabela 3.7 apresenta uma comparação entre a sequência selecionada a partir da aplicação do método proposto no corpo dessa dissertação com outras possíveis sequências de implementação.

A sequência “Mais eficiente” é aquela obtida pelo método proposto

Tabela 3.7: Comparação da sequência indicada pelo método com as sequências selecionadas sem a ajuda do método

Id	Sequência	NPV(\$)	ROI(%)	I(\$)	SFP	BEP	IRR(%)
Mais eficiente	ABCDFEFGHI	14.518	843	1.722	12	14	24,7
Selecionada pelo EP	ABCGFDEHI	12.720	288	4.410	13	15	15,2
Plano original	ABCGFDEHI	10.900	203	5.400	14	16	12,0

no corpo dessa dissertação (ver Tabela 3.6). A sequência “Plano original” é a sequência do plano original do projeto, considerando que não serão feitas entregas intermediárias de partes do sistema (ver Tabela 3.2). A sequência “Selecionada pelo EP” é a sequência do plano original do projeto, considerando a possibilidade de se fazerem entregas intermediárias.

Ao se comparar a sequência “Mais eficiente” com as demais nota-se que ela possui maior NPV, maior ROI, menor investimento, menor tempo até o ponto de autofinanciamento, menor tempo até o ponto de equilíbrio e maior taxa interna de retorno.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, o método apresentado no corpo dessa dissertação é comparado a trabalhos relacionados. Para identificar esses trabalhos, optou-se por seguir as ideias de Oliver e Thomas (GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2012) a respeito da execução de revisões sistemáticas da literatura existente sobre um tema específico, de forma não tendenciosa. Em consequência, foi elaborado o seguinte protocolo de pesquisa:

- (a) determinação do critério de busca,
- (b) seleção das bases a serem pesquisadas,
- (c) período da busca,
- (d) execução da pesquisa nas bases selecionadas,
- (e) descarte dos resultados duplicados,
- (f) descarte de trabalhos não relacionados a partir da sua descrição,
- (g) descarte de trabalhos a partir do exame do texto,
- (h) descrição dos trabalhos relacionados,
- (i) análise dos trabalhos relacionados e
- (j) avaliação dos trabalhos relacionados.

Os itens de (a) a (j) são descritos com mais detalhes nos subitens que se seguem.

4.1 Determinação do critério de busca

O critério de busca é formado por quatro sentenças lógicas:

1. (“*information technology project*” OU “*information and communications technology project*” OU “*information system project*” OU “*software project*” OU “*software development project*”),
2. (“*data envelopment analysis*” OU “*relative efficiency*” OU “*efficiency ratio*” OU “*efficiency frontier*”),
3. (“*sequencing*” OU “*implementation order*” OU “*scheduling*” OU “*planning*”), e
4. (“*funding*” OU “*investment*” OU “*assessment*” OU “*appraisal*” OU “*evaluation*” OU “*justification*”).

A primeira sentença restringe a seleção de trabalhos àqueles relacionados a projetos de TIC. A segunda sentença identifica trabalhos relativos a eficiência econômica de unidades produtivas. A terceira sentença diz respeito a trabalhos que discutem o sequenciamento de atividades de projeto. Finalmente, a quarta sentença destaca os trabalhos que tratam do tema análise de investimentos. A conjunção dessas quatro sentenças lógicas, que é utilizada para seleção inicial dos trabalhos relacionados, identifica trabalhos técnico-científicos na interseção dessas áreas do conhecimento.

4.2 Seleção das bases a serem pesquisadas

Foram pesquisados os seguintes repositórios de publicações científicas: Goole Scholar (HSIEH-YEE., 2012), ISI Web of Science (HARZING, 2010), Scientific Electronic Library Online (SciELO) (HARZING, 2010), Scopus (HARZING, 2010), DBLP Computer Science Bibliography (KNEE, 2006) e Banco de Teses da Capes (ALMEIDA,). Em adição, consultou-se também as ferramentas de compartilhamento de referência bibliográficas BibSonomy (HOTH0 et al., 2006) e CiteSeerX (LI et al., 2006).

4.3 Período da busca

A busca nas bases de dados utilizadas nessa pesquisa foi realizada entre 28 de janeiro e 22 de fevereiro de 2014. Não se impôs nenhuma restrição sobre a data das publicações objeto da busca.

4.4 Execução da pesquisa nas bases selecionadas

Como resultado da pesquisa inicial foram localizados um total de 1.556 referências a trabalhos técnico-científicos (artigos, relatórios, livros, teses, etc.) que atendiam ao critério de busca. Várias dessas referências constavam em mais de um repositório de publicações científicas, ou seja, entre as referências localizadas existiam duplicatas.

4.5 Descarte dos resultados duplicados

As referências duplicadas foram identificadas e descartadas, restando um total de 654 trabalhos a serem analisados.

4.6 Descarte de trabalhos não relacionados a partir da sua descrição

Em seguida, examinou-se o título, o *abstract* e a lista de palavras chave, quando disponível, de cada um dos 654 trabalhos, eliminando-se aqueles que seguramente não estavam relacionados ao tema da pesquisa. Como resultado dessa atividade restaram 34 trabalhos a serem analisados.

4.7 Descarte de trabalhos a partir do exame do texto

A partir da análise do corpo dos trabalhos restantes, eliminou-se aqueles que não estavam relacionados ao tema da pesquisa. Como resultado dessa atividade foram selecionados 5 trabalhos.

