



AVALIAÇÃO DE MELHORIAS EM PROCESSOS DE SOFTWARE DURANTE A EXECUÇÃO DE UM PROJETO

Mylene Lisbôa Cabral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha
Gleison dos Santos Souza

Rio de Janeiro
Maio de 2012

AVALIAÇÃO DE MELHORIAS EM PROCESSOS DE SOFTWARE DURANTE A
EXECUÇÃO DE UM PROJETO

Mylene Lisbôa Cabral

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

Prof.^a Ana Regina Cavalcanti da Rocha, D. Sc.

Prof. Gleison dos Santos Souza, D. Sc.

Prof. Toacy Cavalcante de Oliveira, D. Sc.

Prof.^a Tayana Uchôa Conte, D. Sc.

Prof.^a Renata Mendes de Araujo, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MAIO DE 2012

Cabral, Mylene Lisbôa

Avaliação de Melhorias em Processos de Software Durante a Execução de um Projeto/ Mylene Lisbôa Cabral. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XV, 194 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Gleison do Santos Souza

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 132-138.

1. Melhoria de processos de software. 2. Análise decisória multicriterial. 3. Modos de vibração. I. Rocha, Ana Regina Cavalcanti *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

*Aos meus amados pais, meus maiores mestres.
Ao meu amor, Reinaldo, meu grande incentivador.
À Ana Regina, minha orientadora no mestrado e na vida.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que, nos momentos mais desacreditados, estendeu Sua mão e me reergueu.

Aos meus queridos pais, Mauro e Dagmar, que, sempre movidos pelo amor incondicional, nunca mediram esforços para oferecer a mim e a meus irmãos a melhor educação possível. Sempre presentes, mesmo quando estávamos distantes fisicamente, nunca deixaram de me confortar nos momentos de angústia e de vibrar com cada conquista. Meu amor e minha eterna gratidão.

Ao meu grande amor, meu marido, Reinaldo, que acreditou, antes de mim mesma, que eu seria capaz de iniciar e concluir esta jornada. Com seu amor, compreendeu e me apoiou nos momentos de estresse, que não foram poucos. Obrigada pelo incentivo, pelas orientações e, principalmente, por me fazer feliz.

Aos meus irmãos, Samya e Mauro, pelo companheirismo e união. Juntos somos uma fortaleza.

As minhas amadas sobrinhas, Lavínia e Ingrid, que dão a minha vida a leveza necessária.

A minha querida avó “Zefinha” (*in memoriam*) e a minha tia “Ditinha”, que, em momentos muito importantes, também auxiliaram na minha educação. Muito obrigada.

Aos meus sogros, Reinaldo e Izalina, que torceram por mim nesta caminhada.

Aos meus cunhados e demais familiares, que sempre apoiaram e souberam compreender a minha ausência.

À Ana Regina, que não apenas orientou o meu trabalho, mas a minha vida, fazendo-me enfrentar certos medos. Meu carinho e minha imensa gratidão pelos valiosos ensinamentos e pelas oportunidades oferecidas no âmbito acadêmico e profissional.

Ao meu coorientador Gleison, que, mesmo antes de ser oficialmente meu coorientador, dedicou parte do seu tempo ao meu trabalho e compartilhou seu conhecimento.

À minha amiga Cláudia, que, mesmo distante, acompanha a minha vida e torce pelo meu sucesso.

À Maíra e à Simone, meu porto seguro quando preciso voltar ao Rio de Janeiro. Muito obrigada pela amizade, carinho e acolhimento.

À Taísa Guidini, meu anjo dentro da COPPE, que, sempre prestativa, reduziu a distância Maceió-Rio nos momentos finais deste trabalho. Muito obrigada.

Aos professores Tayana, Renata e Toacy, por aceitarem participar da banca.

Aos amigos e colegas do LENS/COPPE, Tayana, Elaine, Natália, Marcelo Schots, Ahilton, Andrea, Carlos Simões, Marcelo Mello, Mariano, Analia, David, Cristina e Adler pela amizade e conhecimento compartilhado. Em especial ao Fabrício e ao Thiago, meus companheiros do início ao fim.

Aos que se dispuseram a participar da avaliação conduzida neste trabalho. Obrigada pela compreensão e colaboração.

Aos funcionários do PESC pela ajuda com os procedimentos administrativos, sempre que foi necessário.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

AVALIAÇÃO DE MELHORIAS EM PROCESSOS DE SOFTWARE DURANTE A EXECUÇÃO DE UM PROJETO

Mylene Lisbôa Cabral

Maio/2012

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Gleison dos Santos Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Esta dissertação apresenta uma proposta de apoio à avaliação de alterações no processo definido para um projeto que se encontra em execução por meio de análise decisória multicriterial. Espera-se que, com este trabalho, membros do Grupo de Processos de uma organização de desenvolvimento de software sejam capazes de avaliar, por meio de um método de apoio à tomada decisão, se é vantajoso implantar as melhorias realizadas no processo padrão no processo definido para um projeto já em execução. A proposta foi avaliada por meio de estudo de caso executado em três organizações de desenvolvimento de software. Os resultados dos estudos revelaram indícios de que a proposta é útil e de fácil utilização.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EVALUATION OF SOFTWARE PROCESS IMPROVEMENTS DURING THE
EXECUTION OF A PROJECT

Mylene Lisboa Cabral

Maio/2012

Advisors: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Gleison dos Santos Souza

Department: Systems and Computing Engineering

This work presents proposal to support the evaluation of changes in the process defined for an ongoing project supported by multicriteria decision techniques. We expect that members of the Software Engineering Process Group of an organization are able to evaluate, through a method to support decision making, whether is advantageous to implement the improvements undertaken in the standard process in the defined process of an ongoing project. The proposed approach was evaluated through a case study performed in three software development organizations. The results indicate that the approach is useful and easy to use.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - Introdução.....	1
1.1. Motivação	1
1.2. Objetivo	3
1.3. Metodologia de Pesquisa	4
1.4. Breve Histórico.....	6
1.5. Estrutura da Dissertação	6
CAPÍTULO 2 - Apoio à Avaliação do Impacto da Alteração do Processo em Execução	8
2.1. Introdução	8
2.2. Trabalhos Identificados	11
2.2.1. <i>PIE (Process Instance Evolution)</i>	11
2.2.2. <i>PROMPT (PROject Management of Process Tradeoffs)</i>	11
2.3. Análise Crítica dos Trabalhos	13
2.4. Considerações Finais	14
CAPÍTULO 3 - Apoio Multicritério à Tomada de Decisão	15
3.1. Introdução	15
3.2. Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão	16
3.3. Procedimento para Seleção do Método AMD Adequado	18
3.3.1. <i>Seleção dos Métodos AMD Candidatos</i>	18
3.3.2. <i>Seleção do Método AMD Adequado</i>	23
3.4. Utilização do Procedimento	23
3.4.1. <i>Seleção dos Métodos AMD Candidatos</i>	24
3.4.2. <i>Descrição dos Métodos AMD Candidatos</i>	27
3.4.2.1. <i>Soma Ponderada</i>	27
3.4.2.2. <i>TOPSIS</i>	28
3.4.2.3. <i>MAVT</i>	30
3.4.2.4. <i>SMART</i>	31
3.4.2.5. <i>AHP</i>	33
3.4.2.6. <i>EVAMIX</i>	38
3.5.1.1. <i>ELECTRE I</i>	40

3.5.1.2. <i>ELECTRE II</i>	43
3.5.1.3. <i>ELECTRE III</i>	45
3.5.1.4. <i>ELECTRE IS</i>	47
3.5.1.5. <i>PROMETHEE I</i>	48
3.5.1.6. <i>PROMETHEE II</i>	51
3.5.2. <i>Seleção do Método AMD Adequado</i>	52
3.6. Considerações Finais	57
CAPÍTULO 4 - Avaliação de Alterações em um Processo em Execução Utilizando o Método TOPSIS	58
4.1. Introdução.....	58
4.2. Processo de Tomada de Decisão para Melhoria em Processos	60
4.2.1. <i>Estruturação</i>	65
4.2.2. <i>Avaliação</i>	66
4.2.3. <i>Recomendações</i>	69
4.3. A Proposta de Solução.....	71
4.3.1. <i>Avaliar Impacto da Alteração no Processo Padrão</i>	71
4.3.2. <i>Avaliar Impacto da Alteração nos Processos Definidos em Execução</i>	76
4.3.3. <i>Monitorar Efeitos da Alteração no Processo Padrão</i>	78
4.4. Mecanismo de Apoio à Tomada de Decisão	81
4.5. Cenário Ilustrativo	86
4.6. Considerações Finais	95
CAPÍTULO 5 - Avaliação da Proposta	96
5.1. Introdução.....	96
5.2. Planejamento do Estudo de Caso.....	96
5.2.1. <i>Ameaças à Validade</i>	98
5.3. Execução do Estudo de Caso.....	99
5.3.1. <i>Primeiro Estudo de Caso</i>	100
5.3.2. <i>Segundo Estudo de Caso</i>	109
5.3.3. <i>Terceiro Estudo de Caso</i>	115
5.4. Análise e Interpretação dos Resultados	122
5.5. Melhorias Implementadas.....	126
5.6. Considerações Finais	127
CAPÍTULO 6 - Conclusão	129

6.1. Considerações Finais	129
6.2. Contribuições.....	130
6.3. Limitações	130
6.4. Perspectivas Futuras	130
Referências Bibliográficas	132
APÊNDICE A - Estudo de Mapeamento Sistemático	139
APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	183
APÊNDICE C - Modelos dos Formulários de Avaliação da Proposta	185
APÊNDICE D - Avaliação da Proposta.....	191

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Esquema de um método MCDA/MCDM (GUITOUNI e MARTEL, 1998)	17
Figura 3.2 - Distâncias Euclidianas das Alternativas à Solução Ideal e à Solução Indesejável (YOON e HWANG, 1995).....	29
Figura 3.3 - Estrutura do AHP (SAATY e VARGAS, 2001)	34
Figura 3.4 - Exemplo de uma matriz de comparações com 4 critérios (COYLE, 2004a)	36
Figura 3.5 - Exemplo de cálculo de autovetor (COYLE, 2004a).....	36
Figura 3.6 - Exemplo de uma matriz de avaliação de dados mistos (VOOGD, 1983) ..	38
Figura 3.7- Exemplo de grafo do método ELECTRE I.....	43
Figura 3.8 - Fluxos de subordinação do PROMETHEE (BRANS e MARESCHAL, 2005).....	51
Figura 4.1 - Processo de tomada de decisão com TOPSIS.....	64
Figura 4.2 - Visão geral da solução proposta	72
Figura 4.3 - Fase de Estruturação	82
Figura 4.4 - Fase de Avaliação	83
Figura 4.5 - Análise de Sensibilidade dos pesos de um critério	85
Figura 4.6 - Fase de Recomendações	85
Figura 4.7 - Preenchimento da aba referente à fase de Estruturação do processo de tomada de decisão.....	87
Figura 4.8 - Modelo de decisão gerado pelo Decisor 1	88
Figura 4.9 - Modelo de decisão gerado pelo Decisor 2.....	88
Figura 4.10 - Modelo de decisão gerado pelo Decisor 3.....	89
Figura 4.11 - Análise de Sensibilidade do modelo de decisão gerado pelo Decisor 1 ...	89
Figura 4.12 - Análise de Sensibilidade do modelo de decisão gerado pelo Decisor 3...	90
Figura 4.13 - Recomendações	91
Figura 4.14 - Modelo de decisão para o processo definido.....	93
Figura 4.15 - Gráfico para análise de sensibilidade do critério Custo.....	93
Figura 5.1 - Fase de Estruturação (Organização A)	102
Figura 5.2 - Modelo de decisão gerado pelo Participante A-1	104
Figura 5.3 - Modelo de decisão gerado pelo Participante A-2	105

Figura 5.4 - Análise de Sensibilidade do critério "Risco de falta de controle na gerência de mudança" (Participante - A1)	106
Figura 5.5 - Análise de Sensibilidade do critério "Risco de falta de controle na gerência de mudança" (Participante -A2)	106
Figura 5.6 - Recomendações geradas para a Organização A	107
Figura 5.7 - Modelo de decisão gerado pelo Participante A-1 para avaliação do projeto	108
Figura 5.8 - Análise de Sensibilidade do critério "Custo de execução" (Participante - A1).....	109
Figura 5.9 - Fase de Estruturação (Organização B).....	112
Figura 5.10- Modelo de decisão gerado pelo Participante B-1	114
Figura 5.11 - Análise de Sensibilidade do critério " Detecção de Defeitos " (Participante - B1).....	115
Figura 5.12 - Fase de Estruturação (Organização C).....	117
Figura 5.13 - Modelo de decisão gerado pelo Participante C-1	118
Figura 5.14 - Modelo de decisão gerado pelo Participante C-2	119
Figura 5.15 - Análise de Sensibilidade do critério "Custo de Configuração" (Participante - C1).....	120
Figura 5.16 - Análise de Sensibilidade do critério "Usabilidade" (Participante - C2) .	120
Figura 5.17 - Recomendações geradas para a Organização C.....	121
Figura 5.18 - Resposta sobre a viabilidade do tempo de execução	122
Figura 5.19 - Resposta sobre como a proposta auxiliou na identificação do processo mais adequado	123
Figura 5.20 - Resposta sobre futura utilização da proposta.....	123
Figura 5.21 - Resposta sobre o grau de dificuldade	124
Figura 5.22 - Comentário informativo sobre a escolha dos critérios conflitantes.....	126
Figura 5.23 - Comentário informativo sobre a orientação dos pesos dos critérios	127
Figura 5.24 - Instruções sobre a condução da Análise de Sensibilidade.....	127

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Caracterização das propostas selecionadas	10
Tabela 3.1 - Diretrizes para escolha do método AMD	19
Tabela 3.2 - Tabela comparativa de métodos AMD com base nas diretrizes de 2 a 7 (adaptada de (GUITOUNI e MARTEL, 1998))	21
Tabela 3.3 - Justificativas para as características específicas estabelecidas para o método AMD.....	23
Tabela 3.4 - Características necessárias ao método AMD	24
Tabela 3.5 - Tabela comparativa de métodos AMD.....	26
Tabela 3.6 - Exemplo de matriz de avaliação multicritério (TRIANAPHYLLOU e BAIG, 2005)	27
Tabela 3.7 - Escala Fundamental de Saaty (SAATY e VARGAS, 2001).....	35
Tabela 3.8 - Índice Randômico Médio do AHP para matrizes quadradas de ordem n (SAATY e VARGAS, 2001).....	37
Tabela 3.9 - Relações de subordinação no ELECTRE II	44
Tabela 3.10 - Tipos de funções de preferência (BRANS e MARESCHAL, 2005)	48
Tabela 3.11 - Características específicas estabelecidas para o método AMD.....	52
Tabela 3.12 - Caracterização do método Soma Ponderada	52
Tabela 3.13 - Caracterização do método TOPSIS	53
Tabela 3.14 - Caracterização do método MAVT	53
Tabela 3.15 - Caracterização do método SMART	53
Tabela 3.16 - Caracterização do método AHP	53
Tabela 3.17 - Caracterização do método EVAMIX	54
Tabela 3.18 - Caracterização do método ELECTRE I	54
Tabela 3.19 - Caracterização do método ELECTRE II.....	54
Tabela 3.20 - Caracterização do método ELECTRE III.....	55
Tabela 3.21 - Caracterização do método ELECTRE IS	55
Tabela 3.22 - Caracterização do método PROMETHEE I.....	55
Tabela 3.23 - Caracterização do método PROMETHEE III	56
Tabela 3.24 - Caracterização dos métodos AMD candidatos.....	56
Tabela 5.1- Nomenclatura adotada para distinguir organizações e membros do grupo de processos.....	100
Tabela 5.2 - Caracterização dos membros do Grupo de Processos da Organização A	100

Tabela 5.3 - Aspectos considerados pelos participantes da Organização A na escolha do processo mais apropriado	101
Tabela 5.4 - Escala adotada para os critérios da Organização A.....	103
Tabela 5.5 - Critérios de comparação no âmbito do projeto	107
Tabela 5.6 - Caracterização do membro do Grupo de Processos da Organização B ...	110
Tabela 5.7 - Aspectos considerados pelo participante da Organização B na escolha do processo mais apropriado	111
Tabela 5.8 - Escala adotada para os critérios da Organização B.....	113
Tabela 5.9 - Caracterização dos membros do Grupo de Processos da Organização C	115
Tabela 5.10 - Aspectos considerados pelos participantes da Organização C na escolha do processo mais apropriado	116
Tabela 5.11 - Tempo despendido por cada participante.....	123
Tabela 5.12 - Comparativo dos critérios considerados sem e com a utilização da proposta	125

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta as principais questões que motivaram a realização deste trabalho, o objetivo principal e os específicos a serem atingidos com a sua realização, além da estrutura como este trabalho encontra-se organizado.

1.1. Motivação

Processos de software são orientados a pessoas e, conseqüentemente, suscetíveis a desempenho e comportamento indesejados ou inesperados. Por esta razão, eles devem ser continuamente avaliados para que seja possível identificar oportunidades de melhoria (FUGGETTA, 2000).

A melhoria contínua de processos pode ser orientada pelo ciclo PDCA, que foi proposto por Walter Shewart e amplamente difundido por William Edwards Deming (OLIVEIRA, 2003). O ciclo é composto por quatro fases: *Plan* (planejar), *Do* (executar), *Check* (verificar) e *Act* (agir). A fase *Plan* foca na identificação do problema, análise do processo atual e definição do plano de ação para melhoria do processo. Na fase *Do*, o plano de ação definido é executado e controlado. Em *Check*, verificações são realizadas de modo a identificar possíveis ajustes e extrair lições aprendidas. Finalmente, na fase *Act*, deve-se atuar corretivamente para fundamentar um novo ciclo, garantindo, assim, a melhoria contínua.

Para que a melhoria contínua seja viável, é fundamental que os processos executados na organização sejam definidos com base em processos padrão¹ e em suas diretrizes de adaptação (SEI, 2010; SOFTEX, 2011a). Esta padronização permite que, a partir da execução dos projetos, a organização adquira conhecimento sobre seus processos e que as melhorias implementadas sejam percebidas por toda a organização (SOFTEX, 2011a).

Inspirados no ciclo PDCA, modelos que tratam da melhoria de processos de software, tais como CMMI (SEI, 2010) e MR-MPS (SOFTEX, 2011a), sugerem a

¹ Processos padrão são ativos de processos organizacionais que consistem de um conjunto de definições de processos básicos que guiam todos os processos da organização (ISO/IEC, 2004).

evolução gradativa e contínua dos processos padrão de software. Importantes fontes de identificação de oportunidades de melhoria são (SOFTEX, 2011b):

- Medidas de desempenho que avaliam a capacidade dos processos;
- Avaliações oficiais MPS (MA-MPS) ou do CMMI (SCAMPI A, B ou C);
- Informações obtidas da equipe de implementadores dos processos padrão;
- Resultados de avaliações de produtos de trabalho gerados pelos processos;
- Resultados de *benchmarking* relacionados a processos de outras organizações;
- Lições aprendidas coletadas ao longo das implementações dos processos;
- Avaliações *post mortem*.

A melhoria em processos pode acontecer em dois níveis: (i) em nível organizacional, quando a melhoria é implementada nos processos padrão da organização; e (ii) em nível de projeto, quando a melhoria é implementada no processo definido para os projetos em execução.

Sejam elas em nível organizacional ou em nível de projeto, estas melhorias devem ser controladas. Além disso, é importante que os efeitos da mudança sejam avaliados antes que ela seja efetivada (RAFFO, 2005).

Modelos de referência, como CMMI (SEI, 2010) e MR-MPS (SOFTEX, 2011a), sugerem o uso de pilotos para avaliar a efetividade da proposta de melhoria quando há riscos e incertezas associadas à efetividade das ações. Porém, além de os efeitos da mudança só serem avaliados após a conclusão do projeto, esta abordagem não é viável quando a alteração ocorre em processos definidos para projetos em execução. Neste caso, o tipo de avaliação adotado deve ser capaz de, dentro do possível para a organização, analisar, de forma rápida, os efeitos da alteração antes que ela seja realizada.

A utilização de modelos de simulação de processos de software pode ser uma alternativa à adoção de pilotos, visto que por meio deles é possível avaliar rapidamente o impacto da mudança antes que ela seja efetivada. No entanto, estudos destacam a dificuldade de se construir e manter estes modelos (RAFFO *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2007), já que, para isso, é necessário alto grau de conhecimento relacionado não só a modelos de simulação, mas também ao processo de desenvolvimento a ser modelado.

Técnicas de análise multivariada de dados também podem ser utilizadas para prever os efeitos de mudanças em processos (HAIR *et al.*, 2007). Porém, para que o erro da predição seja reduzido, é necessária uma boa (tanto em qualidade como em quantidade) base de dados históricos de execuções dos processos, o que pode ser um fator dificultante, principalmente, para as pequenas e médias empresas brasileiras.