4.8 Descrição dos trabalhos relacionados

As 5 propostas selecionadas possuem em comum o uso de técnicas de otimização para selecionar o mais eficiente portfólio de projetos de TIC. Todos esses trabalhos usam a análise de envoltório de dados (DEA) para calcular a eficiência relativa de diferentes opções de investimentos. Para uma

introdução ao DEA o leitor pode recorrer ao Capítulo 2.

Além disso, alguns autores sugerem que é possível aumentar o valor dos projetos de tecnologia da informação e comunicação quando estes estão conectados à estratégia do negócio. Em consequência, eles vêm combinando o DEA com o balanced scorecard (BSC) e mapas estratégicos.

Para aqueles que não estão familiarizados com o balance scorecard, pode ser importante mencionar que o BSC é uma ferramenta e modelo de gerenciamento desenvolvida por Kaplan e Norton no final dos anos 1990 (KAPLAN; NORTON, 1996). Um conceito fundamental das idéias apresentadas pelo BSC é a relação causal que se estabelece entre quatro conjuntos de indicadores de desempenho: financeiro, cliente, processos internos e inovação e aprendizagem.

No modelo BSC essa relação causal é expressa mais facilmente com o auxílio de um mapa estratégico, isto é, um diagrama que documenta os objetivos estratégicos primários almejados por uma organização (KAPLAN; NORTON, 2004).

Ao longo do tempo, o BSC tem se mostrado especialmente útil para melhorar a comunicação interna das organizações, também favorecendo a medição do seu desempenho. Como resultado, o BSC ajuda a manter os gestores, a sua força de trabalho e as atividades que realizam alinhados à estratégia da organização. A Tabela 4.1 sumariza essas ideias.

Tabela 4.1: Trabalhos relacionados

Referência	Utiliza	
	DEA	BSC
(NALCHIGAR; NASSERZADEH, 2009)	Sim	Não
(ASOSHEH; NALCHIGAR; JAMPORAZMEY, 2010)	Sim	Sim
(GHAPANCHI et al., 2012)	Sim	Não
(SÁNCHEZ; MAÇADA; SAGARDOY, 2013)	Sim	Sim
(CHO, 2010)	Sim	Não

4.9 Análise dos trabalhos relacionados

Nalchigar e Nasserzadeh propõem o uso de um modelo de otimização baseado no DEA para selecionar projetos de TIC para implementação. Esses autores sugerem o uso de variáveis financeiras como entradas (por exemplo, custo de desenvolvimento do *software*, custo de treinamento dos usuários, custo de suporte durante um período de tempo definido, etc.) em conjunção com uma variável qualitativa que descreve o risco a que o projeto está exposto (NALCHIGAR; NASSERZADEH, 2009).

Como saídas, os autores sugerem o uso de variáveis qualitativas que descrevem benefícios propiciados pelos projetos analisados. Redução do tempo de execução do processo que será automatizado, aumento da precisão das informações geradas pelo sistema e aumento da capacidade de gerenciamento, isto é, aumento da capacidade de estimar a necessidade de recursos e de cumprir metas e prazos são exemplos dessas variáveis. O produto final do método proposto por Nalchigar é uma lista de projetos ordenados pela sua eficiência relativa. Nalchigar e Nasserzadeh sugerem que o projeto mais eficiente deve ser selecionado para implementação.

Asosheh, Nalchigar e Jamporazmey propõem um modelo que usa a análise de envoltório de dados (DEA) em combinação com o *balanced score-*

card como meios para selecionar os projetos que melhor se alinham à estratégia do negócio. Na proposta desses autores, o BSC é utilizado como base para definir os critérios de desempenho utilizados na avaliação dos projetos de tecnologia da informação e comunicação. Adicionalmente, o DEA é utilizado para computar a eficiência relativa dos projetos de TIC (ASOSHEH; NALCHIGAR; JAMPORAZMEY, 2010).

O modelo proposto por Asosheh, Nalchigar e Jamporazmey sugere como entradas para o DEA o custo total, a duração e a quantidade de recursos humanos alocados no projeto. Como saídas as variáveis são divididas em cinco perspectivas ou dimensões: financeira, processos internos do negócio, cliente, aprendizado e crescimento, e risco. As saídas compreendem tanto o uso de variáveis quantitativas quanto de variáveis qualitativas. O produto final desse modelo é uma lista de projetos ordenados pela sua eficiência relativa.

Ghapanchi et al. incentivam o uso de um método de dois estágios, envolvendo tanto a análise de projetos independentes como de projetos interdependentes (GHAPANCHI et al., 2012). Na primeira etapa o DEA é usado para descobrir a eficiência relativa dos projetos que são candidatos à implementação. O modelo DEA proposto por Ghapanchi et al. toma como entradas o custo total do projeto, o número de projetos que depende da implementação do projeto em questão, a melhoria da qualidade dos processos gerados pelo projeto e a disposição dos interessados em utilizar os produtos finais do projeto. Com exceção da variável custo total do projeto, as demais variáveis são qualitativas. Neste ponto, um limiar mínimo para o índice de eficiência relativa DEA é estabelecido. Os projetos que ultrapassam esse limite são autorizados a prosseguir para o próximo estágio.

No segundo estágio são geradas todas possíveis combinações de car-

teiras de projetos. As relações de dependência existentes entre esses projetos são levadas em consideração na construção das carteiras. Limitações adicionais podem ser impostas sobre o número de projetos que compõem as carteiras e a disponibilidade de recursos financeiros e não-financeiros. Cada carteira é então submetida a uma nova avaliação DEA em que as entradas e saídas dos projetos que compõem as carteiras são combinadas. Por fim, o portfólio mais eficiente é selecionado para a implementação.

Sánchez et al. desenvolveram um *framework* que combina DEA com mapas estratégicos visando avaliar o valor estratégico dos investimentos em projetos de tecnologia da informação e comunicação. Muitos autores tomam o mapa estratégico para documentar a estratégia da organização e, em consequência, desenvolver o BSC. Entretanto, Sánchez et al. sugerem que os indicadores estratégicos de desempenho podem ser derivados diretamente do mapa estratégico (SÁNCHEZ; MAÇADA; SAGARDOY, 2013).

O *framework* proposto por Sánchez et al. considera que os projetos foram agrupados em portfólios. O modelo DEA considera como entradas o custo total de desenvolvimento e manutenção. Os indicadores de desempenho combinados de todos os projetos que compõem a carteira são as saídas do modelo DEA. O resultado final é uma lista de portfólios ordenados por sua eficiência relativa.

A visão de Cho sobre a eficiência do investimento em TIC (CHO, 2010) é um pouco diferente. Segundo esse autor, pode haver sinergia entre os diversos projetos de TIC candidatos e suas respectivas atividades e essa sinergia é um fator preponderante para a avaliação de investimentos em tecnologia da informação e comunicação, e, por isso, essa sinergia deve ser considerada durante a seleção de projetos que serão componentes de um portfólio de projetos de TIC. No seu trabalho, Cho identifica três tipos de

sinergia entre projetos, que são, a sub-aditiva, a super aditiva de mão única e a aditiva de mão dupla.

O primeiro tipo se refere a economia adicional obtida pelo compartilhamento de recursos dos projetos. Por exemplo, *hardware*, *software*, sistemas de rede, recursos humanos de gerenciamento de projeto, etc.

O segundo tipo, ocorre quando o valor de um projeto de TIC afeta significativamente o valor resultante de outro projeto, sem, entretanto, ser afetado por esse outro projeto. Por exemplo, o investimento em infraestrutura de rede realizado por um projeto de controle de estoque pode aumentar, de forma significativa, o valor de outro projeto cujo objetivo é o aumento das vendas pela internet.

O terceiro tipo se refere a projetos que se complementam. Normalmente isso ocorre quando esses projetos compartilham dados e processos de negócio. Um exemplo desse tipo de sinergia é o caso de sistemas de marketing e sistemas de novos produtos que podem se beneficiar do compartilhamento dos dados de clientes, uma vez que a troca dos dados de clientes pode ajudar tanto na pesquisa de marketing quanto no desenvolvimento de novos produtos.

Cho acredita que retorno e risco são dimensões importantes na avaliação da performance de um investimento. Como resultado, o autor usa as incertezas nos parâmetros para descrever os benefícios financeiros dos projetos avaliados e os seus respectivos desvios-padrão para modelar o risco. As sinergias que podem existir entre os projetos são levadas em consideração para a descoberta do valor financeiro de cada projeto avaliado. Além disso, Cho defende a construção de uma fronteira de eficiência usando a média do valor financeiro de cada um dos possíveis portfólios de projetos como um dos

parâmetros e o seu desvio padrão como o outro parâmetro. Os portfólios que se localizam na fronteira da eficiência são indicados como os candidatos à implementação.

4.10 Avaliação dos trabalhos relacionados

Os trabalhos técnico-científicos apresentados no item 4.9 usam modelos de otimização para identificar portfólios mais eficientes de investimentos em projetos de TIC. Entretanto, esses trabalhos deixam de levar em consideração que frequentemente os projetos de TIC são compostos de subprojetos. Isso facilita a compreensão, o planejamento, o desenvolvimento e a manutenção (SCHWALBE, 2010). Em consequência:

- Não reconhecem que enquanto alguns desses subprojetos geram receitas assim que são entregues (subprojetos MMFs), outros são necessários para a construção da infraestrutura requerida pelo projeto (subprojetos AEs);
- Não levam em consideração que os recursos gerados por uma MMF podem ser utilizados para financiar o desenvolvimento de outros MMFs e AEs e que, portanto, a ordem de implementação desses tipos de subprojetos pode alterar o valor do projeto como um todo;
- Não dão suporte a ideia de que os tomadores de decisão podem ser forçados a escolher uma entre várias sequências de implementação igualmente eficientes, levando em consideração a conveniência da implementação para o negócio de uma sequência particular que privilegie algum parâmetro financeiro, tal como o ponto de equilíbrio e o ponto de autofinanciamento;

Além disso, o fato de vários projetos serem compostos de MMFs e AEs permite, muitas vezes, a identificação de subprojetos comuns que podem ser fatorados e que portanto não precisam ser implementados repetidas vezes. Ver (ALENCAR et al., 2012) para uma discussão mais ampla sobre os benefícios propiciados por MMFs e AEs.