Por se tratar de um problema de decisão, métodos multicritério de apoio à decisão (AMD) também podem ser utilizados para avaliar qual é o melhor processo padrão para a organização ou o melhor processo definido para um projeto em execução. Na área da manufatura, estes métodos são utilizados para auxiliar a seleção do melhor processo de montagem (L'EGLISE *et al.*, 2001). A vantagem destes métodos é que a sua execução não exige experiência além da que já é exigida ao papel que o decisor desempenha na organização. No entanto, a seleção do método AMD mais apropriado para o problema de decisão tem um papel crucial no sucesso do processo de tomada de decisão (AL-SHEMMERI *et al.*, 1997; GUITOUNI e MARTEL, 1998).

1.2. Objetivo

Esta dissertação tem como objetivo definir uma proposta para apoiar a avaliação prévia da alteração no processo definido para um projeto que se encontra em execução, baseada em análise decisória multicriterial. Espera-se que, com este trabalho, membros do Grupo de Processos de uma organização de desenvolvimento de software sejam capazes de avaliar, por meio de um método de apoio à tomada decisão, se é vantajoso estender as melhorias implementadas no processo padrão de desenvolvimento de software da organização aos processos definidos para os projetos em execução.

Esta proposta é baseada em métodos de apoio à tomada de decisão, cuja execução depende apenas do nível de experiência do próprio decisor, não condicionando à existência de dados históricos de execuções de processos, o que é uma grande dificuldade para as pequenas e médias empresas.

Para alcançar este objetivo são utilizados os passos do TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) (YOON e HWANG, 1995), um método multicritério de apoio à tomada de decisão para identificação da melhor solução a partir de um conjunto finito de alternativas, baseado na simultânea minimização da

distância da alternativa para um ponto ideal e maximização da distância da alternativa para um ponto anti-ideal ou indesejado.

São elementos da proposta: (i) a definição de um processo de tomada de decisão baseado nos passos do método TOPSIS; (ii) a definição de um processo de apoio à implementação de melhorias em processos; (iii) um mecanismo de apoio à execução do processo de tomada de decisão, que executa automaticamente grande parte do processo de tomada de decisão, incluindo a geração de gráficos para a condução da análise de sensibilidade dos modelos de decisão gerados por cada decisor, o que torna a proposta alinhada com o requisito de se ter uma tomada de decisão rápida, principalmente em se tratando de processos em execução.

Desta forma, espera-se que a adoção das melhorias realizadas no processo padrão da organização estenda-se aos processos de desenvolvimento definidos para os projetos em execução apenas quando se mostrar vantajosa, evitando ou reduzindo, assim, as chances de ocorrência de efeitos contrários ao que é esperado.

1.3. Metodologia de Pesquisa

De acordo com SILVA e MENEZES (2005), a pesquisa realizada nesta dissertação pode ser classificada:

- **Sob o ponto de vista da sua natureza.** Como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos.
- **Do ponto de vista de seus objetivos.** Como uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema para torná-lo explícito ou para construir hipóteses.

As etapas dessa pesquisa foram delineadas com base no caminho para um trabalho de pesquisa, definido em (WAZLAWICK, 2009). São elas:

1. Definição do tema de pesquisa
2. Revisão informal da literatura
3. Mapeamento sistemático da literatura
4. Definição dos objetivos de pesquisa
5. Definição da proposta

6. Avaliação da proposta
7. Aprimoramento da proposta

Uma vez definido como tema de pesquisa as alterações de processos de software durante a execução do projeto, foi realizada uma revisão informal da literatura, que permitiu identificar trabalhos relevantes sobre esta área de conhecimento. O passo seguinte foi a condução de um estudo de mapeamento sistemático da literatura, que objetivou a aquisição de conhecimento relacionado ao estado da arte de propostas que apoiam alterações dinâmicas em processos de software. O mapeamento possibilitou a identificação de aspectos do tema que ainda não haviam sido explorados, e desta forma, permitiu que fosse definido o objetivo de pesquisa.

A partir da definição do objetivo, iniciou-se a elaboração da proposta desta dissertação. O primeiro passo foi a comparação de 29 métodos multicritério de apoio à tomada de decisão para selecionar o método mais apropriado para avaliar alternativas de processos, conforme apresentado no Capítulo 3. Em seguida, foi definido um processo de tomada de decisão, específico para melhorias em processos, apoiado pelo método selecionado, como descrito no Capítulo 4. Também foi definido um processo contendo a visão geral da proposta para avaliar melhorias em processos durante a execução do projeto. Como o método AMD selecionado não possui ferramenta própria, nessa etapa, também foi desenvolvido um mecanismo para apoiar a execução do método multicritério de apoio à decisão, como pode ser visto no Capítulo 4.

Uma vez definida a proposta, foi possível avaliar a sua viabilidade com relação a dois aspectos: (i) utilidade percebida – grau em que uma pessoa acredita que o uso da tecnologia pode melhorar o seu desempenho; e (ii) facilidade percebida – grau em que uma pessoa acredita que o uso de uma tecnologia será livre de esforço mental e físico. Para tal, foram conduzidos três estudos de caso, cuja descrição encontra-se no Capítulo 5.

A partir dos resultados obtidos com os estudos de caso, foi possível implementar algumas melhorias na proposta inicial, conforme apresentado no Capítulo 5.

1.4. Breve Histórico

No final de 2009 foi identificada uma oportunidade de pesquisa relacionada a alterações no processo de desenvolvimento durante a execução em um projeto, a partir dos resultados da gerência quantitativa do projeto.

Com o intuito de conhecer o estado da arte em propostas de apoio à realização de alterações em processos definidos para projetos que já se encontram em execução, em 2010, foi conduzido um estudo de mapeamento sistemático (Apêndice A). Este estudo possibilitou a identificação de lacunas que poderiam ser exploradas.

Em junho de 2010, uma proposta inicial de apoio a alterações de processos em projetos em andamento foi apresentada no WTDQS – Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software de 2010, evento satélite do SBQS 2010. A proposta apresentada neste evento propunha que o impacto das alterações no processo fosse avaliado tanto quantitativamente como qualitativamente. A avaliação quantitativa seria realizada por meio da técnica de análise multivariada de dados Análise de Regressão. Já a avaliação qualitativa utilizaria um método de apoio à tomada de decisão.

Uma proposta mais evoluída, na mesma linha, porém, não mais limitada à gerência quantitativa de projetos, foi apresentada no Exame de Qualificação para mestrado, em dezembro de 2010.

Durante a evolução do trabalho, foi observado que a avaliação quantitativa, embora menos subjetiva, não poderia ser adotada pela maioria das pequenas e médias empresas de desenvolvimento de software, pois, para ser realmente útil, é preciso uma grande quantidade de dados históricos. Do contrário, o erro pode ser muito grande.

Com o intuito de apoiar essas pequenas e médias empresas que ainda não possuem dados históricos em quantidade suficiente para tirar proveito das técnicas de análise multivariada de dados, o trabalho voltou-se para os métodos multicritério de apoio à tomada de decisão.

1.5. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos, incluindo esta introdução.

O segundo capítulo, Apoio à Avaliação do Impacto da Alteração do Processo em Execução, apresenta os trabalhos identificados a partir do mapeamento sistemático, que apoiam a avaliação do impacto das alterações no processo de desenvolvimento durante a execução de um projeto.

O terceiro capítulo, Apoio Multicritério à Tomada de Decisão, descreve os métodos de apoio à tomada de decisão e a importância da seleção do método mais apropriado para uma situação de tomada de decisão específica. Este capítulo ainda descreve o estudo que indicou o método TOPSIS como o mais adequado para a escolha do melhor processo para um projeto em execução.

No quarto capítulo, Avaliação do Impacto da Alteração do Processo em Execução Utilizando o Método TOPSIS, apresenta a definição do processo de apoio à avaliação do impacto da alteração do processo definido para os projetos em execução em uma organização, bem como o mecanismo de apoio à tomada de decisão que encapsula os passos do método TOPSIS.

O quinto capítulo, Avaliação da Proposta, descreve o planejamento, a execução e os resultados obtidos a partir dos estudos de caso executados.

O sexto e último capítulo, Conclusão, apresenta as considerações finais, as limitações, as contribuições da dissertação e os trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - APOIO À AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ALTERAÇÃO DO PROCESSO EM EXECUÇÃO

Este capítulo apresenta trabalhos similares a esta dissertação que se propõem a apoiar a avaliação do impacto da alteração do processo durante a execução de um projeto, identificadas a partir de um mapeamento sistemático da literatura.

2.1. Introdução

Processos de software são peculiares, visto que têm como objetivo descrever o trabalho de um profissional especializado executando uma atividade criativa (REIS *et al.*, 2002). Por ser orientado a pessoas, este tipo de processo é imprevisível por natureza e precisa continuamente sofrer mudanças para melhorar seu desempenho (REIS *et al.*, 2002; KABBAJ *et al.*, 2008a). Estas mudanças podem envolver a inclusão de novas práticas, métodos ou ferramentas; mudança na ordem de atividades; introdução ou remoção de produtos de trabalho; ou introdução de novos papéis e responsabilidades (SOMMERVILLE, 2007).

Devido a sua natureza otimista, o ser humano espera que os efeitos da mudança sejam sempre positivos. Porém, inevitavelmente, há um conjunto de incertezas associadas que podem implicar em resultados inesperados. Algumas alterações podem, como resultado de um raciocínio impreciso, deteriorar o processo e causar perdas financeiras significativas (PODNAR e MIKAC, 2001). Além disso, o impacto da alteração pode ser observado apenas depois que ela já foi colocada em prática, quando pode ser tarde demais e, provavelmente, muito caro para corrigir decisões equivocadas.

Para evitar uma tomada de decisão inadequada ao projeto, é importante que a proposta para alteração de processos durante a execução do projeto ofereça algum mecanismo que permita avaliar os efeitos da alteração planejada para o processo antes que ela seja efetivada (RAFFO, 2005).

Seguindo a metodologia desta dissertação, um estudo de mapeamento sistemático da literatura (Apêndice A) foi conduzido com o objetivo de caracterizar os trabalhos identificados na literatura que se propõem a apoiar a alteração dinâmica de

processos de desenvolvimento de software (quando a alteração ocorre durante a execução do projeto) para identificar lacunas nas propostas existentes e, a partir daí, definir uma Proposta Inicial.

De acordo com KITCHENHAM e CHARTERS (2007), Estudos de Mapeamento Sistemático são planejados para prover uma ampla visão com relação a uma área de pesquisa, possibilitando a descoberta de evidências, ou falta delas, para direcionar o foco de futuras revisões sistemáticas e para identificar áreas para estudos primários a serem realizados.

Nessa dissertação, o mapeamento sistemático foi planejado objetivando responder às seguintes questões de pesquisa:

Questão Principal.

- **QP.** Quais trabalhos têm sido propostos e/ou utilizados para tratar alterações no processo de desenvolvimento durante a execução do projeto?

Questões Secundárias.

- **QS1.** A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
- **QS2.** A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
- **QS3.** A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
- **QS4.** A proposta possui apoio ferramental?
- **QS5.** A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
- **QS6.** Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?

A condução do estudo seguiu os seguintes passos: (i) definição do protocolo de pesquisa; (ii) primeira execução do protocolo em julho de 2010; (iii) segunda execução do protocolo em abril de 2012; e (iv) consolidação dos resultados das duas execuções do protocolo.

A Tabela 2.1 traz a caracterização dos trabalhos identificados com base nas questões de pesquisa.

Como pode ser observado, este estudo mapeamento sistemático revelou, principalmente, que ainda existe carência no apoio à avaliação do impacto da alteração

do processo. Apenas dois dos trabalhos identificados preocupam-se em avaliar o impacto da mudança antes que ela seja implementada de fato.

Além desta seção introdutória, este capítulo traz, na seção 2.2, as descrições de como os trabalhos identificados apoiam a avaliação do impacto da alteração do processo. A seção 2.3 apresenta uma análise crítica destes trabalhos.

Tabela 2.1 - Caracterização das propostas selecionadas

Proposta	Apoio à análise de tipos de alteração	Avaliação do impacto da alteração	Utilização de técnicas estatísticas	Ferramenta de apoio	Aplicação em um caso real	Modelo de maturidade adotado
Articulator (PEIWEI e SCACCHI, 1991)	✓	-	-	✓	-	-
Baseada em Defeitos (BHANDARI <i>et al.</i> , 1993a)	✓	-	-	-	✓	-
Tempo (BELKHATIR e MELO, 1994)	-	-	-	✓	-	-
Pynode (AVRILIONIS <i>et al.</i> , 1996)	-	-	-	✓	-	-
Endeavors (BOLCER e TAYLOR, 1996)	-	-	-	✓	-	-
MILOS (MAURER <i>et al.</i> , 2000)	-	-	-	✓	-	-
Ambiente CSPL (CHOU e CHEN, 2000)	-	-	-	✓	-	-
APSEE (REIS <i>et al.</i> , 2002)	-	-	-	✓	✓	-
PIE (BEYDEDA e GRUHN, 2004)	✓	✓	✓	✓	-	-
PROMPT (RAFFO, 2005)	-	✓	-	-	-	-
DM_PSEE (KABBAJ <i>et al.</i> , 2008a)	-	-	-	✓	-	-
AHEAD (HEER <i>et al.</i> , 2010)	-	-	-	✓	-	-

2.2. Trabalhos Identificados

Esta seção traz uma breve descrição dos dois trabalhos identificados no estudo de mapeamento sistemático, que se propõem a apoiar a avaliação do impacto da mudança no processo antes de implementá-la.

2.2.1. PIE (*Process Instance Evolution*)

Em (BEYDEDA e GRUHN, 2004) é apresentado um sistema para avaliar o impacto de evoluções dinâmicas de processo de software com ênfase em aspectos de apoio à tomada de decisão, chamado PIE (*Process Instance Evolution*).

A técnica proposta faz uso de um algoritmo que é capaz de extrair informações a partir do cronograma do processo, que consiste de itens que indicam o fim da execução do processo. Cada item possui atributos para custo total e probabilidade de concluir no tempo planejado.

O cronograma para um processo específico pode ser utilizado para determinar a distribuição de probabilidade tanto de duração como de custo total. Para obter a probabilidade para um valor específico de tempo ou de custo, o cronograma é consultado para este valor. Se ele contiver várias entradas com este valor específico, suas probabilidades são somadas para computar a sua probabilidade.

Uma vez identificada a distribuição de probabilidade, medidas estatísticas, como, por exemplo, valor esperado e variância, podem ser utilizadas como medidas de risco. Baseado em tais medidas de risco, uma função de utilidade para cada alternativa pode ser determinada, levando em consideração as preferências e aversão a risco do gerente de processo. Desta forma, selecionar uma alternativa envolve computar a função de utilidade para todas as alternativas disponíveis e selecionar aquela que domina todas as outras.

2.2.2. PROMPT (*Project Management of Process Tradeoffs*)

O PROMPT (*Project Management of Process Tradeoffs*) (RAFFO, 2005) foi projetado para ser um *framework* interativo para melhorias em processos em execução. Para tal, ele utiliza OBLC (*Outcome Based Control Limits*), funções de utilidade e medidas de desempenho financeiro (por exemplo, retorno de investimento (ROI), valor presente líquido (NVP) etc.).

Na fase de planejamento, um modelo de simulação quantitativo auxilia na tomada de decisão, prevendo o desempenho de cada alternativa de processo. Durante a execução do projeto, dados atualizados alimentam parâmetros do modelo, provendo uma previsão mais precisa da trajetória atual e resultados esperados do projeto. Quando uma ação corretiva se torna necessária para tratar desvios no projeto, o modelo pode ser utilizado para identificar a melhor ação dentre um conjunto de escolhas possíveis.

O modelo de simulação quantitativo a ser adotado não precisa ser um modelo de simulação de processo de software estocástico, mas deve atender aos seguintes critérios:

- Prever uma ou mais medidas de desempenho que sejam do interesse do gerente;
- Prever o desempenho do processo como estimativas ou distribuições estocásticas;
- Capturar questões em nível de processo;
- Utilizar métricas atualizadas para refinar previsões.

Quando um projeto inicia, limites de controle baseados em resultados (OBCLs) são definidos para cada medida de desempenho. Embora sejam utilizados de forma similar, os OBCLs são diferentes dos limites do controle estatístico de processo (SPC) no tocante ao que eles representam e como eles são definidos. Em SPC, os limites de controle são extraídos com base no desempenho do processo. Como resultado, estes limites são mais uma medida de consistência de produção do que uma indicação de que o processo está alcançando os objetivos definidos pelo gerente. Já os OBCLs identificam as metas e as faixas aceitáveis de desempenho para o projeto.

As faixas de desempenho são diferenciadas por cores. A cor azul indica que a medida de desempenho está dentro de 5% da meta estabelecida. A cor verde indica que a medida de desempenho desvia mais de 5%, porém, menos do que 15% da meta. A cor amarela indica que o desvio está entre 15% e 30% da meta. Finalmente, a cor vermelha indica desempenho inaceitável – a medida de interesse desvia mais do que 30% da meta.

O modelo de simulação é utilizado para prever o desempenho das alternativas de processo em cada medida de desempenho, além de prever o risco ou variabilidade associada aos valores esperados. As distribuições previstas para cada alternativa de

processo são comparadas aos OBCLs para determinar a probabilidade do desempenho do projeto ficar dentro dos limites de controle aceitáveis pelo gerente. Por exemplo, o gerente poderia decidir que seria aceitável se as medidas de desempenho tivessem, pelo menos, 90% de chances de ficar dentro de 15% da meta, ou seja, níveis azul ou verde de desempenho. Caso mais de uma alternativa fique dentro dos níveis aceitáveis de desempenho, deve ser feito um *tradeoff* (por exemplo, funções de utilidade multicritério) para selecionar a melhor alternativa.

2.3. Análise Crítica dos Trabalhos

Nesta seção serão apontadas algumas questões que podem tornar inviáveis ou pouco eficientes as duas únicas propostas identificadas no estudo de mapeamento sistemático (Apêndice A), que se preocupam em avaliar previamente os efeitos das mudanças em processos que já estão sendo executados.

PIE (*Process Instance Evolution*), proposta por BEYDEDA e GRUHN (2004), espera que a organização possua uma boa quantidade de dados históricos de execução de seus processos de modo a tornar mais precisa a geração das distribuições de probabilidade e o cálculo das medidas de risco para os dois únicos parâmetros observados: duração e custo. Esta pré-determinação dos parâmetros também pode ser considerada uma limitação do trabalho, visto que os parâmetros de comparação das alternativas de projetos podem ser dos mais variados, dependendo dos objetivos estratégicos da organização ou, até mesmo, dos objetivos específicos do projeto. Um projeto de desenvolvimento de software que envolva risco de vida, por exemplo, pode não apresentar restrições de prazo e custo e, no entanto, exigir o máximo de rigidez quanto à quantidade de defeitos.

O *framework* PROMPT (*PROject Management of Process Tradeoffs*), proposto por RAFFO (2005), não apresenta restrições quanto à quantidade de parâmetros a serem observados na comparação das alternativas de processo. No entanto, espera que o usuário desenvolva um modelo de simulação que atenda a alguns requisitos.

De acordo com KELLNER *et al.* (1999), um Modelo de Simulação é uma abstração de um sistema complexo conceitual ou real, projetado para mostrar características significativas de um sistema que se deseja estudar, prever, modificar ou controlar. Propósitos comuns dos modelos de simulação podem ser fornecer uma base

para experimentação, prever comportamento, responder questões do tipo “o que acontece se”, ensinar sobre o sistema sendo modelado etc. (KELLNER *et al.*, 1999).

Apesar das inúmeras vantagens que podem ser obtidas por meio da utilização de modelos de simulação, estudos destacam a dificuldade de se construir e manter estes modelos (RAFFO *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2007), visto que, para isso, é necessário alto grau de conhecimento relacionado não só a modelos de simulação, mas também ao processo de desenvolvimento a ser modelado.

2.4. Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma breve descrição das abordagens, identificadas a partir do estudo de mapeamento sistemático, que se preocupam em avaliar os efeitos das alterações nos processos definidos para os projetos em execução na organização antes de implementá-las de fato.

Também foi apresentada uma análise crítica apontando algumas restrições de cada trabalho, que podem torná-los limitados ou, até mesmo, inviáveis, dependendo da organização que os utilizem e/ou dos objetivos dos projetos em execução na organização.

CAPÍTULO 3 - APOIO MULTICRITÉRIO À TOMADA DE DECISÃO

Este capítulo descreve alguns dos principais métodos multicritério de apoio à tomada de decisão. Também é apresentado como o método TOPSIS foi selecionado como o mais apropriado para tratar o problema de decisão presente nesta dissertação.

3.1. Introdução

Constantemente as pessoas são confrontadas com situações pessoais, profissionais e organizacionais, que lhes exigem algum tipo de decisão. Muitas decisões complexas envolvem múltiplos objetivos e, dificilmente, existirá uma alternativa dominante que seja melhor do que todas as alternativas possíveis para todos os objetivos (KEENEY e RAÏFFA, 1976; GUGLIELMETTI *et al.*, 2003), o que leva à necessidade de estruturar o raciocínio, de modo a permitir o confronto de vários pontos de vista, muitas vezes contraditórios (BANA E COSTA, 1993). Isto significa que a tomada de decisão está intrinsecamente relacionada à pluralidade de pontos de vista, que podem ser definidos como critérios (FIGUEIRA *et al.*, 2005a).