Ao contrário dos métodos apresentados na Seção 4, o método proposto no corpo dessa dissertação não se concentra na seleção de projetos para a formação de portfólio, mas na obtenção da eficiência financeira de projetos que já tenham sido selecionados para implementação.

Em consequência, ele poderia ser utilizado para complementar qualquer um desses métodos de seleção de portfólio de projetos de TIC, permitindo que mais valor seja extraído dos projetos já selecionados para execução. Além disso, o método proposto nessa dissertação pode ser utilizado para melhorar a eficiência financeira de um único projeto, uma questão que não é abordada pelos métodos de seleção de portfólio apresentados anteriormente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo apresentamos as conclusões dessa dissertação. Em adição, fazemos sugestões para futuras pesquisas, que poderão levar a elaboração de outras dissertações e artigos.

5.1 Conclusões

A TIC não é apenas o motor que agiliza a execução de processos de negócio na era da tecnologia da informação e comunicação. Hoje em dia, ela é um componente intrínseco da estratégia de negócio de diversos segmentos de mercado, especialmente aqueles nos quais as empresas dependem da internet para fazer seus negócios. Por exemplo, comércio eletrônico, *internet banking*, *marketing* digital, ensino à distância, etc.

Portanto, a realização de investimentos eficientes em projetos de TIC vem se tornando um ponto de atenção para os administradores responsáveis pela tomada de decisão nas empresas e no governo.

Ao perceber que a eficiência financeira em projetos de TIC vem se tornando uma questão relevante em muitas áreas de negócio, pesquisadores vêm desenvolvendo propostas para a seleção de projetos de TIC que ofereçam mais retorno para os investimentos realizados ou que ofereçam o mesmo retorno com menos investimento. Entretanto, nenhuma dessas propostas leva em consideração a maximização adicional do valor de um projeto que foi selecionado para execução. O método apresentado nessa dissertação procura

preencher essa lacuna.

Esse método considera que projetos de TIC são compostos de sub-projetos denominados MMFs e AEs e reconhece a dependência que ocorre naturalmente entre eles. Além disso, leva em consideração que a ordem na qual esses subprojetos podem ser desenvolvidos pode alterar o valor do projeto como um todo e identifica a sequência de implementação mais eficiente do ponto de vista financeiro.

No exemplo apresentado no corpo dessa dissertação, o capital investido, o retorno sobre o investimento, a taxa interna de retorno, o ponto de autofinanciamento e o ponto de equilíbrio foram os critérios selecionados para demonstrar o uso do método. Esses indicadores de desempenho financeiro foram escolhidos devido ao seu amplo uso em diversas situações em uma grande variedade de indústrias.

Todavia, outros indicadores quantitativos, tais como indicadores de risco, ou até mesmo outros critérios relacionados a benefícios intangíveis podem ser inseridos no método sugerido, aumentando ainda mais o número de cenários nos quais o método pode ser utilizado com sucesso.

O método proposto no corpo dessa dissertação pode ser utilizado para complementar qualquer um dos métodos de avaliação de investimentos propostos até o momento, permitindo que mais retorno seja propiciado para os investimentos em projetos de TIC selecionados para execução.

O trabalho aqui apresentado contribui não apenas para aumentar a percepção do valor da TIC perante os executivos de negócio, mas também melhora, de forma geral, o desempenho financeiro das organizações, que investem cada vez mais em projetos de TIC.

5.2 Limitações e sugestões para futuras pesquisas

Apesar do avanço oferecido pelo método aqui apresentado, sempre há espaço para melhorias. Este espaço pode ser preenchido por futuros esforços de pesquisa e desenvolvimento, de forma a aumentar o escopo e abrangência do método aqui proposto.

5.2.1 Projetos de TIC no setor público

Na medida em que a democracia se torna cada vez mais presente na sociedade moderna, os governos se tornam mais sensíveis aos anseios e desejos de seus cidadãos. Diante dessa realidade os governos democráticos ao redor do globo vem se esforçando para melhorar a educação, a saúde, a qualidade de vida e o bem estar social da sua população. Com o advento da internet, a TIC passou a ser vista como um instrumento capaz de agilizar os serviços públicos, propiciando serviços de qualidade a custos financeiros mais reduzidos. Em consequência, a TIC passou a ser uma peça fundamental no planejamento e execução de serviços em todos os ramos e esferas do setor público (IRANI; LOVE; MONTAZEMI, 2007; BAUMGARTEN; CHUI, 2009; WEST, 2004).

Em projetos conduzidos pelo setor público, os benefícios intangíveis são frequentemente mais relevantes que os tangíveis. Neste contexto, benefícios intangíveis são aqueles cuja avaliação é dependente de percepção subjetiva da realidade e que, portanto, não podem ser facilmente quantificáveis do ponto de vista financeiro. A sensação de bem-estar, a confiança na economia e a percepção de segurança, entre outros, podem ser citados como exemplos de benefícios intangíveis (HUBBARD, 2014).

O método apresentado nessa dissertação considera apenas benefícios

tangíveis como variáveis de entrada e saída no modelo DEA. Como consequência, a sua aplicação é mais adequada aos investimentos em projetos de TIC realizados no setor privado. Entretanto, a possível extensão do método para abranger o uso de variáveis não financeiras, especialmente aquelas baseadas em percepções da realidade, poderia vir a ajudar na seleção de projetos mais eficientes no setor público, beneficiando a sociedade como um todo.

5.2.2 Cenários não determinísticos

No exemplo apresentado nessa dissertação, considera-se que os valores das diversas entradas e saídas, ou seja, os critérios utilizados no processo de tomada de decisão, podem ser definidos com precisão.

Entretanto, segundo Werner Heisenberg (1901 - 1976), o renomado físico alemão, o futuro não pode ser antevisto, portanto, todas as afirmações sobre ele contém necessariamente uma certa dose de incerteza. Como projetos requerem o planejamento de conjuntos de atividades que serão desempenhadas no futuro, eles estão necessariamente repletos de incertezas. Observe que a maior parte das afirmações que são feitas sobre um projeto, são, na realidade, estimativas, desejos ou intenções, cujo resultado só será conhecido quando do término (mesmo que parcial) das suas atividades (RAYDUGIN, 2013).

Portanto, a seleção eficiente de projetos de TIC requer, na realidade, o uso de modelos que considerem a existência dessas incertezas. Deixamos como sugestão a possível extensão do método proposto nesta dissertação para acomodar as incertezas que são comuns em todos os projetos de TIC. Pode ser importante mencionar que (GHAPANCHI et al., 2012) apresenta algumas ideias nesse sentido ao propor um modelo que utiliza a lógica fuzzy para a

seleção eficiente de projetos de TIC. Ver Seção 4.

5.2.3 Métodos ágeis

Nesses últimos anos, os métodos ágeis tem despertado a atenção de profissionais de TIC tanto no setor público quanto no privado (KUMAR; BHATIA, 2014). Aqueles que advogam o uso desses métodos alegam que eles propiciam uma maior interação entre os usuário e desenvolvedores, facilitando o aprendizado e a detecção de problemas nos seus estágios iniciais. Além disso, os métodos ágeis aumentam o valor do projeto para as organizações ao antecipar a entrega de partes do sistema que propiciam o retorno parcial dos investimentos realizados (WYSOCKI, 2011).

A identificação de sequências de implementação (*releases*) eficientes utilizando os métodos ágeis não é uma tarefa fácil, uma vez que ao abrir mão do planejamento global daquilo que precisa ser realizado, os métodos ágeis valorizam a otimização local dos investimentos em detrimento de uma otimização global. Isso se deve a crença de que um planejamento global não pode ser feito, é muito custoso ou conteria muitas incertezas (WATERS, 2007; SHARMA; SARKAR; GUPTA, 2012).

Todavia, diante do aumento da competição em muitos mercados, as organizações têm procurado realizar mais com o mesmo nível de investimento ou realizar o mesmo com menos investimento. Portanto, a seleção de projetos eficientes de TIC, em ambientes ágeis, se torna uma questão relevante tanto para pesquisadores em engenharia de *software* como para desenvolvedores de sistemas.

Em consequência, seria de interesse das organizações que propostas

fossem apresentadas neste sentido. Acreditamos que o método apresentado no corpo da dissertação poderia ser utilizado como ponto de partida para a realização dessas propostas.

5.2.4 Projetos com muitos subprojetos

Apesar das virtudes que o método apresentado no corpo dessa dissertação possa conter, o seu uso pode apresentar dificuldades quando aplicado na avaliação de vários projetos ou de projetos que possuam uma quantidade elevada de subprojetos. Essa limitação se deve ao fato de o método identificar de forma exaustiva todas as possíveis sequências de implementação. Como o número de sequências cresce rapidamente com a quantidade de projetos ou de subprojetos que estão sendo analisados, a aplicação do método nesse contexto demandaria um esforço computacional considerável.

Para minimizar esse problema, Alencar et al. (ALENCAR et al., 2014) sugerem o uso de amostras associadas ao trabalho de Kolmogorov sobre intervalos de confiança para funções de distribuição de probabilidade (KOLMOGOROV, 1933; KOLMOGOROFF, 1941). Entretanto, a utilização dessas ideias no contexto do método apresentado nessa dissertação apresenta dificuldades uma vez que o trabalho de Alencar et al. se concentra na identificação da melhor sequência de implementação do ponto de vista financeiro e não da mais eficiente.

A utilização de amostras para estimar o índice de eficiência relativa propiciado pelo DEA é objeto de estudo de alguns autores, tais como (BANKER, 1993), (SIMAR; WILSON, 2000), (BANKER; NATARAJAN, 2011) e outros, que ao longo do tempo estabeleceram condições nas quais testes estatísticos podem ser aplicados a esse índice.

Para o caso geral, (SIMAR; WILSON, 2002), (SIMAR; WILSON, 2011), (SADJADI; OMRANI, 2010) e (NICOLA; GITTO; MANCUSO, 2012) sugerem o uso de *bootstrap*, um método baseado em técnicas de reamostragem que pode ser utilizado para estimar os mais diversos parâmetros de uma população (CLIFFORD, 2000).

Entretanto, mais investigações precisam ser feitas para se determinar como essas ideias podem ser utilizadas para tornar mais abrangente o método proposto no corpo dessa dissertação.

5.2.5 Desenvolver ferramenta de *software* que automatize o método apresentado

Em muitos casos os tomadores de decisão podem não estar familiarizados ou não possuir o conhecimento necessário para a execução dos cálculos relativos ao DEA, AHP e IFM (ver Capítulo 2). Adicionalmente, mesmo para os tomadores de decisão que dominam os modelos matemáticos dessas ferramentas, a grande quantidade de cálculos e sequências a serem avaliadas pode inviabilizar a aplicação do método proposto nessa dissertação no mundo real.