FIGUEIRA *et al.* (2005a) afirmam que, por muitos anos, um problema de decisão foi considerado uma definição de critério único que reúne aspectos multidimensionais da situação de decisão em uma única escala de medida. Para os autores, isto é um retrocesso e, de certa forma, uma maneira não natural de olhar um problema de decisão.

Desde a década de 60 uma forma diferente de olhar problemas de decisão vem ganhando a atenção de pesquisadores e profissionais: a tomada de decisão com múltiplos critérios. MCDM (*Multicriteria Decision Making*) ou MCDA (*Multicriteria Decision Aid*) é uma abordagem para avaliar sistematicamente um conjunto de alternativas com múltiplos critérios (MUSTAJOKI *et al.*, 2005). Esta abordagem surgiu com o objetivo de auxiliar os decisores a entenderem melhor seus problemas, reduzindo, assim, os riscos inerentes à tomada de decisão.

Muitos são os métodos MCDA/MCDM disponíveis na literatura. Porém, não existe um método que seja apropriado a todas as situações de tomada de decisão

(GUITOUNI e MARTEL, 1998). Desta forma, atenção especial deve ser devotada no momento de escolher o método a ser utilizado, pois uma escolha equivocada pode resultar em decisões inadequadas (AL-SHEMMERI *et al.*, 1997).

Diante deste contexto, além de uma descrição do quem vem a ser a metodologia multicritério de apoio à tomada de decisão, apresentada na seção 3.2, este capítulo apresenta nas seções posteriores um procedimento para seleção de método MCDA/MCDM, adotado nesta dissertação, que concluiu que o método TOPSIS é o mais apropriado para tratar o problema da escolha do melhor processo para um projeto em execução: o processo original ou uma das alternativas de processo com as melhorias planejadas.

3.2. Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão

A tomada de decisão é o processo de escolher um curso de ação possível dentre várias alternativas (MALAKOOTI, 1988).

Sabe-se, hoje em dia, que este processo vai além do modelo clássico: otimizar uma função de objetivo único visando encontrar uma "solução ótima" para um problema (GUITOUNI e MARTEL, 1998). Acredita-se que aspectos conflitantes devem ser simultaneamente levados em consideração, de modo a estimular os decisores a considerarem não mais uma decisão ótima, mas uma decisão satisfatória (GUITOUNI e MARTEL, 1998; BRANS, 2002; FORNECK, 2008).

Para ZELENY (2005), a tomada de decisão pode ser definida como o esforço para resolver o dilema dos objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência da “solução ótima” e conduz o decisor à procura da “solução de compromisso”. Esta consciência tem motivado os estudos sobre análise multicritérios para apoio à tomada de decisão (FORNECK, 2008).

A metodologia multicritério de apoio à tomada de decisão vem evoluindo consideravelmente desde o seu surgimento na década de 60 (ROY e VANDERPOOTEN, 1997). Como parte desta evolução, surgiram duas vertentes de pesquisa: a Escola Americana – MCDM (*Multicriteria Decision Making*) – e a Escola Europeia – MCDA (*Multicriteria Decision Aid*). A Escola Americana caracteriza-se por fazer prescrições com referência a um ideal, buscando aproximar-se o máximo possível

deste ideal. Já a Escola Europeia, trabalha sob a abordagem construtivista, preocupando-se, principalmente, com a geração de conhecimento dos envolvidos com relação à situação investigada. Esta diferença caracteriza duas posturas de atuação nos processos decisórios: o *apoio* à decisão da Escola Europeia e a *tomada* de decisão da Escola Americana.

Tanto MCDM como MCDA podem ser vistos como um processo recursivo não linear constituído de quatro passos (GUITOUNI e MARTEL, 1998): (i) estruturar o problema de decisão; (ii) articular e modelar as preferências; (iii) agregar as preferências; e (iv) fazer a recomendação.

Os diferentes métodos desenvolvidos com base nessas correntes de pesquisa são frequentemente apresentados como uma combinação de dois passos (GUITOUNI e MARTEL, 1998): construção e exploração. Na “construção”, as alternativas, critérios e pesos são definidos e na “exploração” os desempenhos de cada critério são agregados servindo de subsídios para a recomendação da melhor solução. Baseados neste aspecto, GUITOUNI e MARTEL (1998) consideram que um método MCDM/MCDA pode ser descrito pela Figura 3.1.

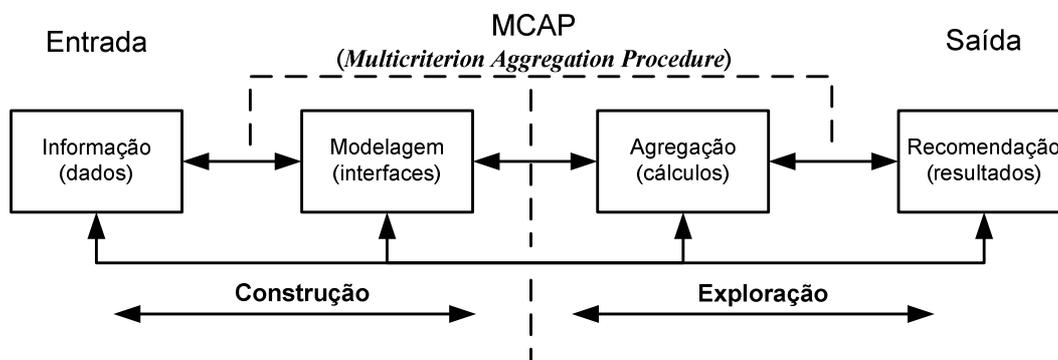


Figura 3.1 - Esquema de um método MCDA/MCDM (GUITOUNI e MARTEL, 1998)

De forma semelhante, BANA E COSTA *et al.* (1999) dividem o processo decisório em três fases: estruturação, avaliação e recomendações. O passo “construção” de GUITOUNI e MARTEL (1998) é equivalente à fase de “estruturação” e o passo “exploração” engloba as duas fases finais de BANA E COSTA *et al.* (1999).

Nesta dissertação, não será feita distinção entre os métodos MCDM e MCDA e, por esta razão, será adotado o termo AMD (Apoio Multicritério à Decisão).

3.3. Procedimento para Seleção do Método AMD Adequado

Para AL-SHEMMERI *et al.* (1997) e GUITOUNI *et al.* (1998), cada método AMD apresenta pontos fortes e pontos fracos que determinam em quais situações de tomada de decisão (DMS – *Decision Making Situation*) o método pode ou não ser utilizado. GUITOUNI e MARTEL (1998) reforçam ainda que, apesar da grande quantidade de métodos AMD disponíveis, não existe um que retorne boas recomendações para todas as situações. Para estes autores, se a forma como a situação de tomada de decisão é abordada, estruturada e modelada for condicionada ao método AMD, é possível que se leve a uma adaptação da situação ao método e não o oposto. Mesmo assim, GUITOUNI e MARTEL (1998) afirmam que muitos profissionais e analistas de decisão ainda ignoram essas limitações inerentes aos métodos.

Como consequências da escolha inadequada de um método AMD pode-se considerar (AL-SHEMMERI *et al.*, 1997): (i) a possibilidade de obtenção de resultados subótimos; (ii) perda de tempo e dinheiro decorrente do descarte de técnicas mais adequadas; e (iii) potencial desestímulo por parte dos tomadores de decisão com relação à aplicação da técnica.

Diante deste contexto, nesta dissertação, houve uma preocupação com a seleção do método AMD mais apropriado para o problema de seleção do melhor processo para o projeto.

Uma das dificuldades enfrentadas neste trabalho foi a definição do subgrupo de métodos que seria estudado, visto que existe uma enorme variedade de métodos (e suas variações) disponíveis na literatura, o que tornaria inviável identificar e conhecer a fundo todos eles no curto período de uma dissertação de mestrado.

Para tratar este problema, a seleção do método AMD adotado nesta dissertação foi realizada em duas etapas: (i) seleção dos métodos AMD candidatos; e (ii) seleção do método AMD apropriado. As subseções seguintes descrevem cada um destas etapas.

3.3.1. Seleção dos Métodos AMD Candidatos

Esta primeira etapa foi executada com base no trabalho apresentado em (GUITOUNI e MARTEL, 1998), que apresenta a caracterização de um subconjunto de 29 métodos AMD e propõe sete diretrizes para auxiliar a escolha do método apropriado

para uma DMS específica, que se encontram descritas na Tabela 3.1. É importante destacar que, embora não seja uma referência recente, o trabalho de GUITOUNI e MARTEL (1998) foi escolhido por conter os métodos AMD mais referenciados na literatura, inclusive nos últimos anos.

Tabela 3.1 - Diretrizes para escolha do método AMD

Diretriz	Descrição
1	Determine os <i>stakeholders</i> do processo de decisão. Caso exista mais de um tomador de decisão, deve-se pensar em métodos voltados para decisão em grupo.
2	Considere a forma de pensar do tomador de decisão, ao escolher um modo de elucidação de preferência específico (<i>tradeoffs</i> , loterias, classificação direta e comparações pareadas).
3	Determine a problemática de decisão perseguida pelo decisor.
4	Escolha o MCAP (<i>Multicriterion Aggregation Procedure</i>) que permita manusear apropriadamente as informações de entrada disponíveis e para o qual o decisor possa facilmente fornecer as informações requeridas.
5	Leve em consideração o grau de compensação do método MCAP.
6	Verifique as hipóteses fundamentais do método.
7	Leve em consideração a ferramenta de apoio ao método.

A Tabela 3.2, adaptada de (GUITOUNI e MARTEL, 1998), contém comparações de métodos AMD. Nesta tabela, cada um dos 29 métodos foi caracterizado considerando características relacionadas às diretrizes de 2 a 7.

A Diretriz 1 trata da definição dos interessados pelo processo de decisão. Os métodos estudados por GUITOUNI e MARTEL (1998) lidam com apenas um decisor, que pode ser uma ou mais pessoas com a mesma visão.

A Diretriz 2 preocupa-se com o modo de elicitación de preferência, que pode ser: avaliação direta, *tradeoffs*, loterias e/ou comparação pareada.

Na Diretriz 3 é observada a problemática da decisão, que pode incluir:

- Escolha: identificação de um subconjunto, o menor possível, com as soluções alternativas mais satisfatórias para o problema.
- Ordenação: estabelecimento de uma ordem de preferência para um conjunto de alternativas.
- Classificação: distribuição de soluções alternativas dentro de categorias predefinidas.

- Descrição: descrição formal de soluções alternativas, juntamente com suas consequências.

A Diretriz 4 é voltada para a escolha do MCAP mais apropriado para o tipo e característica das informações de entrada disponíveis. Os tipos de informação são classificados como ordinal e/ou cardinal. A característica está relacionada ao caráter determinístico ou não determinístico da informação.

A Diretriz 5 investiga, principalmente, o grau de compensação entre critérios e a informação intercritérios (importância relativa entre os critérios). Diz-se que um método AMD é compensatório quando ele admite compensação absoluta entre avaliações diferentes. Vale ressaltar que, neste caso, o bom desempenho de um critério pode contrabalançar o baixo desempenho de outro. Quando nenhuma compensação é aceita, o método é classificado como não compensatório. Existem, ainda, os métodos parcialmente compensatórios, que aceitam algum tipo de compensação.

Na Diretriz 6, as hipóteses do MCAP são levadas em consideração. As hipóteses podem ser:

- Independência: considerando duas alternativas A e B, se o modelo estabelece que $A > B$, então, quando se adiciona uma alternativa que é dominada por A ou remove uma alternativa existente que é dominada por B, deve-se preservar a ordenação inicial $A > B$.
- Comensurabilidade: existe uma escala comum para agregar as diversas dimensões de avaliação.
- Invariância: a decisão não deve ser influenciada pela forma como as alternativas são apresentadas.
- Transitividade: se o decisor prefere a alternativa A a B e a alternativa B a C, então, pode-se assumir que ele prefere a alternativa A a C.
- Dominância: uma alternativa que é dominada por outra não pode ser escolhida como a melhor.
- Coligação (Teoria da Escolha Social): agrega as preferências individuais em uma preferência coletiva, considerada com um grupo de decisão.

A Diretriz 7 verifica se o método oferece algum apoio ferramental.

Tabela 3.2 - Tabela comparativa de métodos AMD com base nas diretrizes de 2 a 7 (adaptada de (GUITOUNI e MARTEL, 1998))

Método	Diretriz									
	Diretriz 2	Diretriz 3	Diretriz 4				Diretriz 5		Diretriz 6	Diretriz 7
	<i>Modo de elucidação de preferência</i>	<i>Problemática de decisão</i>	<i>Tipo de informação</i>		<i>Característica da informação</i>		<i>Compensação</i>	<i>Informação intercritério</i>	<i>Hipóteses²</i>	<i>Ferramenta de apoio</i>
			<i>Ordinal</i>	<i>Cardinal</i>	<i>Determinística</i>	<i>Não determinística</i>				
<i>Métodos elementares</i>										
Soma ponderada	Avaliação direta	Escolha		✓	✓		Total	Total e explícita	ind., com., inv., tran., dom.	
Método lexicográfico	Avaliação direta	Escolha	✓	✓	✓		Nenhuma	n/a	ind., inv., tran., dom.	
Método conjuntivo	Avaliação direta	n/a ³	✓	✓	✓		Nenhuma	n/a	ind., inv., tran., dom.	
Método disjuntivo	Avaliação direta	n/a	✓	✓	✓		Nenhuma	n/a	ind., inv., tran., dom.	
Método maximin	Avaliação direta	Escolha	✓	✓	✓		Nenhuma	n/a	ind., inv., tran., dom.	
<i>Critério único de síntese</i>										
Soma ponderada fuzzy	Avaliação direta	Escolha	✓	✓		✓	Total	Total e explícita	ind., com., inv., tran., dom.	
TOPSIS	Avaliação direta	Escolha		✓	✓		Total	Total e explícita	ind., com., inv., tran., dom.	
MAVT	<i>Tradeoffs</i>	Escolha		✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., tran., dom.	✓
UTA	<i>Tradeoffs</i>	Escolha	✓		✓		Parcial	Indireta	ind., inv., tran., dom.	✓
SMART	<i>Tradeoffs & avaliação</i>	Escolha		✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., com., inv., tran., dom.	✓
MAUT	<i>Tradeoffs & loterias</i>	Escolha		✓		✓	Parcial	Total e explícita	ind., inv., tran., dom.	✓
AHP	Comparação pareada	Escolha, Ordenação		✓	✓	✓	Parcial	Total e explícita	inner and outer ind., inv., dom.	✓
EVAMIX	Avaliação direta	Escolha, Ordenação	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., com., inv., tran., dom.	
Maximin fuzzy	Avaliação direta	Escolha	✓	✓	✓	✓	Nenhuma	n/a	ind., com., inv., dom.	

² ind.: Independência, com.: comensurabilidade, inv.: invariância, tran.: transitividade, dom.: dominância, col.: coligação (teoria da escolha social).

³ n/a: Não aplicável.

Tabela 3.2 - Tabela comparativa de métodos AMD com base nas diretrizes de 2 a 7 (adaptada de (GUITOUNI e MARTEL, 1998))

Método	Diretriz									
	Diretriz 2	Diretriz 3	Diretriz 4				Diretriz 5		Diretriz 6	Diretriz 7
	<i>Modo de elucidação de preferência</i>	<i>Problemática de decisão</i>	<i>Tipo de informação</i>		<i>Característica da informação</i>		<i>Compensação</i>	<i>Informação intercritério</i>	<i>Hipóteses²</i>	<i>Ferramenta de apoio</i>
			<i>Ordinal</i>	<i>Cardinal</i>	<i>Determinística</i>	<i>Não determinística</i>				
<i>Métodos de subordinação</i>										
ELECTRE I	Comparação pareada	Escolha	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	✓
ELECTRE II	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	
ELECTRE III	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	✓
ELECTRE IV	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓	✓		Parcial	n/a	ind., inv., col.	✓
ELECTRE IS	Comparação pareada	Escolha	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	✓
ELECTRE TRI	Comparação pareada	Classificação	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	✓
PROMETHEE I	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	✓
PROMETHEE II	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓	✓		Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	✓
MELCHIOR	Comparação pareada	Ordenação	✓		✓		Parcial	Total order	ind., inv.	
ORESTE	Comparação pareada	Ordenação	✓		✓		Parcial	Total preorder	ind., inv., col.	✓
REGIME	Comparação pareada	Ordenação	✓		✓		Parcial	Total order	ind., inv.	✓
NAIADE	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓	✓	✓	Parcial	n/a	ind., inv.	✓
<i>Outros métodos</i>										
QUALIFLEX	Comparação pareada	Ordenação	✓		✓		Parcial	Total ou parcial e explícita	ind., inv.	✓
Método conjuntivo/disjuntivo fuzzy	Avaliação direta	Escolha, Classificação	✓	✓		✓	Nenhuma	n/a	ind., inv., tran., dom.	
Método Martel e Zaras	Comparação pareada	Ordenação	✓	✓		✓	Parcial	Total e explícita	ind., inv., col.	

3.3.2. Seleção do Método AMD Adequado

Para esta etapa, foram definidas características específicas para o problema de decisão a ser tratado e que devem estar presentes no método selecionado (Tabela 3.3). A identificação destas características nos métodos candidatos exige uma boa compreensão do funcionamento de cada um deles.

Tabela 3.3 - Justificativas para as características específicas estabelecidas para o método AMD

ID	Característica	Justificativa
1	Não apresentar restrições quanto ao número de alternativas	Garantir que o método selecionado seja capaz de definir a melhor alternativa, mesmo quando houver apenas duas soluções.
2	Não apresentar restrição de independência mútua ⁴ entre os critérios	Considerando o problema de decisão a ser tratado, pode ser difícil identificar critérios mutuamente independentes em 100% das vezes.
3	Exigir mínima* interação por parte do decisor	Como o processo de decisão também será executado durante a execução de um projeto, é necessário que ele seja rápido. Desta forma, quanto menos interação do decisor, melhor.
4	Identificar a melhor alternativa ou determinar indiferença entre elas	Alguns métodos não identificam a melhor alternativa, mesmo que seja por meio de uma ordem de preferência.

* Apenas a definição das alternativas e dos critérios e a quantificação dos critérios e dos pesos.

Caso mais de um método candidato apresente as quatro características acima especificadas, será selecionado aquele cuja automatização seja mais simples.

3.4. Utilização do Procedimento

Organizações com certo grau de maturidade já entendem a importância da melhoria contínua e a executam para aperfeiçoar seus processos padrão. Sempre que uma nova versão do processo padrão é liberada, os novos projetos devem fazer uso dela. Além disso, pode ser vantajoso adotar o processo padrão melhorado nos processos definidos para os projetos que já se encontram em execução e que foram adaptados com base na versão anterior do processo padrão.

A decisão de adotar ou não o novo processo padrão nos projetos em execução pode ser considerada complexa, por envolver múltiplos critérios (objetivos do projeto, por exemplo), muitas vezes conflitantes e com graus de importância distintos. Os conflitos caracterizam-se no sentido de que o aumento do nível de desempenho de um

⁴ Independência mútua: um critério X é preferencialmente independente de outro critério Y se as preferências para valores específicos de X não dependem dos valores atribuídos a Y.

dos critérios pode acarretar em redução do nível de desempenho de outro critério, como por exemplo, a maximização da qualidade do software e a minimização dos custos.

As próximas seções descrevem como foi realizada a seleção do método AMD mais adequado para lidar com a situação de tomada decisão apresentada.

3.4.1. Seleção dos Métodos AMD Candidatos

Com base nas características de comparação dos 29 métodos AMD apresentadas na Tabela 3.2, foram estabelecidas as características necessárias para tratar o problema de decisão presente nesta dissertação (Tabela 3.4). É importante destacar que, devido à inviabilidade de identificar e caracterizar todos os métodos AMD disponíveis na literatura, os resultados deste trabalho ficaram limitados aos 29 métodos apresentados em (GUITOUNI e MARTEL, 1998).

Tabela 3.4 - Características necessárias ao método AMD

Diretriz 2	Diretriz 3	Diretriz 4		Diretriz 5		Diretriz 6	Diretriz 7
<i>Modo de elucidação de preferência</i>	<i>Problemática de decisão</i>	<i>Tipo de informação</i>	<i>Característica da informação</i>	<i>Compensação</i>	<i>Informação intercritério</i>	<i>Hipóteses</i>	<i>Ferramenta de apoio</i>
Indiferente	Escolha Ordenação	Cardinal	Determinística	Total Parcial	Total	Independência Invariância	Indiferente

A característica “Modo de elucidação de preferência” foi considerada “Indiferente”, pois, nesta dissertação, será inviável levar em consideração o modo de pensar do decisor, visto que cada membro do Grupo de Processos pode pensar de forma distinta.

Como a proposta é informar ao Grupo de Processos qual alternativa de processo é a mais apropriada, a Diretriz 3 ficou limitada a “Escolha” ou “Ordenação”.

Para simplificar a automatização do processo de tomada de decisão, na Diretriz 4, optou-se por limitar o tipo e a característica da informação para “Cardinal” e “Determinística”, respectivamente.

Neste trabalho, será considerado que pode haver algum tipo de compensação entre os critérios. Por esta razão, optou-se por selecionar métodos que permitam compensação “Total” ou “Parcial”. Com relação à característica relacionada à informação intercritérios, como em projetos de software os objetivos podem ter

importâncias diferentes, optou-se por seleccionar os métodos que permitam determinar a importância relativa dos critérios, por exemplo, definição de pesos para os critérios.

Com relação à Diretriz 6, duas hipóteses foram consideradas relevantes para a situação de tomada de decisão em questão: a independência e a invariância. Esta conclusão foi alcançada a partir da seguinte análise:

- Independência: foi considerada relevante.
- Comensurabilidade: não foi considerada relevante, pois é possível remover os efeitos da incomensurabilidade por meio da normalização dos valores.
- Invariância: foi considerada relevante.
- Transitividade: não foi considerada relevante, visto que as preferências entre pares de alternativas podem ser determinadas por razões distintas.
- Dominância: não foi considerada relevante, pois apesar de a intenção ser identificar a alternativa dominante, não se pode deixar de lado os métodos que consideram que o decisor também pode expressar indiferença, quando não há preferência entre as alternativas; e incomparabilidade, quando se tem dificuldade em compará-las, não expressando nem preferência nem indiferença.
- Coligação (Teoria da Escolha Social): não foi considerada relevante, pois mesmo que a abordagem em si não considere a decisão em grupo, é possível utilizar alguma abordagem de agregação de preferências individuais.

Possuir ou não uma ferramenta de apoio também foi uma característica considerada “Indiferente”, pois, caso o método não possuísse uma ferramenta, algum mecanismo de apoio deveria ser desenvolvido.

A Tabela 3.5 apresenta os resultados do estudo comparativo dos métodos AMD, que levaram em consideração as características identificadas como necessárias para o método que será adotado para tratar a DMS presente nesta dissertação. As características “Modo de Elucidação de Preferência” e “Ferramenta de Apoio” foram retiradas, pois foram consideradas irrelevantes para o problema em questão. O estudo revelou que, dentre os 29 métodos AMD considerados, 12 poderiam ser definidos como candidatos: Soma Ponderada, TOPSIS, MAVT, SMART, AHP, EVAMIX, ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IS, PROMETHEE I e PROMETHEE II. Estes métodos são descritos na seção 3.4.2.

Tabela 3.5 - Tabela comparativa de métodos AMD

Método	Diretriz 3	Diretriz 4		Diretriz 5		Diretriz 6
	<i>Problemática de decisão</i>	<i>Tipo de informação</i>	<i>Característica da informação</i>	<i>Compensação</i>	<i>Informação intercritério</i>	<i>Hipóteses</i>
	<i>Escolha Ordenação</i>	<i>Cardinal</i>	<i>Determinística</i>	<i>Parcial Total</i>	<i>Total</i>	<i>inv.</i>
Soma ponderada	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Método lexicográfico	✓	✓	✓			✓
Método conjuntivo	✓	✓	✓			✓
Método disjuntivo	✓	✓	✓			✓
Método maximin	✓	✓	✓			✓
Soma ponderada fuzzy	✓	✓		✓	✓	✓
TOPSIS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MAVT	✓	✓	✓	✓	✓	✓
UTA	✓		✓	✓		✓
SMART	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MAUT	✓	✓		✓	✓	✓
AHP	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EVAMIX	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Maximin fuzzy	✓	✓	✓			✓
ELECTRE I	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ELECTRE II	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ELECTRE III	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ELECTRE IV	✓		✓	✓		✓
ELECTRE IS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ELECTRE TRI		✓	✓	✓	✓	✓
PROMETHEE I	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PROMETHEE II	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MELCHIOR	✓		✓	✓	✓	✓
ORESTE	✓		✓	✓	✓	✓
REGIME	✓		✓	✓	✓	✓
NAIADE	✓	✓	✓	✓		✓
QUALIFLEX	✓		✓	✓	✓	✓
Método conjuntivo/disjuntivo fuzzy	✓	✓		✓		✓
Método Martel e Zaras	✓	✓			✓	✓

3.4.2. Descrição dos Métodos AMD Candidatos

Nesta seção, cada um dos métodos AMD considerados candidatos a tratar a situação de tomada de decisão presente nesta dissertação será descrito.

3.4.2.1. Soma Ponderada

A Soma Ponderada é provavelmente o método AMD mais simples e mais utilizado (TRANTAPHYLLOU e SÁNCHEZ, 1997; TRIANTAPHYLLOU e BAIG, 2005). Nele, a preferência P_i de uma alternativa A_i ($i=1,2,3,\dots,n$) é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$P_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j \quad (3.4.2.1)$$

Onde:

- i é o número de alternativas possíveis.
- j é o número de critérios a serem avaliados.
- p_j representam os pesos de cada critério.
- a_{ij} são as pontuações do critério j para a alternativa i .

A matriz apresentada na Tabela 3.6 ilustra como os pesos podem ser definidos para cada critério e como cada alternativa pode ser avaliada, considerando um critério específico. A melhor alternativa é aquela que apresenta o maior valor de preferência.

Tabela 3.6 - Exemplo de matriz de avaliação multicritério (TRANTAPHYLLOU e BAIG, 2005)

Alternativas	Critério ₁	Critério ₂	...	Critério _m
	p_1	p_2	...	p_m
a_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
a_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}
a_3	a_{31}	a_{32}	...	a_{3m}
...
a_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

Uma hipótese fundamental que é preciso não esquecer quando se aplica uma função de utilidade aditiva é a condição de independência mútua dos critérios em função das preferências (KEENEY e RAÏFFA, 1976). Por exemplo, seja Y o tempo para a conclusão de um projeto e X seu custo. Se for preferível concluir o projeto antes (Y menor), independente do custo (X sendo o mesmo ou maior), então Y é

preferencialmente independente de X. Se, por outro lado, X também for preferencialmente independente de Y, então é dito que entre estes dois critérios existe independência preferencial mútua.

3.4.2.2. TOPSIS

YOON e HWANG (1981 *apud* YOON e HWANG, 1995) desenvolveram o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) baseados no conceito de que a alternativa escolhida deve ter a menor distância da Solução Ideal (do inglês *positive-ideal solution*) e a maior distância da Solução Indesejável (do inglês *negative-ideal solution*).

Uma Solução Ideal é definida como uma coleção das melhores pontuações para todos os critérios/atributos considerados. Formalmente, este tipo de solução é representado como:

$$A^* = (x_1^*, \dots, x_j^*, \dots, x_n^*) \quad (3.4.2.2)$$

Onde:

- x_j^* é a melhor pontuação (desempenho) para o critério j entre todas as alternativas disponíveis.

Por outro lado, a Solução Indesejável é composta das piores pontuações para cada critério e é representada como:

$$A^- = (x_1^-, \dots, x_j^-, \dots, x_n^-) \quad (3.4.2.3)$$

Onde:

- x_j^- é a pior avaliação para o critério j entre todas as alternativas disponíveis.

TOPSIS faz uso da Distância Euclidiana para verificar a proximidade de uma alternativa com relação à Solução Ideal e à Solução Indesejável. Porém, pode acontecer de duas alternativas serem concorrentes, como mostra a Figura 3.2, na qual a alternativa A^1 é a mais próxima da Solução Ideal A^* e a alternativa A^2 é a mais distante da Solução Indesejável A^- .

Por esta razão, o método define um índice chamado de Similaridade com a Solução Ideal que combina a proximidade com a Solução Ideal e o afastamento da

Solução Indesejável. A alternativa escolhida é, desta forma, aquela com maior similaridade com a Solução Ideal.

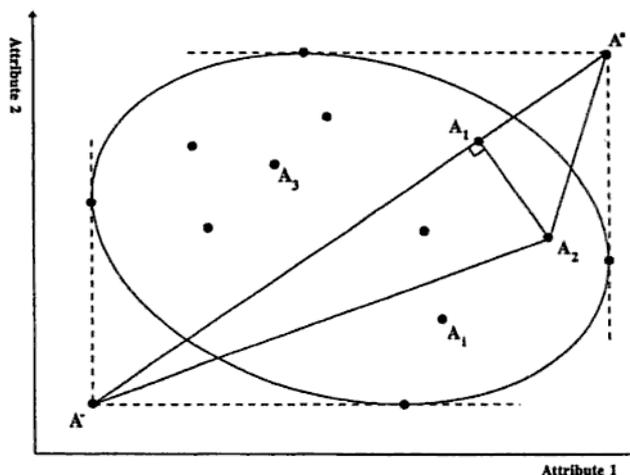


Figura 3.2 - Distâncias Euclidianas das Alternativas à Solução Ideal e à Solução Indesejável (YOON e HWANG, 1995)

A seguir são apresentados os passos do método:

Passo 1. Calcular matriz normalizada. A normalização por vetor é realizada por meio da Equação (3.4.2.4).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.4.2.4)$$

Onde:

- m é o número de alternativas.
- x_{ij} representa a pontuação do critério j para a alternativa i .

Passo 2. Calcular matriz com os respectivos pesos. A pontuação normalizada com o peso é calculada da seguinte forma:

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (3.4.2.5)$$

Onde:

- w_j é o peso definido para cada atributo ou critério

Passo 3. Identificar a Solução Ideal e a Solução Indesejada. A^* e A^- são definidas em termos das pontuações normalizadas com seus pesos.

$$\begin{aligned} A^* &= \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} = \{(max v_{ij} | j \in J_1), (min v_{ij} | j \in J_2)\} \\ A^- &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \{(min v_{ij} | j \in J_1), (max v_{ij} | j \in J_2)\} \end{aligned} \quad (3.4.2.6)$$

Onde:

- J_1 é o conjunto de critérios de benefícios e J_2 é o conjunto de critérios de custo

Passo 4. Calcular medidas de separação. A distância entre as alternativas pode ser medida por meio da distância Euclidiana, calculada de acordo com a Equação (3.4.2.7):

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.4.2.7)$$

Passo 5. Calcular similaridades com a Solução Ideal. O índice de similaridade é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^* + S_i^-)} \quad (3.4.2.8)$$

O índice de similaridade pode variar de 0 a 1. $C_i^* = 0$ significa que $A_i = A^-$, isto é, a alternativa analisada é a Solução Indesejada. Em contrapartida, $C_i^* = 1$ quer dizer que $A_i = A^*$, ou seja, a alternativa analisada é a Solução Ideal.

Passo 6. Classificar ordem de preferência. A alternativa com maior C_i^* pode ser escolhida ou pode ser feita uma ordenação de todas as alternativas, de acordo com o C_i^* calculado.

Experiências de utilização do método TOPSIS podem ser encontradas em (SHIH *et al.*, 2001; POCHAMPALLY e GUPTA, 2004; LIU *et al.*, 2005; MOJAHED e DODANGEH, 2009; MINGLI *et al.*, 2010; İÇ, 2011; LIOU *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2011a).

3.4.2.3. MAVT

O método MAVT (*Multi-attribute Value Theory*) foi descrito por KEENEY e RAÏFFA (1976) e baseia-se na suposição de que, para cada problema de decisão, existe uma função de valor que agrega uma quantidade ilimitada de atributos/critérios incomensuráveis.

A forma mais simples e mais adotada de função de valor é a forma aditiva, representada abaixo:

$$v_j = \sum_{j=1}^n \lambda_j v_j(x_j) \quad (3.4.2.9)$$

Onde:

- x_j é a pontuação atribuída ao critério j .

- $v_j(\text{pior } x_j) = 0$ e $v_j(\text{melhor } x_j) = 100$.

- λ_j é o peso associado ao critério x_j

- $0 < \lambda_j < 1$.

- $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

Vale lembrar que, para ser possível a utilização da agregação aditiva dos critérios, os critérios devem atender à condição de independência preferencial mútua

Para cada alternativa possível, a função de valor é calculada. A alternativa que obtiver o melhor resultado será considerada a melhor. A partir dos resultados de cada alternativa, também é possível estabelecer uma ordenação.

3.4.2.4. SMART

O método de apoio à tomada de decisão SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) foi descrito por Ward Edwards em 1977. Este método apresentava um erro intelectual relacionado à metodologia de atribuição de pesos. A correção deste problema deu origem a um novo método denominado SMARTS (*SMART using Swings*) (EDWARDS e BARRON, 1994).

O SMARTS estabelece nove passos a serem seguidos:

Passo 1. Propósito e tomadores de decisão. Identificação do propósito do modelo de decisão e dos decisores envolvidos.

Passo 2. Árvore de valor. Elicitação de uma estrutura (hierarquia de objetivos ou árvore de valor) ou uma lista de atributos/critérios potencialmente relevantes, tomando como base o propósito do modelo de decisão definido na etapa anterior e as informações fornecidas pelos decisores.

Passo 3. Objetos de avaliação. Identificação de quais são os objetos ou alternativas a serem avaliadas no modelo de decisão. Pode-se utilizar as informações levantadas tanto na primeira etapa quanto na segunda, com o propósito de definir o maior número possível de alternativas reais ou hipotéticas para o processo de avaliação.

Passo 4. Matriz de objetos por atributos. Elaboração de uma matriz de objetos de avaliação por atributos/critérios. Caso os objetos estejam disponíveis, as entradas dessa matriz devem ser pontuações ou medidas físicas das alternativas. Porém, havendo a indisponibilidade desses valores, as entradas podem ser julgadas por meio de utilidades unidimensionais, que serão discutidas no passo 6.

Passo 5. Opções dominadas. Eliminação das alternativas ordinalmente dominadas. A dominância ordinal, normalmente, pode ser percebida por inspeção visual. Caso sejam reconhecidas uma ou mais alternativas cardinalmente dominadas, estas também devem ser eliminadas.

Passo 6. Utilidades unidimensionais. Reformulação dos dados da matriz de objetos por atributos, considerando as utilidades unidimensionais. Se as medidas físicas relevantes para o modelo não estiverem disponíveis, nesta etapa será requerida uma elicitacão, que poderá ser feita em conjunto com os passos 7 e 8, contando para isso com a ajuda do decisor, que deve ser capaz de prover as utilidades unidimensionais dos atributos/critérios. Os valores correspondentes às utilidades, normalmente, são obtidos por meio de uma função física do atributo/critério ou por meio do julgamento feito pelos decisores. A última tarefa deste passo é testar a monotonicidade condicional⁵. Se ela estiver presente, um modelo aditivo pode ser uma aproximação razoável.

O método incorporou a estratégia da aproximação heroica⁶ para tratar as funções de utilidade como lineares em x , com o argumento de que a elicitacão dos detalhes de funções de utilidade podem ser tediosas e bastante custosas. Além disso, a contribuicão destes detalhes para escolhas mais sensatas é, normalmente, insignificante.

Passo 7. Parte 1 da troca de pesos. Este passo foi desenvolvido para corrigir o erro intelectual contido no método SMART. Após a inclusão desta fase, os autores passaram a chamar o método de SMARTS. A letra “S” (de *swing*) se refere à operacão de troca das pontuações de algumas alternativas levando-se em consideracão os

⁵ Monotonicidade condicional consiste em verificar se, para um determinado nível do valor do critério x , mais do critério y é melhor do que menos, enquanto em outro nível de x , menos de y é melhor do que mais (SILVA, 2006).

⁶ A estratégia da aproximação heroica baseia-se na ideia de que embora um modelo de decisão simplificado possa ser apenas uma aproximação do problema de decisão real, a probabilidade de se introduzir erros a partir dos valores elicitados pelo decisor será bastante reduzida devido aos julgamentos mais simples que ele envolve (EDWARDS e BARRON, 1994).

atributos/critérios disponíveis e tem por finalidade definir a ordem de importância deles. Neste passo é determinada a ordem de importância de cada atributo/critério. O decisor deve pensar em uma alternativa hipotética que tenha o pior resultado possível. Em seguida, ele deve analisar, caso pudesse alterar o valor de um único critério de pior para melhor, qual seria o escolhido. A próxima indagação é sobre qual dos critérios restantes seria o preferido para mudar do pior para o melhor valor. Este processo continua até que todos os critérios sejam escolhidos. O critério mais importante é aquele que foi escolhido primeiro. Em contrapartida, o menos importante é o que foi escolhido por último.

Passo 8. Parte 2 da troca de pesos. Definição dos pesos de cada critério, considerando a sua importância relativa, definidas no passo anterior. Este passo pode ser executado de várias formas. Uma das sugestões apresentadas em (EDWARDS e BARRON, 1994) é atribuir ao critério mais importante um peso igual a 100, ao critério menos importante um peso igual a 0 e aos critérios intermediários percentuais relativos ao mais importante. Os pesos devem ser normalizados e a soma de todos os pesos deve ser igual a 1.

Passo 9. Decidir. Calcula-se o valor da função de utilidade para cada alternativa por meio modelo aditivo representado pela Equação (3.4.2.10), de modo a obter uma lista ordenada.

$$U_j = \sum_{k=1}^n w_k u_j(x_{jk}) \quad (3.4.2.10)$$

Onde:

- w_k é o peso do critério k .
- $w_k u_j(x_{jk})$ é a função de utilidade unidimensional do critério k , da alternativa j .

3.4.2.5. AHP

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 (SAATY e VARGAS, 2001). Sua essência é a construção de uma matriz que expressa os valores relativos de um conjunto de atributos/critérios.

Os exemplos utilizados para descrever este método foram retirados do material de livre acesso (COYLE, 2004a), que foi extraído do livro “*Practical Strategy: Structured Tools and Techniques*”, de autoria de Geoff Coyle (COYLE, 2004b).

O problema de decisão é resolvido em três fases:

Fase 1. Decomposição. Nesta fase é construída uma rede hierárquica que represente o problema de decisão, como mostra a Figura 3.3. No topo da hierarquia encontra-se o objetivo global e nos níveis mais baixos são definidos os critérios, subcritérios e alternativas.

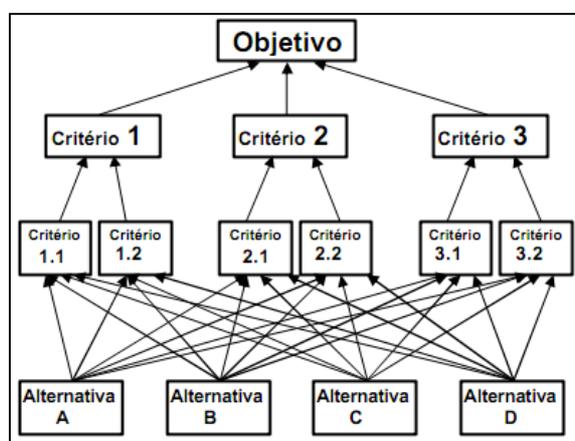


Figura 3.3 - Estrutura do AHP (SAATY e VARGAS, 2001)

Fase 2. Julgamentos comparativos. Uma matriz de preferências para cada nível da hierarquia deve ser definida, comparando pares de critérios e alternativas. O decisor deve decidir quão importante é um critério/alternativa para uma determinada situação de tomada de decisão com base na escala, descrita na Tabela 3.7:

Tabela 3.7 - Escala Fundamental de Saaty (SAATY e VARGAS, 2001)

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o alcance do objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

A matriz de comparações terá um formato semelhante ao ilustrado na Figura 3.4 e obedecerá as seguintes regras:

Dada uma matriz $n \times n$ $A = w_{ij}$. Sendo:

- i , subíndice referente à linha da matriz A ;
- j , subíndice referente à coluna da matriz A ;
- w , peso atribuído ao critério/alternativa;
- n , número de critérios/alternativas.

Um(a) critério/alternativa é atribuído(a) tanto para as linhas quanto para as colunas. Deste modo, os valores de w_{ij} são obtidos de acordo com a comparação do(a) critério/alternativa da linha (C_i) pelo(a) critério/alternativa da coluna (C_j), conforme descrito a seguir:

- w_{ij} , se C_i domina C_j ;
- $1/w_{ij}$, se C_j domina C_i ;
- 1, se nenhum domina o outro.

	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	1	1/3	5	1
C_2	3	1	5	1
C_3	1/5	1/5	1	1/5
C_4	1	1	5	1

Figura 3.4 - Exemplo de uma matriz de comparações com 4 critérios (COYLE, 2004a)

Com relação às alternativas, será elaborada uma matriz de comparação levando em consideração cada critério separadamente.