O desenvolvimento de uma ferramenta de *software* que automatize, mesmo que parcialmente, o método apresentado no corpo dessa dissertação permitiria que uma quantidade maior de usuários em potencial pudessem se beneficiar do seu uso.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. et al. On the merits and pitfalls of the incremental funding method and its software project scheduling algorithms. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, v. 292, p. 493–502, 2012.
- ALENCAR, A. J. et al. A statistical approach for the maximization of the financial benefits yielded by a large set of MMFs and AEs. *Computing and Informatics*, Oxford, v. 32, n. 6, p. 1147–1169, 2014.
- ALENCAR, A. J. et al. Evaluating the efficiency in which risk is managed in a portfolio of it projects: A data envelopment analysis approach. *Journal of Software*, Road Town, Tortola, British Virgin Islands, v. 7, n. 1, p. 186–195, 2012.
- ALENCAR, A. J. et al. Unleashing the potential impact of nonessential self-contained software units and flexible precedence relations upon the value of software. *Journal of Software*, Road Town, Tortola, British Virgin Islands, v. 6, n. 12, p. 2500–2507, 2011.
- ALMEIDA, E. C. E. de. *O Portal de Periódicos da Capes: estudo sobre a sua evolução e utilização, 2009*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) — Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS, Universidade de Brasília - UNB.
- ARLBJØRN, J. S.; DAMGAARD, T.; HAUG, A. The network experience: New value from smart business networks. Springer, Berlin, p. 249–266, Novembro 2009.
- ASOSHEH, A.; NALCHIGAR, S.; JAMPORAZMEY, M. Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach. *Expert Systems with Applications*, Oxford, v. 37, n. 8, p. 5931 – 5938, 2010.
- BANKER, R. D. Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation. *Management science*, Catonsville, Maryland, v. 39, n. 10, p. 1265–1273, 1993.
- BANKER, R. D.; NATARAJAN, R. Statistical tests based on DEA efficiency scores. Springer, New York, p. 273–295, 2011.
- BAUMGARTEN, J.; CHUI, M. E-government 2.0. *McKinsey Quarterly*, Stamford, v. 4, n. 2, p. 26–31, 2009.

- BIDANDA, B.; SABUNCUOGLU, I.; KARA, B. *Industrial engineering non-traditional applications in international settings*. Abingdon: Taylor & Francis, 2014. ISBN 9781482226874.
- CAO, L. et al. Adapting funding processes for agile IT projects: an empirical investigation. *European Journal of Information Systems*, Palgrave, Basingstoke, v. 22, n. 2, p. 191–205, March 2013.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, Oxford, v. 2, n. 6, p. 429 – 444, 1978.
- CHEN, Y. et al. Evaluation of information technology investment: a data envelopment analysis approach. *Computers & Operations Research*, Oxford, v. 33, n. 5, p. 1368–1379, May 2006.
- CHO, W. J. *IT portfolio selection and IT synergy*. Tese (Business Administration Ph.D.) — Business Administration Program, University of Illinois, Champaign, August 2010.
- CLIFFORD, E. *Data analysis by resampling: concepts and applications*. Pacific Grove: Duxbury Press, 2000.
- COOPER, W.; KINGYENS, A. T.; PARADI, J. C. Two-stage financial risk tolerance assessment using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, Oxford, v. 233, n. 1, p. 273 – 280, 2014.
- COOPER, W.; SEIFORD, L.; TONE, K. *Introduction to data envelopment analysis and its uses*. New York: Springer, 2006.
- COOPER, W.; SEIFORD, L.; ZHU, J. *Handbook on data envelopment analysis*. Abingdon: Taylor & Francis, 2004. (International Series in Operations Research & Management Science).
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. In: COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (Ed.). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York: Springer, 2011. p. 1 – 39.
- COSTANTINO, N. et al. Supplier selection in the public procurement sector via a data envelopment analysis approach. In: IEEE. *MEDITERRANEAN CONFERENCE ON CONTROL & AUTOMATION, 19., 2011*, Corfu. *Proceedings...* New York: IEEE, 2011. p. 236–241.
- DEEK, F. P.; MCHUGH, J. A.; ELJABIRI, O. M. *Strategic software engineering: an interdisciplinary approach*. Boca Raton: CRC Press, 2005.

DENNE, M.; CLELAND-HUANG, J. Financially informed requirements prioritization. In: ACM. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING (ICSE), 27., 2005*, St. Louis. *Proceedings...* New York: ACM Press, 2005. p. 710–711.

DRNEVICH, P. L.; CROSON, D. C. Information technology and business-level strategy: toward an integrated theoretical perspective. *MIS Quarterly*, Minneapolis, v. 37, n. 2, p. 483 – 510, June 2013.

EMROUZNEJAD, A.; PARKER, B. R.; TAVARES, G. Evaluation of research in efficiency and productivity: a survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, Oxford, v. 42, n. 3, p. 151 – 157, 2008.

EROL, Ö.; KILKIŞ, B. An energy source policy assessment using analytical hierarchy process. *Energy Conversion and management*, Oxford, v. 63, p. 245–252, 2012.

FOX, W. Phase targeting of terrorist attacks: Simplifying complexity with AHP and TOPSIS. *Journal of Defense Management*, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 2–6, 2014.

GATTI, S. *Project finance in theory and practice*. 2. ed. Waltham: Academic Press, 2012.

GHAPANCHI, A. H. et al. A methodology for selecting portfolios of projects with interactions and under uncertainty. *International Journal of Project Management*, Oxford, v. 30, n. 7, p. 791 – 803, 2012.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. *An introduction to systematic reviews*. Los Angeles: SAGE Publications, 2012.

HARZING, A. *The publish or perish book: your guide to effective and responsible citation analysis*. Melbourne: Tarma Software Research Pty Limited, 2010.

HOGG, R. Local health department efficiency: A data envelopment analysis. In: APHA. *ANNUAL MEETING AND EXPOSITION, 141., 2013*, Boston. *Proceedings...* Washington: APHA, 2013.

HOTHO, A. et al. Bibsonomy: A social bookmark and publication sharing system. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL STRUCTURES, 14., 2006*, Sheffield. *Proceedings...* Aalborg: Aalborg University Press, 2006. p. 87–102.

- HSIEH-YEE., I. *Google scholar and its competitors: accessing scholarly resources on the web*. Oxfordshire: Chandos Publishing, 2012.
- HUBBARD, D. *How to measure anything: finding the value of intangibles in business*. Hoboken: Wiley, 2014.
- IRANI, Z.; LOVE, P. E. D.; MONTAZEMI, A. E-government: Past, present and future. *European Journal of Information Systems*, London, v. 16, n. 2, p. 103–105, 2007.
- JIA, S.; LI, D.; WANG, Q. IT project investment decision analysis under open loop equilibrium. In: YU YUN LIU, G. Y. F. (Ed.). *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS AND APPLICATIONS (IISA), 2009*, Phoenix. *Proceedings...* Oulu: Academy Publisher, 2009. p. 280–284.
- KAPLAN, R.; NORTON, D. *The balanced scorecard: translating strategy into action*. Watertown: Harvard Business School Press, 1996. (Harvard Business School Press).
- KAPLAN, R.; NORTON, D. *Strategy maps: converting intangible assets into tangible outcomes*. Watertown: Harvard Business School Press, 2004.
- KNEE, M. *Computer science and computing: a guide to the literature*. Westport: Libraries Unlimited, Incorporated, 2006. (Reference Sources in Science and Technology Series).
- KOLMOGOROFF, A. Confidence limits for an unknown distribution function. *The Annals of Mathematical Statistics*, New York, v. 12, n. 4, p. 461–463, 1941.
- KOLMOGOROV, A. N. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell'Istituto Italiano Degli Attuari*, Roma, n. 4, p. 1–11, 1933.
- KRUCHTEN, P. Software architecture and agile software development: a clash of two cultures? In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING (ICSE), 32., 2010*, Cape Town. *Proceedings...* New York: ACM/IEEE, 2010. p. 497–498.
- KUKREJA, N.; BOEHM, B. Integrating collaborative requirements negotiation and prioritization processes: A match made in heaven. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE AND SYSTEMS PROCESS (ICSSP), 2013*, San Francisco. *Proceedings...* New York: ACM, 2013. p. 141 – 145.

KUMAR, G.; BHATIA, P. Comparative analysis of software engineering models from traditional to modern methodologies. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED COMPUTING COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ACCT), 4., 2014*, Rohtak. *Proceedings...* New York: IEEE, 2014. p. 189–196.

LANCHEROS-CUESTA, D. J.; CARRILLO, A. R.; PAVLICH, J. M. Content adaptation for students with learning difficulties: design and case study. *International Journal of Web Information Systems*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, v. 10, n. 2, p. 1–1, 2014.

LI, H. et al. Citeseerx: an architecture and web service design for an academic document search engine. In: *INTERNATIONAL WORLD WIDE WEB CONFERENCE, 14., 2006*, Madrid. *Proceedings...* New York: ACM, 2006. p. 883–884.

LI, X. Managerial entrenchment with strategic information technology: A dynamic perspective. *Journal of Management Information Systems*, [s.l.], v. 25, n. 4, p. 183–204, Spring 2009.

LIU, J. S. et al. A survey of DEA applications. *Omega*, Oxford, v. 41, n. 5, p. 893 – 902, 2013.

LUFTMAN, J.; ZADEH, H. S. Key information technology and management issues 2010 - 11: an international study. *Journal of Information Technology*, Basingstoke, v. 26, n. 3, p. 193–204, 2011.

MANSOR, M. et al. Hybrid natural and glass fibers reinforced polymer composites material selection using analytical hierarchy process for automotive brake lever design. *Materials & Design*, Oxford, v. 51, p. 484–492, 2013.

MCKEAN, D. *IT strategy & technology innovation*. London: Bookboon, 2013.

MYERS, S. C. *On the interaction of corporate financing and investment decisions and the weighted average cost of capital*. Charleston: Nabu Press, 2011.

NALCHIGAR, S.; NASSERZADEH, S. In: IEEE. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 2009*, Hong Kong. *Proceedings...* New York: IEEE, 2009. p. 1653–1657.