Fase 3. Síntese de prioridades. Das matrizes de comparação geradas na fase anterior são derivados os autovetores de prioridades, que mostrarão a dominância dos critérios e das alternativas (para cada critério). Existem várias formas de obter um autovetor, uma delas é multiplicar todas as entradas de cada linha da matriz e calcular a raiz enésima deste produto, como mostra a Equação (3.4.2.11). A soma de todas as raízes enésimas será utilizada para normalizar os elementos do autovetor. A soma dos elementos normalizados deve resultar em 1.

$$w_i = \sqrt[n]{\left(\prod_{j=1}^n w_{ij}\right)} \quad (3.4.2.11)$$

A Figura 3.5 apresenta um exemplo de cálculo de autovetor.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Raiz enésima	Autovetor
A ₁	1	1/3	1/9	1/5	0,293	0,058
A ₂	3	1	1	1	1,316	0,262
A ₃	9	1	1	3	2,279	0,454
A ₄	5	1	1/3	1	1,136	0,226
Total					5,024	1

Figura 3.5 - Exemplo de cálculo de autovetor (COYLE, 2004a)

Uma vez construídas todas as matrizes, é importante realizar uma análise de sensibilidade, especialmente nos pesos dos critérios, a fim de perceber a resistência dos valores das alternativas a possíveis mudanças nas preferências do decisor. No AHP, essa análise de sensibilidade é feita a partir do cálculo do Razão de Consistência (CR - *Consistency Ratio*), que mede o quão consistente foram os julgamentos das preferências e é representado pela Equação (3.4.2.12). Se CR for maior do que 0,1 os julgamentos são considerados não confiáveis, significando que as avaliações precisam ser repetidas.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.4.2.12)$$

Onde:

- CR: Razão de Consistência
- CI: Índice de Consistência
- RI: Índice Randômico

SAATY e VARGAS (2001) propõem uma tabela com os índices randômicos de matrizes de ordem n , como mostra a Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Índice Randômico Médio do AHP para matrizes quadradas de ordem n (SAATY e VARGAS, 2001)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

O Índice de Consistência pode ser obtido a partir da Equação (3.4.2.13).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.4.2.13)$$

Para calcular o λ_{max} , primeiramente, multiplica-se os elementos de cada linha pelos elementos do vetor. Para os valores estabelecidos na Figura 3.5, teremos:

- $1*0.058 + 1/3*0.262 + 1/9*0.454 + 1/5*0.226 = 0.240$
- $3*0.058 + 1*0.262 + 1*0.454 + 1*0.226 = 1.116$
- $9*0.058 + 1*0.262 + 1*0.454 + 3*0.226 = 1.916$
- $5*0.058 + 1*0.262 + 1/3*0.454 + 1*0.226 = 0.928$

Em seguida, cada elemento do vetor resultante (0.240, 1.116, 1.916, 0.928) é dividido pelo autovetor correspondente, gerando os seguintes valores:

- $0.240/0.058 = 4.137$
- $1.116/0.262 = 4.259$
- $1.916/0.454 = 4.22$
- $0.928/0.226 = 4.11$

λ_{max} corresponderá à média destes valores, ou seja, 4.18. Se o valor estimado para λ_{max} ficar abaixo de n (4 neste caso), significa que houve um erro no cálculo.

Neste exemplo, CI será igual a 0.060. Para $n=4$, RI tem o valor 0.89. Isto resulta em um CR de 0.0674, ou seja $CR < 0.1$, significando que os julgamentos ficaram dentro do limite de consistência.

O estágio final é construir a matriz de autovetores, chamada de *Option Performance Matrix* (OPM), que sumariza a capacidade de todas as alternativas em termos de cada critério. O autovetor dos critérios é chamado de *Relative Value Vector* (RVV) e o resultado final, chamado de vetor *Value For Money* (VFM) é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$VFM = OPM * RVV \quad (3.4.2.14)$$

A alternativa escolhida deve ser a que obtiver o maior valor para VFM.

Em (HOU *et al.*, 2008; SHANG e SU, 2009b; SHANG e SU, 2009a; SASAKI *et al.*, 2012) podem ser encontrados exemplos de adoção do método AHP.

3.4.2.6. EVAMIX

O método EVAMIX (*Evaluation of Mixed Criteria*) (VOOGD, 1983) possibilita avaliação com base em critérios que podem ser parcialmente quantitativos e parcialmente qualitativos. Uma matriz de avaliação de dados mistos pode ter um formato semelhante ao ilustrado na Figura 3.6.

		Alternativas				
		A	B	C	D	...
Critérios	1	+	+++	+	o	...
	2	57	14	89	124	...
	3	--	+	o	+++	...
	4	++	+	++	-	...
	5	306	884	9	128	...
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...

Figura 3.6 - Exemplo de uma matriz de avaliação de dados mistos (VOOGD, 1983)

O conjunto de critérios é dividido em critérios qualitativos (ordinais) *O* e critérios quantitativos (cardinais) *C*. Para ambos os conjuntos, os critérios de dominância são calculados a partir da Equação (3.4.2.15).

$$\alpha_{ii'} = \left[\sum_{j \in O} \{w_j \cdot \text{sgn}(x_{ji} - x_{ji'})\}^p \right]^{\frac{1}{p}}$$

$$\beta_{ii'} = \left[\sum_{j \in C} \{w_j \cdot (x_{ji} - x_{ji'})\}^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (3.4.2.15)$$

$$f(x_{ji} - x_{ji'}) = \begin{cases} +1 & \text{se } x_{ji} > x_{ji'} \\ 0 & \text{se } x_{ji} = x_{ji'} \\ -1 & \text{se } x_{ji} < x_{ji'} \end{cases}$$

Onde:

- p é um fator de escala arbitrário que controla as influências de diferenças decorrentes de critérios menores. Pode ser escolhido qualquer valor ímpar para que os sinais não sejam distorcidos.
- x_{ji} representa a avaliação da alternativa i com relação ao critério j .
- w_j é o peso atribuído ao critério j .

Para calcular o valor de $\alpha_{ii'}$, as avaliações quantitativas devem ser normalizadas a partir da equação:

$$x_{ji} = \frac{e_{ji} - e_j^-}{e_j^+ - e_j^-} \quad (3.4.2.16)$$

Onde:

- e_j^- é a menor avaliação para o critério j .
- e_j^+ é a maior avaliação para o critério j .
- e_{ji} é a avaliação para o critério j a ser normalizada.

Todas as avaliações normalizadas devem ter a mesma orientação, ou seja, uma avaliação mais alta deve, por exemplo, ser considerada melhor. As avaliações de critérios do tipo “quanto menor, melhor” devem ser transformadas, por exemplo, subtraindo de 1.

Para ser consistente, o fator de escala p deve receber o mesmo valor tanto em $\alpha_{ii'}$ como em $\beta_{ii'}$. Quanto maior o valor de p , menos influência sobre valor da medida de dominância terão as diferenças entre alternativas para o menor critério. $p=1$ é um valor razoável quando os pesos dos critérios são confiáveis. Quando isto não é verdade, um valor mais alto deve ser atribuído.

O próximo passo é igualar as dimensões de $\alpha_{ii'}$ e $\beta_{ii'}$ de modo a torná-las comparáveis. Para tal, pode-se adotar a técnica *subtractive summation*, onde:

$$\delta_{ii'} = \alpha_{ii'} \cdot \left(\sum_i \sum_{i'} |\alpha_{ii'}| \right)^{-1} \quad (3.4.2.17)$$

$$\sigma_{ii'} = \beta_{ii'} \cdot \left(\sum_i \sum_{i'} |\beta_{ii'}| \right)^{-1}$$

A medida de dominância combinada ($q_{ii'}$) para cada par é determinada por:

$$q_{ii'} = w_o \delta_{ii'} + w_c \sigma_{ii'} \quad (3.4.2.18)$$

Onde:

- w_o é a soma dos pesos atribuídos aos critérios ordinais.
- w_c é a soma dos pesos atribuídos aos critérios cardinais.

A avaliação final é dada pela Equação (3.4.2.19):

$$3.5. \mathbf{u}_i = \frac{1}{n} \sum_{i'=1}^n q_{ii'} \quad (3.4.2.19)$$

A alternativa com o maior valor para i é considerada a melhor.

3.5.1.1. ELECTRE I

O método ELECTRE I (FIGUEIRA *et al.*, 2005b), assim como os métodos ELECTRE II (seção 3.5.1.2), ELECTRE III (seção 0) e ELECTRE IS (seção 3.5.1.4), faz parte da família ELECTRE – *ELimination Et Choix Traduisant la REALité* (Eliminação e Escolha Refletindo a Realidade, em tradução livre). Proposto por Bernard

Roy na década de 60, este método fundamenta-se na construção de uma relação de subordinação que incorpora as preferências estabelecidas pelo decisor diante das alternativas disponíveis. Uma relação de subordinação S é uma relação binária definida em A tal que iSj , se i é pelo menos tão boa quanto j .

Para cada par de alternativas, apenas uma das seguintes situações podem ocorrer:

- iSj e não jSi , ou seja, iPj (i é estritamente preferível à j)
- iSj e jSi , ou seja, iIj (i é indiferente à j)
- Não iSj e não jSi , ou seja, iRj (i é incomparável à j)

No ELECTRE I, esta relação é construída a partir dos conceitos de concordância e discordância. A concordância entre duas alternativas i e j representa a disposição do decisor em escolher a alternativa i no lugar da alternativa j . O Índice de Concordância (C) representa uma razão ponderada dos critérios para os quais a alternativa i é preferida ou equivalente à alternativa j e é definido a partir da Equação (3.4.2.20).

$$C(i, j) = \sum_{k: z(i,k) \geq z(j,k)} w_k \quad (3.4.2.20)$$

Onde:

- $z(j, k)$ é a avaliação da alternativa j , segundo o critério k .
- $\sum w = 1$.

Para maior clareza, os índices de concordância são apresentados na forma de uma matriz de concordância, onde $C(i, j)$ representa o elemento da linha i e coluna j , ou seja, a satisfação que o decisor sente ao preferir a alternativa i frente à alternativa j , com relação a certo critério.

O conceito de discordância (D) é complementar e representa o quanto a escolha de i é prejudicial em relação à j . Para calcular o índice da discordância é necessário definir uma escala numérica comum a todos os critérios. Esta escala é usada para comparar o desconforto, diante de todos os critérios, causado pela escolha de alternativa i no lugar da alternativa j . O critério que apresentar o maior valor na sua escala será aquele no qual o decisor experimenta o maior desconforto ao ir de um nível melhor a outro pior. Este índice é calculado da seguinte forma:

$$D(i, j) = \max_{k: z(i, k) < z(j, k)} \{z(j, k) - z(i, k)\} \quad (3.4.2.21)$$

Onde:

- $z(j, k)$ é a avaliação da alternativa j , segundo o critério k .

O valor de $D(i, j)$ é 0 quando não houver discordância de que $z(j, k) < z(i, k)$, para todo k .

Os índices de discordância também são apresentados na forma de uma matriz de discordância, onde $D(i, j)$ representa o elemento da fila i e coluna j , ou seja, o desconforto experimentado pelo decisor ao optar pela alternativa i frente à alternativa j , sob um determinado critério.

Os índices de concordância e discordância têm que ser computados para cada par de alternativas (i, j) , onde $i \neq j$.

Uma vez obtidas as matrizes de concordância e discordância, passa-se para a segunda fase do processo, na qual o decisor estabelece limites para p (índice mínimo de concordância) e q (índice máximo de discordância). Estes limites serão utilizados na investigação da relação de subordinação, onde se constrói a matriz binária de superação, na qual 1 significa que iSj , ou seja, $C(i, j) \geq p$ e $D(i, j) \leq q$, e 0 significa não iSj .

Realizando as comparações para cada par de alternativas, obtém-se o grafo de subordinação, adotando as terminologias apresentados a seguir:

- $\textcircled{2}$ Representa uma alternativa na forma de nó.
- \longrightarrow Representa a dominância de uma alternativa sobre outra, em termos de preferência.

O conjunto reduzido das alternativas não dominadas, conhecido como núcleo, é extraído do grafo, observando-se as seguintes condições:

1. Uma alternativa selecionada não pode dominar outra também selecionada;
2. Cada alternativa dominada (não selecionada) deve ser dominada, pelo menos, por uma das alternativas selecionadas.

No exemplo de grafo ilustrado na Figura 3.7, as alternativas de maior atratividade são as alternativas 1, 4 e 5.

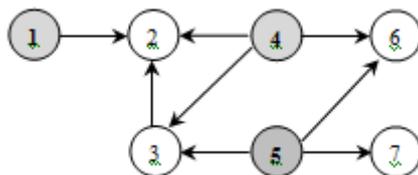


Figura 3.7- Exemplo de grafo do método ELECTRE I

Exemplos de utilização do método ELECTRE I podem ser encontrados em (SALOMON, 2004; HELMANN, 2008; SIQUEIRA e ALMEIDA FILHO, 2011; WU *et al.*, 2011a).

3.5.1.2. ELECTRE II

O método ELECTRE II (FIGUEIRA *et al.*, 2005b) é uma extensão do ELECTRE I. Foi projetado no final da década de 60 por Bernard Roy e tem como objetivo ordenar as alternativas da melhor para a pior, por meio dos conceitos de Índice de Concordância (C), Índice de Discordância (D), Limiar de Concordância (p), Limiar de Discordância (q) e Relações de Subordinação. Utiliza como dados de entrada, os gráficos produzidos no ELECTRE I e trabalha com dois níveis de subordinação: uma forte (S^F) e outra fraca (S^f). Para isso, considera alguns parâmetros (p^* , q^* , p^0 , q^0) que servirão como fronteiras de concordância e discordância, necessárias para a identificação dos relacionamentos de dominância.

Considerando que $0 < p^0 < p^* < 1$ e $0 < q^0 < q^* < 1$, têm-se as relações de subordinação descritas na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Relações de subordinação no ELECTRE II

Subordinação Forte (S^F)	Subordinação Fraca (S^f)
$iS^F j \begin{cases} C(i, j) \geq p^* \\ D(i, j) \leq q^* \\ \sum W_+ \geq \sum W_- \end{cases}$	$iS^f j \begin{cases} C(i, j) \geq p^0 \\ D(i, j) \leq q^0 \\ \sum W_+ \geq \sum W_- \end{cases}$

A partir da determinação destas relações, são traçados o grafo de subordinação forte (G^F) e o grafo de subordinação fraca (G^f), que serão utilizados para a ordenação das alternativas.

A técnica de destilação é utilizada para ordenar a informação de duas diferentes formas:

- Ordenação descendente (Z_1): a partir de G^F são identificadas as alternativas que não são dominadas. Este conjunto é definido por C . Em seguida, são identificadas as alternativas do conjunto C que não são dominadas em G^f . Para este conjunto, definido por A , é definida uma ordenação. O próximo passo é eliminar de G^F e G^f as alternativas (nós) do conjunto A , bem como os fluxos (setas) que partem destes nós, fechando, assim, a primeira iteração. A iteração seguinte segue os mesmos passos, porém, utilizando os novos grafos gerados na iteração anterior. O procedimento continua até que todos os nós de G^F e G^f sejam eliminados.
- Ordenação ascendente (Z_2): inicialmente, os sentidos das setas de G^F e G^f são invertidos, o que equivale a modificar as preferências manifestadas. O processo iterativo é o mesmo adotado na ordenação descendente, porém, tendo como resultado uma ordenação da pior para a melhor alternativa. Ao final, inverte-se a ordenação ascendente, obtendo-se uma nova ordenação descendente.

Normalmente, as duas ordenações obtidas não são idênticas, porém, próximas. Neste caso, o decisor pode escolher a média entre elas, como definido pela Equação (3.4.2.22). Caso contrário, deve-se redefinir o problema e reaplicar o método.

$$Z(\mathbf{a}) = \frac{Z_1(\mathbf{a}) + Z_2(\mathbf{a})}{2} \quad (3.4.2.22)$$

Em (WU *et al.*, 2011b) pode ser encontrado um exemplo de utilização do método ELECTRE II.

3.5.1.3. ELECTRE III

O método ELECTRE III (FIGUEIRA *et al.*, 2005b) foi desenvolvido em 1978 para melhorar o ELECTRE II de modo a tornar possível lidar com a falta de precisão dos dados. A novidade deste método é a introdução de um novo limite: o limite de veto v . Este limite é um valor tal que, a partir dele, a afirmação iSj é refutada, ou seja, não existe possibilidade de a alternativa i ser tão boa quanto a j .

A construção da relação de subordinação requer a definição de um Índice de Credibilidade ($P(i,j)$), que caracteriza a credibilidade da afirmação iSj . Este índice é calculado a partir dos índices de Concordância e Discordância, como mostra a Equação (3.4.2.23).

Índice de Credibilidade:

$$P(i,j) = C(i,j) \cdot \prod_{g \in G(i,j)} \frac{1 - D_g(i,j)}{1 - C(i,j)} \quad (3.4.2.23)$$

Onde:

- $G(i,j)$ é o conjunto de critérios para os quais $D_g(i,j) > C(i,j)$.

Índice de Concordância:

$$C(i,j) = \sum_{k=1}^m w_k c_k(i,j) \quad (3.4.2.24)$$

Onde:

- w_k é o peso do critério k .

- $c_k(i,j)$ é o nível de subordinação das alternativas i e j com relação ao critério k (Equação (3.4.2.25)).

$$c_k(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{se } iS_kj \\ \frac{g_k(i) - g_k(j) + p_k}{p_k - q_k} & \text{se } iQ_kj \\ 0 & \text{se } jP_ki \end{cases} \quad (3.4.2.25)$$

Onde:

- iP_kj : $g_k(i) \geq g_k(j) + p_k$ (preferência forte)
- iQ_kj : $g_k(j) + q_k < g_k(i) \leq g_k(j) + p_k$ (preferência fraca)
- iI_kj : $g_k(j) - q_k \leq g_k(i) \leq g_k(j) + q_k$ (indiferença)
- $g_k(i)$: avaliação do critério k para a alternativa i .
- p_k : limite de preferência para o critério k .
- q_k : limite de indiferença para o critério k .

Estes limites de preferência e indiferença são determinados pelo decisor e exprimem o grau de sensibilidade que ele deseja ao comparar duas alternativas.

Índice de Discordância:

$$D_k(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{se } g_k(j) > g_k(i) + v_k \\ 0 & \text{se } g_k(j) > g_k(i) + p_k \\ \frac{g_k(j) - g_k(i) - p_k}{v_k - p_k}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.4.2.26)$$

Uma vez construída a matriz de credibilidade, são realizadas duas pré-classificações: uma descendente e outra ascendente.

- Ordenação descendente (Z_I): determina-se um valor λ , o qual será o máximo valor da matriz de credibilidade ($\lambda = \max P(i, j)$). Define-se, então, um coeficiente de “relaxamento” para λ , por meio da fórmula $\lambda - s(\lambda)$. O valor do limite $s(\lambda)$ não tem base teórica e 0,15 é um valor frequentemente adotado. Apenas os valores de $P(i, j)$ maiores ou iguais a $s(\lambda)$ serão considerados. A qualificação de uma alternativa i é a quantidade de alternativas subordinadas a i menos a quantidade de alternativas que subordinam i . As alternativas com as melhores qualificações são agrupadas no conjunto A . Quando o conjunto A apresenta apenas uma alternativa, esta alternativa é retirada do conjunto e o

procedimento é repetido para as demais alternativas até que a ordenação esteja completa. Quando o conjunto A possui mais de uma alternativa, o procedimento é executado dentro dele.

- Ordenação ascendente (Z_2): utiliza-se o mesmo processo, com a diferença de que, em cada etapa, retira-se a alternativa com a pior qualificação.

Como as ordenações Z_1 e Z_2 , normalmente, não são iguais, a ordenação final Z pode ser obtida por meio da média das ordenações, como ocorre no método ELECTRE II.

Exemplos de utilização deste método podem ser observados em (ZHANG e YUAN, 2005; ALOMOUSH, 2009).

3.5.1.4. ELECTRE IS

O método ELECTRE IS (FIGUEIRA *et al.*, 2005b) foi desenvolvido na década de 80 e trouxe como diferencial a adoção do conceito de pseudocritério, que considera a possibilidade de hesitação ou incerteza, por parte do decisor, ao afirmar que uma alternativa i é, de fato, pelo menos, tão boa quanto uma alternativa j .

Assim como o ELECTRE III, este método também faz uso de limites de preferência p_k , indiferença q_k e veto v_k .

O Índice de Concordância é determinado da mesma forma que no método ELECTRE III. Porém, Índice de Discordância é determinado pela Equação (3.4.2.27).

$$D(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_k(i) + v_k \geq g_k(j) + q_k \cdot \eta_k \\ 1, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.4.2.27)$$

$$\eta_k = \frac{1 - C(i, j) - w_k}{1 - s - w_k}$$

Onde:

- s é o limite de concordância.

Por fim, com base na Equação (3.4.2.28), as relações de sobreposição podem ser estabelecidas. Estas relações são representadas em um grafo para a identificação do núcleo contendo as alternativas mais atraentes, como ocorre no ELECTRE I.

$$iSj = \begin{cases} 1 & \text{se } C(i,j) \geq s \text{ e } D(i,j) = 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.4.2.28)$$

Onde:

$$- 0,5 \leq s \leq s^* = 1 - \min (w_k)$$

O valor mínimo de 0,5 para o limite de concordância significa que um percentual suficientemente alto de critérios – pelo menos 50% – deve ser favorável à afirmação iSj . Por outro lado, definir s maior do que s^* implica que iSj apenas se iS_kj para todos os critérios.

3.5.1.5. PROMETHEE I

O método PROMETHEE I (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*) (BRANS e MARESCHAL, 2005) foi desenvolvido por Jean-Pierre Brans e apresentado pela primeira vez em 1982.