- NICOLA, A. D.; GITTO, S.; MANCUSO, P. Uncover the predictive structure of healthcare efficiency applying a bootstrapped data envelopment analysis. *Expert Systems with Applications*, Oxford, v. 39, n. 12, p. 10495–10499, 2012.
- OLIVEIRA, A. Método da taxa interna de retorno - caso de taxas múltiplas. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 19, p. 87–90, 1979.
- PARADI, J. C.; ROUATT, S.; ZHU, H. Two-stage evaluation of bank branch efficiency using data envelopment analysis. *Omega*, Elsevier, Oxford, v. 39, n. 1, p. 99–109, 2011.
- PEFFERS, K.; SANTOS, B. L. D. Research opportunities in information technology funding and system justification. *European Journal of Information Systems*, London, v. 22, n. 2, p. 131–138, 2013.
- POOLE, D. *Linear algebra: a modern introduction*. 2. ed. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2005. 252–361 p.
- QUEIROZ, M. et al. A framework to support investment decisions using multi-criteria and under uncertainty in IT service portfolio management. In: KIRIHA, L. G. Y.; MEDHI, D. (Ed.). *Network Operations and Management Symposium (NOMS)*. Osaka: IEEE/IFIP, 2010. p. 103–110.
- RAYDUGIN, Y. *Project risk management: essential methods for project teams and decision makers*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.
- RIEMPP, G.; GIEFFERS-ANKEL, S. Application portfolio management: a decision-oriented view of enterprise architecture. *Information Systems and e-Business Management*, New York, v. 5, n. 4, p. 359 – 378, 2007.
- ROSACKER, K. M.; OLSON, D. L. An empirical assessment of IT project selection and evaluation methods in state government. *Project Management Journal*, Malden, v. 39, n. 1, p. 49–58, 2008.
- ROSANO-PEÑA, C. et al. A measure of sustainability of brazilian agribusiness using directional distance functions and data envelopment analysis. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Taylor & Francis, Abingdon, p. 1–13, 2014.
- SAATY, T. *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*. 3. ed. Pittsburgh: RWS Publications, 2013.
- SAATY, T.; VARGAS, L. *Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. New York: Springer, 2013. (International Series in Operations Research & Management Science).

- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, [s.l.], v. 1, p. 83–98, 2008.
- SADJADI, S.; OMRANI, H. A bootstrapped robust data envelopment analysis model for efficiency estimating of telecommunication companies in Iran. *Telecommunications Policy*, Oxford, v. 34, n. 4, p. 221 – 232, 2010.
- SÁNCHEZ, M. A.; MAÇADA, A. C. G.; SAGARDOY, M. del V. A strategy-based method of assessing information technology investments. *International Journal of Managing Projects in Business*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, v. 7, n. 1, p. 43–60, 2013.
- SCHEEL, H. *EMS: Efficiency Measurement System A Data Envelopment Analysis (DEA) Software*. 2000. Informação disponível em: <http://www.holger-scheel.de/ems>. Acesso em 4 de nov. de 2013.
- SCHNIEDERJANS, M. J.; HAMAKER, J. L.; SCHNIEDERJANS, A. M. *Information technology investment: decision-making methodology*. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2010.
- SCHWALBE, K. *Information technology project management, revised*. Boston: Cengage Learning, 2010.
- SHAIK, M. N.; ABDUL-KADER, W. Transportation in reverse logistics enterprise: a comprehensive performance measurement methodology. *Production Planning & Control*, Abingdon, v. 24, n. 6, p. 495–510, 2013.
- SHARMA, S.; SARKAR, D.; GUPTA, D. Agile processes and methodologies: A conceptual study. *International Journal on Computer Science and Engineering*, Kancheepuram, v. 4, n. 5, 2012.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. Statistical inference in nonparametric frontier models: the state of the art. *Journal of productivity analysis*, New York, v. 13, n. 1, p. 49–78, 2000.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. Non-parametric tests of returns to scale. *European Journal of Operational Research*, Oxford, v. 139, n. 1, p. 115–132, 2002.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. Performance of the bootstrap for DEA estimators and iterating the principle. In: *Handbook on data envelopment analysis*. New York: Springer, 2011. p. 241–271.
- STEVENSON, H. D. Information and communications technology in UK schools: An independent inquiry. *The Independent ICT in Schools Commission*, 1997. Informação disponível em:

<http://rubble.heppell.net/stevenson/ICT.pdf>. Acesso em 27 de nov. de 2014.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. A review of applications of analytic hierarchy process in operations management. *International Journal of Production Economics*, Oxford, v. 138, n. 2, p. 215 – 241, 2012.

WATERS, K. *Disadvantages of Agile Development - All About Agile*. 2007. Disponível em: <http://www.allaboutagile.com/disadvantages-of-agile-development>. Acesso em 8 de jul. de 2014.

WEST, D. M. E-government and the transformation of service delivery and citizen attitudes. *Public administration review*, John Wiley & Sons, Malden, v. 64, n. 1, p. 15–27, 2004.

WYSOCKI, R. *Effective project management: traditional, agile, extreme*. Hoboken: Wiley, 2011.

YESCOMBE, E. R. *Principles of project finance*. 2. ed. Waltham: Academic Press, 2013.

ZANDI, F.; TAVANA, M. A multi-attribute group decision support system for information technology project selection. *International Journal of Business Information Systems*, Olney, Buckinghamshire, v. 6, n. 2, p. 179–199, 2010.