A estrutura de preferência desse método é baseada em comparações por pares, que verificam o desvio na avaliação de duas alternativas. Isto quer dizer que, para cada critério, o decisor terá em mente uma função de preferência do tipo:

$$P_k(i,j) = F_k[d_k(i,j)] \quad (3.4.2.29)$$

$$d_k(i,j) = g_k(i) - g_k(j)$$

Onde:

- i e j são alternativas.
- $g_k(i)$ é a avaliação da alternativa i para o critério k .
- $0 \leq P_k(i,j) \leq 1$

BRANS e MARESCHAL (2005) apresentaram seis tipos de funções de preferência, juntamente com seus significados (Tabela 3.10).

Tabela 3.10 - Tipos de funções de preferência (BRANS e MARESCHAL, 2005)

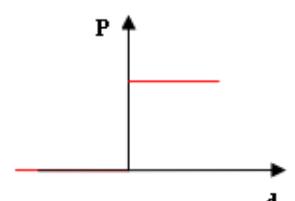
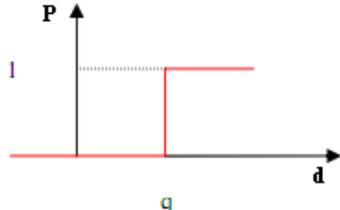
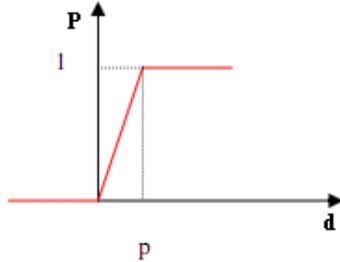
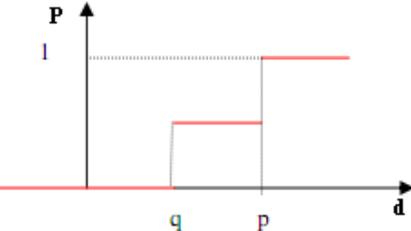
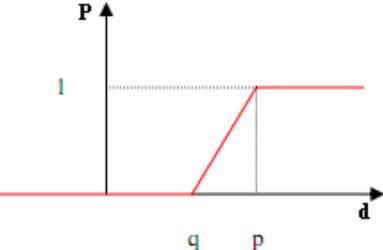
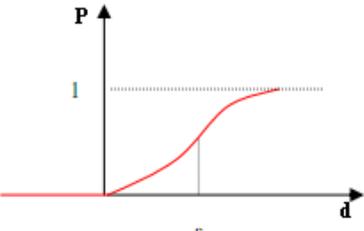
Função	Definição
<p><i>Usual</i></p> 	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$

Tabela 3.10 - Tipos de funções de preferência (BRANS e MARESCHAL, 2005)

Função	Definição
<p><i>U-Shape</i></p> 	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$
<p><i>V-Shape</i></p> 	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$
<p><i>Level</i></p> 	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$
<p><i>V-Shape I</i></p> 	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$
<p><i>Gaussian</i></p> 	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases}$

* q é um limite de indiferença; p é um limite de preferência estrita; e s é um valor intermediário entre q e p .

Para definir uma ordenação nos métodos PROMETHEE, índices de preferência e fluxos de subordinação devem ser definidos.

Os índices de preferência são estabelecidos como segue:

$$\begin{cases} \pi(i, j) = \sum_{k=1}^m P_k(i, j) \cdot w_k \\ \pi(j, i) = \sum_{k=1}^m P_k(j, i) \cdot w_k \end{cases} \quad (3.4.2.30)$$

$\pi(i, j)$ expressa em que grau i é preferível a j com relação a todos os critérios e $\pi(j, i)$ expressa o quanto j é preferido a i .

- $\pi(i, j) \sim 0$ → preferência global fraca de i sobre j .
- $\pi(i, j) \sim 1$ → preferência global forte de i sobre j .

São dois os fluxos de subordinação: o fluxo positivo de subordinação e o fluxo negativo de subordinação.

Fluxo positivo de subordinação:

$$\phi^+(j) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(i, x) \quad (3.4.2.31)$$

Fluxo negativo de subordinação:

$$\phi^-(j) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, i) \quad (3.4.2.32)$$

O fluxo positivo de subordinação expressa o quanto uma alternativa i subordina todas as demais alternativas. Quanto mais alto o valor de ϕ^+ melhor é alternativa (Figura 3.8(a)). Ele reflete a força da alternativa. Já o fluxo de subordinação negativo expressa o quanto uma alternativa i é subordinada pelas demais. É o reflexo da fraqueza da alternativa. Quanto mais baixo o valor de ϕ^- melhor é alternativa (Figura 3.8(b)).

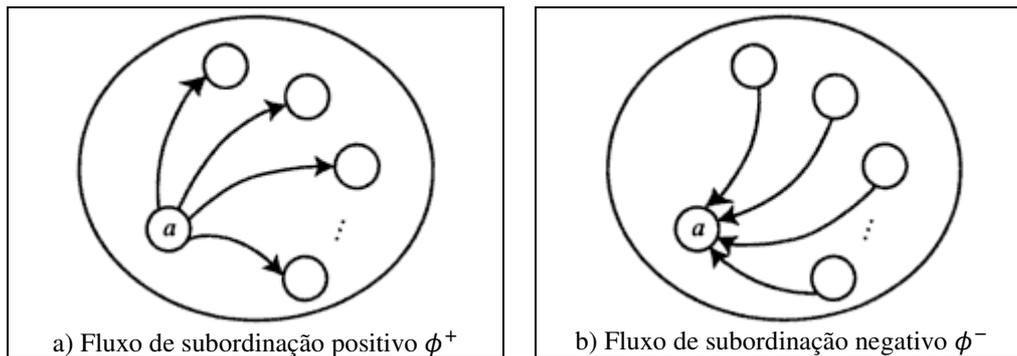


Figura 3.8 - Fluxos de subordinação do PROMETHEE (BRANS e MARESCHAL, 2005)

A ordenação parcial do PROMETHEE I se dá por meio dos fluxos positivo e negativo. Estes fluxos, normalmente, não geram a mesma classificação. Por isso, no final, faz-se uma intercessão dos dois.

$$\left\{ \begin{array}{l} iPj \text{ se } \left\{ \begin{array}{l} \phi^+(i) > \phi^+(j) \text{ e } \phi^-(i) < \phi^-(j), \text{ ou} \\ \phi^+(i) = \phi^+(j) \text{ e } \phi^-(i) < \phi^-(j), \text{ ou} \\ \phi^+(i) > \phi^+(j) \text{ e } \phi^-(i) = \phi^-(j) \end{array} \right. \\ \\ iIj \text{ se } \phi^+(i) = \phi^+(j) \text{ e } \phi^-(i) < \phi^-(j) \\ \\ iRj \text{ se } \left\{ \begin{array}{l} \phi^+(i) > \phi^+(j) \text{ e } \phi^-(i) > \phi^-(j), \text{ ou} \\ \phi^+(i) < \phi^+(j) \text{ e } \phi^-(i) < \phi^-(j) \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (3.4.2.33)$$

Onde:

- *P* define preferência.
- *I* define indiferença.
- *R* define incomparabilidade.

Este método não decide qual alternativa é a melhor, ficando esta responsabilidade por conta do decisor.

Exemplo de adoção do método PROMETHEE I pode ser observado em (DAĞDEVIREN, 2008; BALALI *et al.*, 2010).

3.5.1.6. PROMETHEE II

A diferença entre o método PROMETHEE I e o PROMETHEE II está na ordenação, que neste último se dá de forma completa. Para tal, é calculado um Índice Líquido de Preferência ϕ (Equação (3.4.2.34)).

$$\phi(i) = \phi^+(i) - \phi^-(i) \quad (3.4.2.34)$$

- $\phi(i) > \phi(j) \leftrightarrow iPj$
- $\phi(i) = \phi(j) \leftrightarrow iIj$

No PROMETHEE II não existe incomparabilidade.

Exemplos de utilização do método PROMETHEE II podem ser encontrados em (MYSZKA, 2005; DAĞDEVIREN, 2008; BALALI *et al.*, 2010).

3.5.2. Seleção do Método AMD Adequado

Para a execução desta etapa, cada método foi cuidadosamente estudado a fim de identificar a presença ou ausência de cada uma das características específicas, necessárias para tratar o problema de decisão contido nesta dissertação. Estas características, descritas na Tabela 3.11, foram estabelecidas e justificadas na seção 3.3.2.

Tabela 3.11 - Características específicas estabelecidas para o método AMD

ID	Característica
1	Não apresentar restrições quando ao número de alternativas
2	Não apresentar restrição de independência mútua entre os critérios
3	Exigir mínima interação por parte do decisor
4	Identificar a melhor alternativa ou determinar indiferença entre elas

As caracterizações dos métodos AMD candidatos podem ser encontradas a seguir. No estudo, foi observado se o método atendia ou não cada característica necessária. Para tornar a caracterização mais transparente, toda a análise foi devidamente justificada.

Soma Ponderada

Tabela 3.12 - Caracterização do método Soma Ponderada

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	não	O método exige independência mútua entre os critérios.
	3	sim	O método está de acordo com o mínimo estabelecido. Exige apenas a definição das alternativas e dos critérios e a valoração das características e pesos.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

TOPSIS

Tabela 3.13 - Caracterização do método TOPSIS

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	sim	O método está de acordo com o mínimo estabelecido. Exige apenas a definição das alternativas e dos critérios e a valoração das características e pesos.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

MAVT

Tabela 3.14 - Caracterização do método MAVT

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	Como a função aditiva não poderá ser utilizada devido à restrição de independência preferencial mútua, o método exigirá do decisor a definição de uma função de valor.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

SMART

Tabela 3.15 - Caracterização do método SMART

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios, desde que não se utilize a função aditiva.
	3	não	Como a função aditiva não poderá ser utilizada devido à restrição de independência preferencial mútua, o método exigirá do decisor a definição de uma função de valor.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

AHP

Tabela 3.16 - Caracterização do método AHP

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	O método exige uma maior interação por parte do decisor, devido às comparações pareadas para os critérios e para as alternativas com relação a cada critério.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

EVAMIX

Tabela 3.17 - Caracterização do método EVAMIX

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	Apesar de haver comparações pareadas das alternativas com relação a cada critério, quando os critérios são todos quantitativos, estas comparações podem ser realizadas automaticamente. Porém, o método exige ainda, a definição de um fator de escala p , que pode receber o valor 1 apenas quando o decisor tem confiança nos pesos atribuídos aos critérios, o que pode não ocorrer em 100% das tomadas de decisão.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

ELECTRE I

Tabela 3.18 - Caracterização do método ELECTRE I

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	Além do mínimo estabelecido, o método exige a definição dos limites de preferência (p) e indiferença (q), que pode não ser trivial.
	4	sim	Apesar de o resultado do método ser um conjunto das alternativas consideradas mais atrativas (sem definir uma ordem), quando considerando apenas duas alternativas, o método selecionará uma alternativa.

ELECTRE II

Tabela 3.19 - Caracterização do método ELECTRE II

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	Além do mínimo estabelecido, o método exige a definição dos limites de preferência forte (p^* e q^*) e fraca (p^0 e q^0), que pode não ser trivial.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

ELECTRE III

Tabela 3.20 - Caracterização do método ELECTRE III

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	Além do mínimo estabelecido, o método exige a definição dos limites de preferência (p), indiferença (q) e veto (v), que pode não ser trivial.
	4	sim	Considerando apenas duas alternativas, caso o limite de veto não as considere indiferentes, o resultado do método apresentará a melhor alternativa.

ELECTRE IS

Tabela 3.21 - Caracterização do método ELECTRE IS

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios.
	3	não	Além do mínimo estabelecido, o método exige a definição dos limites de preferência (p), indiferença (q) e veto (v), que pode não ser trivial.
	4	sim	Por definir uma ordem, é possível identificar a melhor alternativa.

PROMETHEE I

Tabela 3.22 - Caracterização do método PROMETHEE I

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios, desde que não se utilize uma função de utilidade aditiva.
	3	não	Além do mínimo estabelecido, o método exige do decisor a escolha de uma função de utilidade para cada critério.
	4	sim	Apesar de o resultado do método ser um conjunto das alternativas consideradas mais atrativas (sem definir uma ordem), quando considerando apenas duas alternativas, o método ou selecionará a melhor alternativa ou concluirá que elas são indiferentes.

PROMETHEE II

Tabela 3.23 - Caracterização do método PROMETHEE III

		Atende	Justificativa
Características	1	sim	O método não apresenta restrições relacionadas à quantidade de alternativas.
	2	sim	O método não exige independência mútua entre os critérios, desde que não se utilize uma função de utilidade aditiva.
	3	não	Além do mínimo estabelecido, o método exige do decisor a escolha de uma função de utilidade para cada critério.
	4	sim	Quando considerando duas alternativas, o resultado do método ou será a melhor alternativa ou será a conclusão de que ambas são indiferentes.

A Tabela 3.24 apresenta a caracterização completa dos métodos AMD candidatos. Como pode ser observado, apenas o método TOPSIS atendeu a todas as características consideradas essenciais ao método que apoiará a tomada de decisão presente na proposta dessa dissertação.

Tabela 3.24 - Caracterização dos métodos AMD candidatos

Método	Características			
	1	2	3	4
Soma Ponderada	✓		✓	✓
TOPSIS	✓	✓	✓	✓
MAVT	✓	✓		✓
SMART	✓	✓		✓
AHP	✓	✓		✓
EVAMIX	✓	✓		✓
ELECTRE I	✓	✓		✓
ELECTRE II	✓	✓		✓
ELECTRE III	✓	✓		✓
ELECTRE IS	✓	✓		✓
PROMETHEE I	✓	✓		
PROMETHEE II	✓	✓		✓

3.6. Considerações Finais

Frequentemente, as pessoas são confrontadas com problemas complexos que exigem algum tipo de tomada de decisão. O processo de tomada de decisão deve levar em consideração diferentes pontos de vista, que podem ser definidos como critérios (FIGUEIRA *et al.*, 2005a).

Existem inúmeras técnicas de apoio à tomada de decisão, porém, nenhuma delas é completa o suficiente de modo a tratar qualquer tipo de situação de decisão (GUITOUNI e MARTEL, 1998). Por esta razão, cuidado especial deve ser tomado durante a escolha do método mais apropriado para uma determinada situação de decisão.

Este capítulo apresentou o procedimento para seleção de método AMD adotado nesta dissertação, que levou à conclusão de que o método TOPSIS é o mais adequado para tratar a situação de decisão relacionada à seleção da alternativa de processo mais apropriada para determinado projeto em execução.

Diante das dificuldades enfrentadas tanto na identificação de artigos com grau de detalhamento suficiente como na compreensão e compilação das informações dos 12 métodos AMD descritos neste capítulo, acredita-se que o corpo de conhecimento construído pode ser bastante útil não apenas para acadêmicos, mas também para profissionais de todas as áreas.

CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES EM UM PROCESSO EM EXECUÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO TOPSIS

Este capítulo apresenta a solução proposta para avaliação prévia da alteração do processo de desenvolvimento durante a execução do projeto utilizando o método de apoio à tomada de decisão TOPSIS.

4.1. Introdução

Processos de software são peculiares, visto que têm como objetivo descrever o trabalho de um profissional especializado executando uma atividade criativa (REIS *et al.*, 2002). Este tipo de processo é orientado a pessoas e, conseqüentemente, suscetível a desempenho e comportamento indesejados ou inesperados. Por esta razão, precisa ser continuamente avaliado de modo a identificar oportunidades de melhoria (FUGGETTA, 2000), que podem envolver a realização de modificações por meio de novas práticas, métodos ou ferramentas, mudança de ordem de atividades, introdução ou remoção de entregas ou introdução de novos papéis e responsabilidades (SOMMERVILLE, 2007).

Melhorias em processos de software podem ocorrer tanto em nível organizacional – quando realizadas nos processos padrão da organização – quanto em nível de projeto – quando se opta por implementá-las nos processos definidos para os projetos em execução.

As mudanças em processos padrão podem ser identificadas de diversas formas. É possível destacar algumas fontes importantes de identificação de oportunidades de melhoria (SOFTEX, 2011b):

- Medidas de desempenho que avaliam a capacidade dos processos;
- Avaliações oficiais MPS (MA-MPS) ou do CMMI (SCAMPI A, B ou C);
- Informações obtidas da equipe de implementadores dos processos padrão;
- Resultados de avaliações de produtos de trabalho gerados pelos processos;
- Resultados de *benchmarking* relacionados a processos de outras organizações;
- Lições aprendidas coletadas ao longo das implementações dos processos;

- Avaliações *post mortem*.

Uma vez identificadas as oportunidades de melhoria, estas são transformadas em itens de ação, que devem ser planejados e implementados nos processos padrão da organização. Dependendo do estágio de cada projeto, pode ser interessante que estes itens de ação também sejam implementados nos processos definidos para os projetos em execução.

Apesar da sua importância, a melhoria em processos, tanto em nível organizacional como em nível de projeto, pode se mostrar, muitas vezes, mais complicada, onerosa e sujeita a falhas do que a definição original do processo. Por esta razão, ela precisa ser controlada e seu impacto deve ser avaliado antes que seja realmente efetivada (RAFFO, 2005).

O estudo de mapeamento sistemático (Apêndice A) revelou que dentre as doze propostas que tratam a evolução dinâmica de processos (ocorridas durante a execução do projeto), apenas duas apresentam mecanismos para avaliar o impacto da mudança antes que ela seja realizada, são elas: PIE (BEYDEDA e GRUHN, 2004) e PROMPT (RAFFO, 2005). Mesmo assim, PIE apresenta a limitação de que a avaliação de impacto leva em consideração apenas dois parâmetros fixos, sem a possibilidade de avaliar outros objetivos do projeto. Além disso, exige dados históricos de execuções de projetos. PROMPT, apesar de avaliar o efeito da alteração com relação a qualquer parâmetro considerado relevante pelo gerente de projeto, faz uso de modelos de simulação que, embora forneçam uma visão mais ampla com relação ao comportamento do processo, são difíceis de construir e manter, pois exigem conhecimento tanto em construção de modelos de simulação como no processo de desenvolvimento a ser modelado (RAFFO *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2007). Além disso, como observado em (RUIZ *et al.*, 2001), a ausência de dados históricos – uma realidade na maioria das empresas de desenvolvimento de software – é um fator que também dificulta a construção de modelos de simulação.

Neste contexto, por apoiar a avaliação de alternativas por meio da análise de múltiplos objetivos (critérios) – cujos benefícios foram apresentados no Capítulo 3 – e não exigir dados históricos nem conhecimento que extrapole ao que já é esperado para a função que o decisor exerce, métodos multicritério de apoio à tomada de decisão podem

trazer resultados satisfatórios no tocante à avaliação prévia de mudanças em processos. A análise apresentada no Capítulo 3 identificou o método TOPSIS (YOON e HWANG, 1995) como sendo o mais adequado para analisar alternativas de processos com relação a critérios considerados relevantes ao contexto da melhoria, como por exemplo, objetivos estratégicos da organização ou objetivos de desempenho e qualidade dos projetos.

Esta dissertação tem, portanto, como objetivo principal, apresentar uma proposta para apoiar a implementação de melhorias, tanto em processos padrão como em processos definidos para projetos em execução, que forneça ao gerente do projeto um mecanismo para avaliar previamente, por meio do método de análise decisória multicritério TOPSIS, se o processo modificado é realmente mais adequado para o projeto do que o processo original.

Além desta seção introdutória, este capítulo traz, na seção 4.2, a descrição do processo de tomada de decisão com TOPSIS. A seção 4.3, apresenta o detalhamento da proposta. O mecanismo desenvolvido para apoiar tanto a tomada de decisão com TOPSIS como a condução de uma análise de sensibilidade dos pesos do modelo de decisão gerado é apresentado na seção 4.4. Por fim, na seção 4.5, é apresentado um cenário ilustrativo de utilização da proposta.

4.2. Processo de Tomada de Decisão para Melhoria em Processos

Segundo BANA E COSTA *et al.* (1999), o processo decisório é dividido em três fases: estruturação, avaliação e recomendações. Na fase de estruturação são definidos os atores de decisão, as alternativas e os critérios. Na fase de avaliação é construído o modelo de decisão, no qual os critérios são ponderados e desempenhos esperados para estes critérios em cada uma das alternativas são definidos. Nessa fase, métodos multicritério de apoio à tomada de decisão são utilizados para executar seu procedimento de agregação de critérios. Por fim, na fase de recomendações, são fornecidos aos atores subsídios para a decisão da melhor alternativa. Essa fase também engloba a análise de sensibilidade, onde é verificado se mudanças discretas nos parâmetros do modelo de decisão interferem no resultado final.

A proposta dessa dissertação fará uso de um processo baseado no método de apoio à tomada de decisão TOPSIS (YOON e HWANG, 1995). Este método está

fundamentado no conceito de que a alternativa escolhida deve ter a menor distância da solução ideal e a maior distância da solução indesejada ou anti-ideal.

A escolha do método TOPSIS deu-se a partir da comparação de 29 métodos AMD, com base em características consideradas essenciais para o método que apoiaria a decisão de escolher o melhor processo padrão para a organização ou o processo definido mais apropriado para um projeto em execução: o processo definido com base na versão anterior ou na nova versão do processo padrão de desenvolvimento. O estudo que selecionou o método TOPSIS e o detalhamento deste método podem ser encontrados no Capítulo 3.

Como em qualquer método multicritério de apoio à tomada de decisão, TOPSIS espera que o decisor defina as alternativas possíveis e os critérios que serão utilizados para comparar estas alternativas.

Os critérios de análise são definidos pelo próprio decisor e a escolha deles deve levar em consideração a criticidade da variação do desempenho do critério para o sucesso ou fracasso da implementação da melhoria no processo. Vale ressaltar que TOPSIS permite, sem a necessidade de artifícios, a adoção de critérios com escalas tanto orientadas positivamente (quanto maior, melhor) como negativamente (quanto menor, melhor).

TOPSIS leva em conta que cada critério pode ter uma importância distinta dentro do modelo de decisão. Por esta razão, o decisor também precisa definir os pesos para cada critério definido.

Uma vez definidos os critérios e seus respectivos pesos, o decisor deve informar o desempenho esperado para cada critério, em cada alternativa de processo. Nesta etapa, a experiência do decisor é fundamental para a construção de um bom modelo de decisão. Sempre que possível, a definição destes desempenhos também pode ser apoiada em dados históricos de execuções do processo padrão. O desempenho normalizado de cada critério é, então, multiplicado por seu respectivo peso.

Com os desempenhos esperados para cada critério, em cada alternativa, é possível identificar a Solução Ideal e a Solução Indesejada. Na versão original do TOPSIS, a Solução Ideal é formada pelos melhores desempenhos de cada critério

(observando a orientação da escala do critério), considerando todas as alternativas. Supondo que um dos critérios seja “prazo” e que os valores 30 e 40 dias sejam os desempenhos esperados para as alternativas de processo “A1” e “A2”, respectivamente, o melhor desempenho para este critério, que irá compor a Solução Ideal, é o de 30 dias. Inversamente, a Solução Indesejada é formada pelos piores desempenhos de cada critério, considerando todas as alternativas. Retornando ao exemplo anterior, para o critério “prazo”, o desempenho de 40 dias irá compor a Solução Indesejada.

LIU *et al.* (2011) adaptaram o método TOPSIS no tocante à forma de compor a Solução Ideal. No método TOPSIS original, a Solução Ideal é formada pelos melhores desempenhos em cada critério, considerando todas as alternativas. Para os autores, esta forma de compor a Solução Ideal não necessariamente satisfaz as necessidades dos clientes. Por esta razão, eles propõem que a Solução Ideal seja composta pelos desempenhos aspirados em cada alternativa. Este novo método TOPSIS foi utilizado na avaliação da qualidade dos serviços providos pelas quatro principais companhias aéreas de Taiwan.

No presente trabalho, essa adaptação foi considerada relevante, face à importância de se observar a proximidade das alternativas de processo com relação aos objetivos estratégicos da organização, quando se tratando de alterações no processo padrão, ou com relação aos objetivos do projeto, quando as alterações que ocorrem em processos definidos para projetos em execução.

TOPSIS faz uso da Distância Euclidiana para verificar a proximidade de uma alternativa com relação à Solução Ideal e à Solução Indesejável. Para tratar os casos onde as alternativas são consideradas concorrentes (uma alternativa está muito próxima da Solução Ideal enquanto outra está muito distante da Solução Indesejada), o método estabelece um índice de Similaridade com a Solução Ideal, o qual verifica o quão próxima uma alternativa se encontra da Solução Ideal e o quão distante ela se encontra da Solução Indesejada. A melhor alternativa é aquela que obtiver o maior Índice de Similaridade.

Como os pesos dos critérios são definidos com base na experiência do decisor, é importante verificar o qual sensível a pequenas variações é o modelo de decisão gerado. Diferentemente de métodos como o AHP (SAATY e VARGAS, 2001), o TOPSIS não

traz em seus passos alguma forma de condução da Análise de Sensibilidade. Neste trabalho, foi definida uma forma simplificada de conduzir a análise de sensibilidade dos pesos dos critérios.

A decisão de escolher a melhor alternativa de processo, normalmente, é tomada pelo conjunto de pessoas que compõem o Grupo de Processos da organização. Devido à dificuldade de se alcançar o consenso de opiniões individuais, funções de escolha social podem ser associadas aos métodos de apoio à tomada de decisão para que seja possível levar em consideração a opinião individual de cada decisor. Por esta razão, foi considerado relevante escolher uma função de escolha social.

A regra de escolha de Borda é uma forma simplificada de agregar os resultados individuais, onde cada decisor atribui a nota 0 para a última alternativa no seu *ranking*, 1 para a penúltima, ..., e $m-1$ para a sua alternativa preferida. As notas de cada alternativa, para cada decisor, são somadas e aquela que obtiver a maior soma é considerada a melhor alternativa. Exemplos de associação do método TOPSIS com a regra de Borda para tomada de decisão em grupo podem ser encontrados em (SHIH *et al.*, 2001; POCHAMPALLY e GUPTA, 2004; LIU *et al.*, 2005; WANG *et al.*, 2011b).

O processo de tomada de decisão, ilustrado na Figura 4.1, é iniciado sempre que houver a necessidade de alterar um processo padrão da organização ou um processo definido para um projeto em execução. É composto por três atividades: Estruturação, Avaliação e Recomendações. As tarefas que compõem a atividade Avaliação, bem como a tarefa Executar Análise de Sensibilidade, pertencente à atividade Recomendações, são executadas individualmente por cada decisor. No final, cada resultado individual é consolidado, chegando a um resultado do grupo de decisão. O detalhamento do processo é apresentado nas seções seguintes.

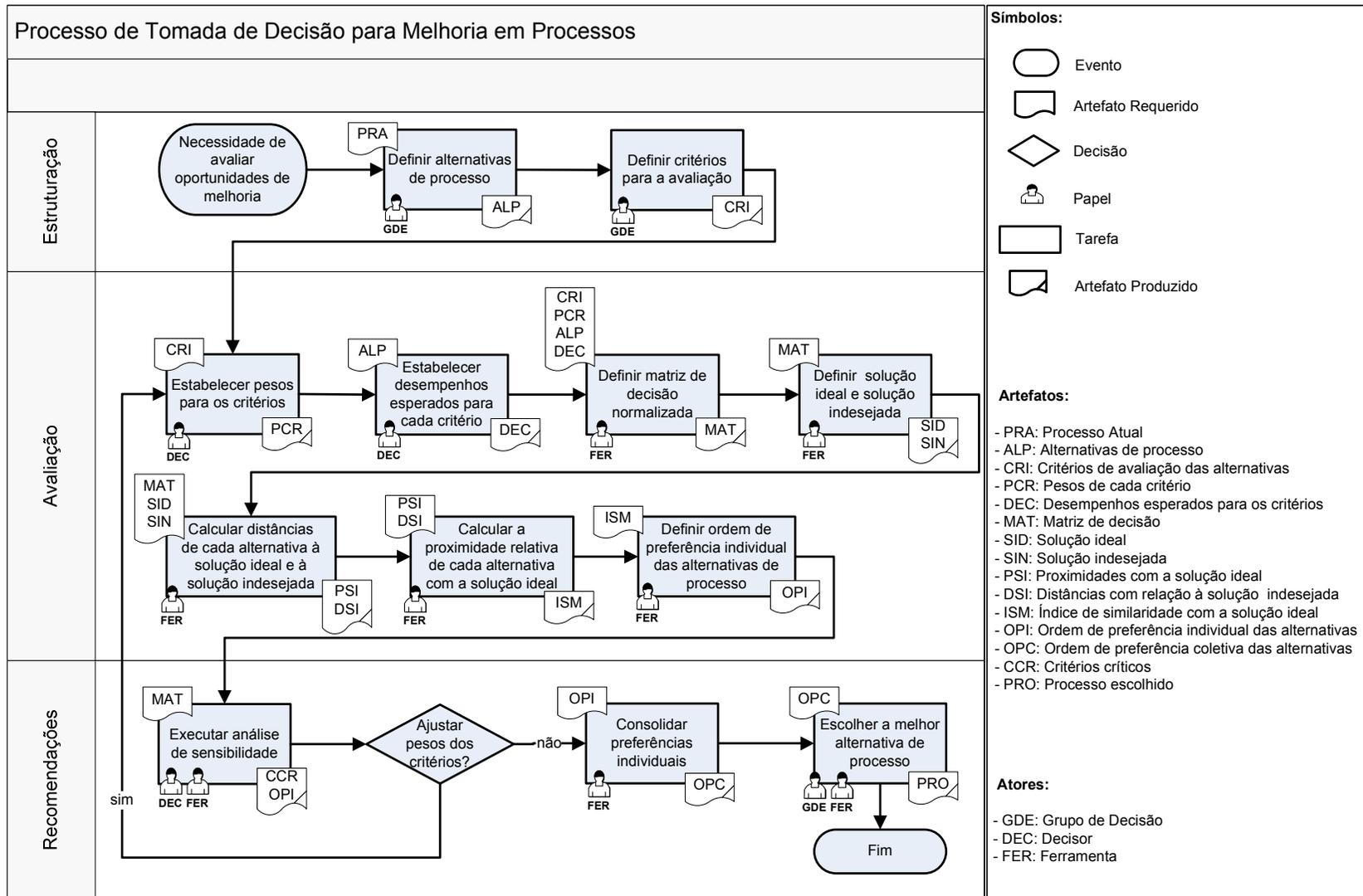


Figura 4.1 - Processo de tomada de decisão com TOPSIS

4.2.1. Estruturação

Nesta atividade, composta por duas tarefas, o grupo de decisão define as possíveis alternativas de processo (incluindo a versão original do processo), bem como os critérios que serão utilizados para avaliar cada alternativa.

Tarefa:	Definir alternativas de processo
Descrição:	Nesta tarefa, as possíveis alternativas de processo são definidas. O processo original também é considerado uma das alternativas.
Critérios de entrada	Ter chegado o momento de alterar um processo.
Critérios de saída	Ter definidas as possíveis alternativas de processo (incluindo o processo original).
Responsáveis:	Grupo de Decisão (GRD)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Processo atual
Artefatos produzidos:	Lista de alternativas de processo (incluindo o processo atual)
Tarefa:	Definir critérios para a avaliação
Descrição:	Nesta tarefa, os critérios que serão adotados para comparar as alternativas são definidos. Em se tratando de alterações em um processo padrão, estes critérios podem ser derivados dos atributos que medem o alcance dos objetivos de negócio da organização. Quando tratar-se de alterações no processo definido para um projeto, os critérios podem ser definidos a partir dos atributos que medem o alcance dos objetivos de qualidade e desempenho do projeto. Cada critério deve ter sua orientação da sua escala definida para que seja possível diferenciar critérios com escala orientada positivamente (quanto menor o desempenho, melhor) de critérios com escala orientada negativamente (quanto maior o desempenho, melhor).
Critérios de entrada	Ter alternativas de processo definidas.
Critérios de saída	Ter definido e classificado os critérios para avaliação das alternativas de processo.
Responsáveis:	Grupo de Decisão (GRD)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	-
Artefatos produzidos:	Lista de critérios com suas orientações (positiva ou negativa)

4.2.2. Avaliação

A atividade Avaliação é composta por sete tarefas, que, quando executadas geram o modelo de decisão para o problema de decisão a ser tratado. A partir deste modelo, uma ordem de preferência das alternativas de processo, definidas na atividade Estruturação, é estabelecida. As tarefas que compõem esta atividade são executadas individualmente, por cada participante do grupo de decisão.

Tarefa:	Estabelecer pesos para os critérios
Descrição:	Nesta tarefa, cada decisor define, por meio de pesos, a importância relativa de cada critério para o problema de decisão a ser tratado. Quando os critérios tiverem a mesma importância, eles receberão pesos iguais.
Critérios de entrada	Ter os critérios definidos.
Critérios de saída	Ter peso definido para cada critério (para cada decisor).
Responsáveis:	Decisor (DEC)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Lista de critérios
Artefatos produzidos:	Peso de cada critério (para cada decisor)
Tarefa:	Estabelecer desempenhos esperados para cada critério
Descrição:	Nesta tarefa, cada decisor estabelecerá o desempenho esperado para cada critério, considerando cada uma das alternativas de processo. Neste momento, o decisor deve valer-se de sua experiência com a execução do processo a ser alterado, e quando possível, de dados históricos e relatórios de medição.
Critérios de entrada	Ter os critérios e as alternativas de processo definidos.
Critérios de saída	Ter estabelecido, para cada alternativa de processo, seu desempenho em cada um dos critérios.
Responsáveis:	Decisor (DEC)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Lista de critérios e lista de alternativas de processo
Artefatos produzidos:	Desempenhos das alternativas de processo em cada critério (para cada decisor)
Tarefa:	Definir matriz de decisão normalizada
Descrição:	Tendo definidos os critérios, seus respectivos pesos e os desempenhos esperados para as alternativas em cada critério, é possível definir a matriz de decisão. Nesta matriz, os desempenhos das alternativas em cada critério são normalizados (normalização por vetor) e multiplicados pelo peso atribuído ao

	critério.
Critérios de entrada	Ter critérios, pesos dos critérios, alternativas de processo e desempenhos das alternativas definidos (para cada decisor)
Critérios de saída	Terem definidos os critérios para avaliação das alternativas de processo.
Responsáveis:	Ferramenta (FER)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Lista de critérios, pesos dos critérios definidos, lista de alternativas de processo e desempenhos das alternativas de processo em cada critério (para cada decisor)
Artefatos produzidos:	Matriz de decisão normalizada (para cada decisor)
Tarefa:	Identificar solução ideal e solução indesejada
Descrição:	Esta tarefa tem como objetivo a identificação da solução ideal e de uma solução indesejada. A solução ideal é composta pelos desempenhos aspirados para cada um dos critérios (por exemplo, objetivos de negócio ou objetivos do projeto). Já a solução indesejada é o conjunto dos piores desempenhos em cada critério, considerando todas as alternativas. Vale ressaltar que estes piores desempenhos devem observar a orientação da escala de cada critério. Para critérios de escala com orientação negativa, o pior desempenho é o maior valor e, para critérios de escala com orientação positiva, o pior desempenho é o menor valor.
Critérios de entrada	Ter a matriz de decisão normalizada definida (para cada decisor).
Critérios de saída	Ter a solução ideal e a solução indesejada identificadas (por cada decisor).
Responsáveis:	Ferramenta (FER)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Matriz de decisão normalizada (para cada decisor)
Artefatos produzidos:	Solução ideal e solução indesejada (por cada decisor)
Tarefa:	Calcular distâncias de cada alternativa à solução ideal e à solução indesejada
Descrição:	Nesta tarefa é verificada o quão próxima uma alternativa de processo está da solução ideal e o quão distante ela se encontra da solução indesejada. Para tal, é utilizada a Distância Euclidiana de cada alternativa de processo para a solução ideal e para a solução indesejada.
Critérios de entrada	Ter a matriz de decisão normalizada, a solução ideal e a solução indesejada definidas (para cada decisor).

Critérios de saída	Ter calculada a proximidade de cada alternativa de processo com a solução ideal e o afastamento da solução indesejada (para cada decisor).
Responsáveis:	Ferramenta (FER)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Matriz de decisão normalizada, solução ideal e solução indesejada (para cada decisor)
Artefatos produzidos:	Proximidades de cada alternativa de processo para a solução ideal e afastamentos de cada alternativa de processo para a solução indesejada (para cada decisor)
Tarefa:	Calcular a proximidade relativa de cada alternativa com a solução ideal
Descrição:	Nesta tarefa é verificado o quão similar é à solução ideal cada alternativa de processo definida (incluindo o processo atual). Para isto, é calculado um índice de similaridade que combina a proximidade com a solução ideal e o afastamento da solução indesejada. Este índice é o valor do afastamento da alternativa de processo para a solução indesejada dividido pela soma deste afastamento com a proximidade da alternativa de processo com a solução ideal.
Critérios de entrada	Ter, para cada alternativa de processo, calculada a sua proximidade com a solução ideal e o seu afastamento da solução indesejada (para cada decisor)
Critérios de saída	Ter calculada a similaridade de cada alternativa de processo com a solução ideal (para cada decisor)
Responsáveis:	Ferramenta (FER)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Proximidades de cada alternativa de processo para a solução ideal e afastamentos de cada alternativa de processo para a solução indesejada (para cada decisor)
Artefatos produzidos:	Índice de similaridade com a solução ideal para cada alternativa de processo (para cada decisor)
Tarefa:	Definir ordem de preferência individual das alternativas de processo
Descrição:	Esta tarefa conclui a atividade Avaliação. Com base no índice de similaridade com a solução ideal, calculado para cada alternativa de processo na tarefa anterior, é elaborada uma lista, para cada decisor, contendo a ordem de preferência das alternativas de processos.
Critérios de entrada	Ter calculada a similaridade de cada alternativa de processo com a solução ideal (para cada decisor)

CrITÉRIOS de saÍda	Ter definida a ordem de preferÊncia das alternativas de processo (para cada decisor)
ResponsÁveis:	Ferramenta (FER)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Índice de similaridade com a solução ideal para cada alternativa de processo (para cada decisor)
Artefatos produzidos:	Listas ordenadas por preferÊncia individual das alternativas de processo

4.2.3. Recomendações

A atividade Recomendações é composta por trÊs tarefas: (i) Executar análise de sensibilidade; (ii) Consolidar decisões individuais; e (iii) Escolher a melhor alternativa de processo.

Em função da possibilidade de alterações no cenário poderem provocar alterações nos julgamentos expressos pelo decisor, os parâmetros do modelo de decisão necessitam ser testados quanto às consequÊncias de possÍveis variações. Para isto, a fase de Recomendações da metodologia AMD incorpora a condução de uma Análise de Sensibilidade.

A Análise de Sensibilidade é considerada um procedimento pós-otimização, pois é realizada após a tomada de decisão. Ela é executada por cada decisor e define o intervalo de estabilidade dos pesos. Os valores do peso de um critÉrio dentro deste intervalo de estabilidade não alteram o resultado obtido com os pesos inicialmente definidos. Em outras palavras, a Análise de Sensibilidade é conduzida, principalmente, para investigar o quão sensÍvel é o modelo de decisão a mudanas nos valores dos parâmetros (PATTANAVICHAI *et al.*, 2010).

Como os pesos dos critÉrios são definidos com base na experiÊncia do decisor e podem ser subjetivos e imprecisos, é importante que seja conduzida uma análise de sensibilidade para verificar o impacto da incerteza no resultado do modelo de decisão (WANG *et al.*, 2011a). Quando uma pequena mudana no valor do peso de um critÉrio resulta em mudana na escolha da melhor alternativa, diz-se que a decisão é sensÍvel àquele critÉrio. Desta forma, o peso do critÉrio mais crÍtico pode ser cuidadosamente reavaliado para melhorar o processo de decisão (TRANTAPHYLLOU e SÁNCHEZ, 1997; WANG *et al.*, 2011a).

Tarefa:	Executar análise de sensibilidade
Descrição:	Esta tarefa é executada após a execução do método AMD. Nela, são definidos cenários de variações dos pesos de cada critério, considerando que os demais critérios permanecem com seus pesos fixos. No primeiro cenário, é atribuído a um determinado critério um peso de valor 0. No cenário seguinte, o peso passa a ser 0.1 e assim sucessivamente até alcançar o valor 1. Para cada variação do peso, o Índice de Similaridade é recalculado. A partir dos valores obtidos para os Índices de Similaridade, são gerados gráficos que demonstram o comportamento da ordem de preferência das alternativas ao longo da variação do peso do critério. Estes gráficos têm a função de auxiliar o decisor a identificar o critério mais crítico, ou seja, aquele cujo valor do peso que causa alteração no resultado do processo de decisão está mais próximo do valor originalmente a ele atribuído.
Critérios de entrada	Ter as listas ordenadas por preferência individual das alternativas de processo
Critérios de saída	Ter identificado o(s) critério(s) mais crítico(s) (para cada decisor)
Responsáveis:	Decisor (DEC) e Ferramenta (FER)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Matrizes de decisão normalizada e listas ordenadas por preferência individual das alternativas de processo
Artefatos produzidos:	Critério(s) mais crítico(s) (para cada decisor) e novas preferências (caso algum peso sofra alteração)
Tarefa:	Consolidar preferências individuais
Descrição:	Esta tarefa é executada após a execução da Análise de Sensibilidade para cada modelo de decisão individual. Todos os resultados individuais são, então, consolidados por meio da regra de escolha de Borda (ou contagem de Borda), gerando uma nova lista de preferências das alternativas. Esta lista consolidada é considerada a decisão do grupo.
Critérios de entrada	Ter as listas ordenadas por preferência individual das alternativas de processo
Critérios de saída	Ter a lista ordenada por preferência coletiva das alternativas de processo
Responsáveis:	Decisor (DEC)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Listas ordenadas por preferência individual das alternativas de processo
Artefatos produzidos:	Lista ordenada por preferência coletiva das alternativas de

	processo
Tarefa:	Escolher a melhor alternativa de processo
Descrição:	Nesta tarefa, o grupo de decisão escolhe, com base na lista de preferência coletiva das alternativas de processo, o melhor processo para a organização ou para o projeto.
Critérios de entrada	Ter a lista ordenada por preferência coletiva das alternativas de processo
Critérios de saída	Ter escolhido o melhor processo
Responsáveis:	Grupo de Decisão (GRD)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Lista ordenada por preferência coletiva das alternativas de processo
Artefatos produzidos:	Melhor processo

4.3. A Proposta de Solução

Com o intuito de facilitar o entendimento da proposta como um todo, foi definido um processo composto por treze tarefas distribuídas em três atividades: (i) avaliar impacto da alteração no processo padrão; (ii) avaliar impacto da alteração nos processos definidos em execução; e (iii) monitorar efeitos da alteração no processo padrão.

A Figura 4.2 ilustra a visão geral do processo da solução proposta, com cada uma destas atividades e suas respectivas tarefas. As subseções a seguir detalham cada uma das atividades do processo.

4.3.1. Avaliar Impacto da Alteração no Processo Padrão

Avaliações nos processos padrão da organização, sejam elas oficiais ou não, auxiliam na identificação de pontos fortes, pontos fracos e oportunidades de melhoria. Além disso, em cada nova execução do processo de desenvolvimento, definido para o projeto com base no processo padrão da organização, seus participantes adquirem mais conhecimento relacionado ao comportamento do processo (SOFTEX, 2011a). Isto possibilita a identificação de pontos de ajustes devido a inadequações ou ao baixo desempenho em alguma atividade, por exemplo.

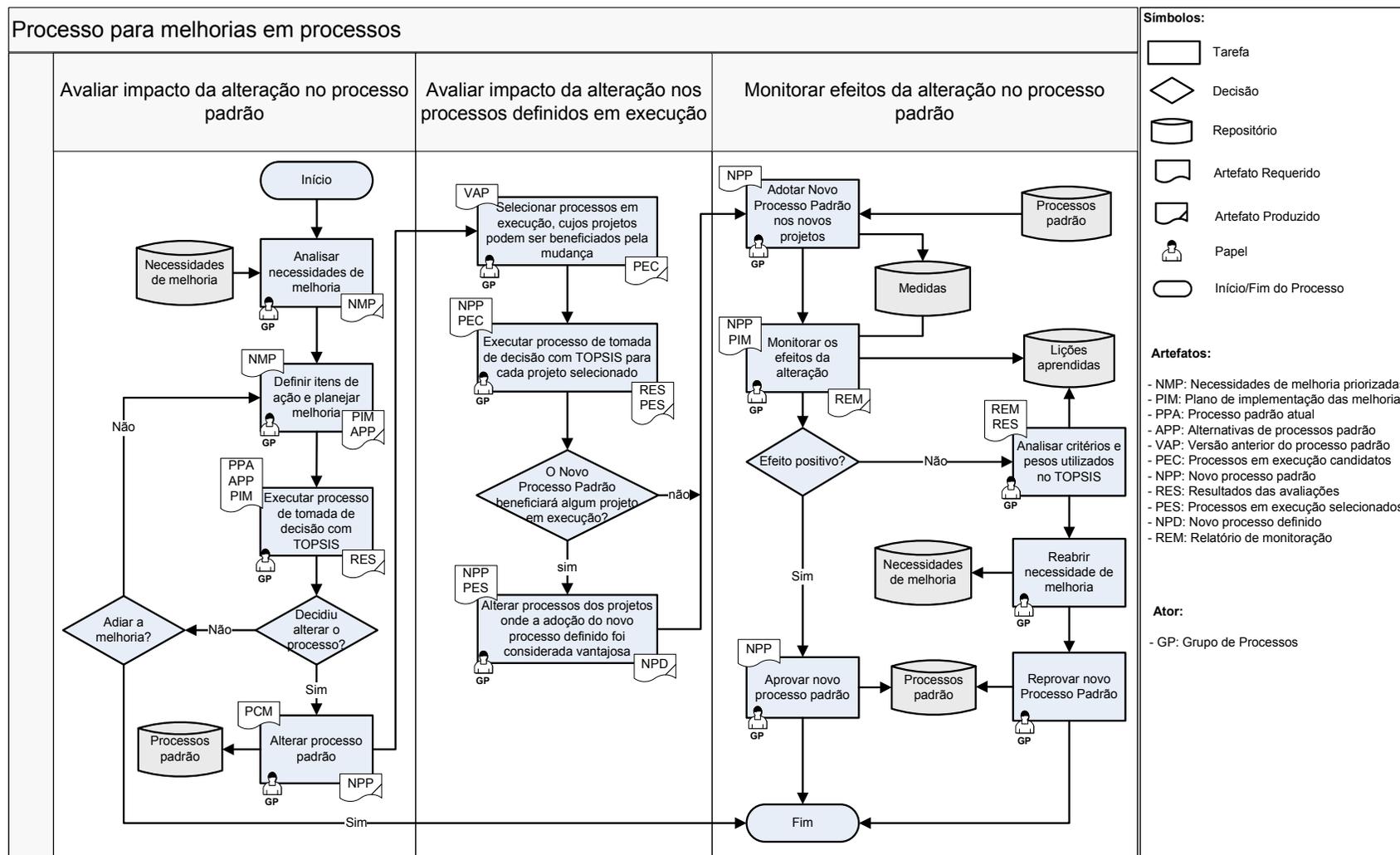


Figura 4.2 - Visão geral da solução proposta

Uma vez identificados, estes pontos de ajustes são registrados em um Repositório de Necessidades de Melhoria, que, periodicamente, é analisado pelo Grupo de Processos da organização. Em algumas situações, esta análise precisa ser apoiada por uma técnica para identificação de causas de problemas, como, por exemplo, a proposta em (SCHOTS, 2010), que utiliza os conceitos do método de pesquisa qualitativo *Grounded Theory* (STRAUSS e CORBIN, 1998) para identificação de causas de problemas. Ao final da análise, algumas necessidades de melhoria são selecionadas e transformadas em itens de ação. Tendo definidos os itens de ação, é possível elaborar o plano de implementação das melhorias, no qual devem ser especificados os indicadores que serão monitorados para acompanhar os efeitos reais da alteração no processo padrão.

De acordo com RAFFO (2005), alterações em processos padrão podem fazer com que ele apresente um desempenho pior do que o processo padrão original. Nesta proposta, a avaliação do impacto da alteração no processo padrão dar-se-á por meio da comparação de alternativas de processos padrão, incluindo o processo padrão original, com relação a critérios que podem estar associados, por exemplo, aos objetivos estratégicos organizacionais. Para tal, será utilizado o mecanismo de apoio à tomada de decisão com base em múltiplos critérios, que será apresentado na seção 4.4.

Caso seja observado que uma das alternativas de processo padrão pode apresentar melhor desempenho do que o processo original, este passa a ser o novo processo padrão da organização (com situação “em avaliação”) e é disponibilizado para ser utilizado em novos projetos e, quando mostrar-se adequado, nos processos definidos para os projetos que já se encontram em andamento. Caso contrário, é necessário identificar novos itens de ação ou, até mesmo, adiar a melhoria.

A atividade “Avaliar Impacto da Alteração no Processo Padrão” é composta por quatro tarefas: (i) analisar necessidades de melhoria; (ii) definir itens de ação e planejar melhoria; (iii) executar processo de tomada de decisão com TOPSIS; e (iv) alterar processo padrão. Estas tarefas encontram-se detalhadas a seguir:

Tarefa:	Analisar necessidades de melhoria
Descrição:	Esta tarefa deve ser realizada periodicamente ou motivada por um problema que precisa ser corrigido com urgência. Ela tem por objetivo analisar as necessidades de melhoria registradas no Repositório de Necessidades de Melhoria, selecionar as que devem ser implementadas e definir a ordem de prioridade. As necessidades de que serão implementadas devem passar da situação “aberta” para “em planejamento”.
Critérios de entrada	Ter chegado o momento de analisar as necessidades de melhoria ou ter identificado um problema que precisa ser corrigido com urgência.
Critérios de saída	Ter analisado e priorizado as necessidades de melhoria.
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	Necessidades de melhoria registradas no repositório
Artefatos produzidos:	Necessidades de melhoria selecionadas e priorizadas
Tarefa:	Definir itens de ação e planejar melhoria
Descrição:	Após a análise das necessidades de melhoria, são definidos os itens de ação para cada processo padrão correspondente. Um plano de ação para implementação das melhorias é, então, elaborado. Este planejamento deve definir também quais indicadores serão utilizados para monitorar os efeitos das melhorias, a periodicidade da monitoração e a quantidade de monitorações necessárias para que seja possível avaliar os efeitos das melhorias.
Critérios de entrada	Ter necessidades de melhoria selecionadas e priorizadas.
Critérios de saída	Ter um plano para implementação das melhorias.
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	Editor de texto
Artefatos Requeridos:	Necessidades de melhoria selecionadas e priorizadas
Artefatos produzidos:	Plano de implementação de melhorias e Alternativas de processos padrão
Tarefa:	Executar processo de tomada de decisão com TOPSIS
Descrição:	Esta tarefa deve ser realizada sempre que um plano de melhoria tiver sido estabelecido. Neste caso, as alternativas de processo padrão, incluindo o processo padrão atual, são comparadas, considerando alguns critérios previamente definidos (por exemplo, os objetivos de negócio da organização). Quando o processo atual é considerado o mais adequado, volta-

	<p>se para a atividade anterior para definir novos itens de ação ou adia a melhoria para outro momento.</p> <p>A avaliação das alternativas de processo será apoiada pelo processo de tomada de decisão com TOPSIS, definido na seção 4.2.</p> <p>Se o resultado do processo de tomada de decisão definir que o processo atual é o mais apropriado para a organização, o Grupo de Processos pode optar ou por definir novos itens de ação ou adiar a melhoria. Decidindo pelo adiamento da melhoria, a situação da necessidade de melhoria deve retornar para “aberta”.</p>
Critérios de entrada	Ter um plano para implementação de melhorias
Critérios de saída	Ter escolhido o melhor processo padrão para a organização
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Alternativas de processo padrão, Processo padrão original e Plano de implementação de melhorias
Artefatos produzidos:	Alternativa de processo padrão escolhida
Tarefa:	Alterar processo padrão
Descrição:	<p>Esta tarefa é executada sempre que uma alternativa de processo, diferente do processo atual, for considerada a mais adequada para a organização.</p> <p>O objetivo desta tarefa é alterar o processo padrão da organização com base na alternativa de processo escolhida. Inicialmente, este novo processo padrão será rotulado como “em avaliação”. Uma vez alterado, o novo processo padrão deve ser armazenado no repositório de processos padrão para que seja utilizado em novos projetos e, se possível, nos projetos em execução.</p> <p>Neste momento, a versão anterior do processo padrão passa a ter a situação “descontinuado”. Além disso, as necessidades implementadas devem passar para a situação “em avaliação”.</p>
Critérios de entrada	Ter escolhido uma alternativa de processo diferente do processo padrão original
Critérios de saída	Ter o processo padrão alterado com base na alternativa de processo escolhida
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	Plano de implementação de melhorias e Alternativa de processo padrão escolhida
Artefatos produzidos:	Novo processo padrão com situação “em avaliação” e versão anterior do processo padrão com situação “descontinuado”

4.3.2. Avaliar Impacto da Alteração nos Processos Definidos em Execução

Uma vez que melhorias são implementadas, os novos projetos devem fazer uso do novo processo padrão da organização. Também é importante avaliar a viabilidade de se utilizar este novo processo padrão nos projetos em execução que tiveram seus processos definidos com base na versão anterior do processo padrão.

Diante deste contexto, a atividade “Avaliar impacto da alteração nos processos definidos em execução” objetiva identificar os processos definidos para os projetos em execução que adotaram a versão anterior do processo padrão. Uma vez identificados os processos definidos em execução, para cada projeto correspondente, deve-se avaliar o impacto da alteração no seu processo definido para decidir se pode ser vantajosa ou não. Vale ressaltar que a avaliação só faz sentido se o projeto ainda não chegou à fase do processo onde as alterações foram realizadas, ou seja, se ainda é possível executar as atividades modificadas.

Essa avaliação de impacto também é apoiada pelo processo de tomada de decisão com TOPSIS definido na seção 4.2.

Se o resultado da avaliação revelar que é vantajoso para o projeto alterar seu processo definido para que ele seja adaptado a partir do novo processo padrão, o processo definido é alterado e o projeto passa a executar essa nova versão. Caso contrário, o projeto segue executando seu processo definido com base na versão anterior do processo padrão.

Esta atividade é composta de três tarefas: (i) selecionar processos em execução, cujos projetos podem ser beneficiados pela mudança; (ii) executar processo de tomada de decisão com TOPSIS para cada projeto selecionado; (iii) alterar processos dos projetos onde a adoção do novo processo definido foi considerada vantajosa.

Tarefa:	Selecionar processos em execução, cujos projetos podem ser beneficiados pela mudança
Descrição:	Esta tarefa deve ser realizada sempre que for modelado um novo processo padrão. Ela tem como objetivo identificar, dentre os projetos em execução que tiveram seus processos definidos com base na versão anterior do processo padrão, aqueles que podem ser beneficiados pela mudança. Não serão selecionados os projetos que já passaram da(s) fase(s) onde as mudanças ocorreram.

Critérios de entrada	Ter um novo processo padrão.
Critérios de saída	Ter identificado todos os processos em execução, cujos projetos podem ser beneficiados com as mudanças.
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	Versão anterior do processo padrão
Artefatos produzidos:	Processos definidos em execução candidatos à mudança
Tarefa:	Executar processo de tomada de decisão com TOPSIS para cada projeto selecionado
Descrição:	O objetivo desta tarefa é, para cada processo definido selecionado na atividade anterior, comparar as alternativas de processo definido (incluindo o processo definido atual), com relação a critérios previamente especificados (por exemplo, os objetivos de desempenho e qualidade do projeto), via mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4).
Critérios de entrada	Ter identificado todos os processos candidatos à mudança
Critérios de saída	Ter a lista de processos definidos selecionados para serem alterados com base no novo processo padrão
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4)
Artefatos Requeridos:	Processos definidos em execução candidatos à mudança e novo processo padrão
Artefatos produzidos:	Resultados das avaliações e Lista de processos definidos selecionados para serem alterados com base no novo processo padrão
Tarefa:	Alterar processos dos projetos onde a adoção do novo processo definido foi considerada vantajosa
Descrição:	Esta tarefa é executada quando, pelo menos, um processo definido em execução for selecionado para ser alterado com base no novo processo padrão. Após a alteração, o projeto passará a executar este novo processo definido. Treinamento no novo processo definido deve ser ministrado para os envolvidos.
Critérios de entrada	Ter a lista de processos definidos selecionados para serem alterados com base no novo processo padrão
Critérios de saída	Ter novos processos definidos com base no novo processo padrão e o implantado nos projetos selecionados.
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	-

Artefatos Requeridos:	Novo processo padrão, Lista de processos definidos selecionados para serem alterados com base no novo processo padrão
Artefatos produzidos:	Novo processo definido para cada projeto selecionado

4.3.3. Monitorar Efeitos da Alteração no Processo Padrão

Esta atividade tem como objetivo a monitoração e o registro dos efeitos das alterações no processo padrão a partir dos indicadores definidos na tarefa “Definir itens de ação e planejar melhoria”, pertencente à atividade “Avaliar impacto da alteração no processo padrão”.

Depois que uma melhoria é implantada em um processo padrão, os novos projetos devem ter seus processos definidos com base neste novo processo padrão. A execução do novo processo padrão nos novos projetos produzirá medidas que servirão de subsídios para a monitoração dos efeitos da alteração e, desta forma, evitar impactos negativos nos projetos que o utilizam (SOFTEX, 2011a).

Quando é observado que a alteração no processo padrão não alcançou os objetivos esperados, o modelo de decisão gerado na atividade “Avaliar impacto da alteração no processo padrão” é revisado para identificar possíveis falhas. Essas falhas são registradas como lições aprendidas, para que, no futuro, não voltem a ocorrer. Além disso, a necessidade de melhoria é reaberta para que novas mudanças no processo padrão sejam planejadas no ciclo de melhorias subsequente.

Quando o novo processo padrão não traz os benefícios esperados, ele deve ter a sua situação alterada para “reprovado”. Do contrário, a situação deve ser alterada para “aprovado”.

As seis tarefas que compõem esta atividade estão detalhadas a seguir.

Tarefa:	Adotar Novo Processo Padrão nos novos projetos
Descrição:	Esta atividade é executada sempre que o processo padrão é alterado. Os novos projetos devem ter seus processos definidos com base neste novo processo padrão.
Critérios de entrada	Ter um novo processo padrão
Critérios de saída	Ter os processos dos novos projetos definidos com base no novo processo padrão
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)

Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	Novo processo padrão
Artefatos produzidos:	Medidas
Tarefa:	Monitorar os efeitos da alteração
Descrição:	Esta atividade é executada de acordo com a periodicidade definida no plano de implementação das melhorias. O objetivo desta tarefa é monitorar os efeitos reais da alteração do processo padrão, a partir dos indicadores definidos no plano de implementação das melhorias. Esta monitoração serve para prevenir os projetos de impactos negativos por conta do novo processo definido com base no novo processo padrão.
CrITÉrios de entrada	Ter chegado o momento de monitorar os efeitos das melhorias.
CrITÉrios de saída	Ter gerado o relatório de monitoração.
Responsáveis:	Grupo de Processos (GP)
Ferramentas:	-
Artefatos requeridos:	Novo processo padrão, medidas de execução do processo e plano de implementação de melhorias
Artefatos produzidos:	Relatório de monitoração e lições aprendidas (quando pertinente)
Tarefa:	Analisar critérios e pesos utilizados no modelo de decisão
Descrição:	Esta tarefa deve ser executada sempre que os efeitos da execução do novo processo padrão forem negativos. Os critérios e pesos definidos devem ser revisados para identificar possíveis falhas na construção do modelo de decisão. Caso sejam identificadas falhas, estas devem ser registradas como lições aprendidas de modo a evitar que sejam repetidas.
CrITÉrios de entrada	Ter observado efeitos negativos relacionados à alteração no processo padrão
CrITÉrios de saída	Ter revisado critérios e pesos definidos no modelo de decisão e registrado lições aprendidas (se pertinente)
Responsáveis:	Grupo de Processos (GRP)
Ferramentas:	Mecanismo de apoio à tomada de decisão (vide seção 4.4), Editor de texto
Artefatos Requeridos:	Relatórios de monitoração e Resultados da execução do processo de tomada de decisão
Artefatos produzidos:	Lições aprendidas (quando pertinente)
Tarefa:	Reabrir necessidade de melhoria

Descrição:	Esta tarefa deve ser executada sempre que os efeitos da execução do novo processo padrão forem negativos. Como o novo processo padrão não atingiu os objetivos esperados, a situação da necessidade de melhoria deve ser alterada para “aberta” para que novos itens de ação sejam planejados para o próximo ciclo de melhorias.
Critérios de entrada	Ter observado efeitos negativos relacionados à alteração no processo padrão
Critérios de saída	Ter registrado uma nova necessidade de melhoria
Responsáveis:	Grupo de Processos (GRP)
Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	-
Artefatos produzidos:	Necessidade de melhoria registrada
Tarefa:	Reprovar novo Processo Padrão
Descrição:	Esta tarefa deve ser executada sempre que os efeitos da execução do novo processo padrão forem negativos. Por não ter alcançado os objetivos esperados, a situação do novo processo padrão deve ser alterada para “reprovado”.
Critérios de entrada	Ter observado efeitos negativos relacionados à alteração no processo padrão
Critérios de saída	Ter o novo processo padrão com a situação “reprovado”
Responsáveis:	Grupo de Processos (GRP)
Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	Novo processo padrão
Artefatos produzidos:	Novo processo padrão com situação “reprovado”
Tarefa:	Aprovar novo Processo Padrão
Descrição:	Esta tarefa deve ser executada sempre que os efeitos da execução do novo processo padrão mostrarem-se positivos. Como o novo processo padrão alcançou os objetivos esperados, a sua situação deve ser alterada para “aprovado”.
Critérios de entrada	Ter observado efeitos positivos relacionados à alteração no processo padrão
Critérios de saída	Ter o novo processo padrão com a situação “aprovado”
Responsáveis:	Grupo de Processos (GRP)
Ferramentas:	-
Artefatos Requeridos:	Novo processo padrão
Artefatos produzidos:	Novo processo padrão com situação “aprovado”

4.4. Mecanismo de Apoio à Tomada de Decisão

Devido ao fato de TOPSIS não possuir uma ferramenta própria, houve a necessidade de elaborar um mecanismo que pudesse apoiar, mesmo que de forma simples, o processo de tomada de decisão definido na seção 4.2.

O mecanismo de apoio foi desenvolvido a partir do Microsoft Excel®. As três fases do processo de tomada de decisão (estruturação, avaliação e recomendações) foram representadas em abas distintas na planilha, como pode ser observado na Figura 4.3. Como a fase Avaliação é executada por cada participante do Grupo de Decisão individualmente, foi elaborada uma aba modelo, que é duplicada para cada decisor.

A primeira aba da planilha (Figura 4.3) representa a fase de Estruturação do processo. Nela, o Grupo de Decisão define, em consenso, quais são as alternativas de processo que serão avaliadas (incluindo o processo atual), os critérios que serão utilizados para analisar estas alternativas, as orientações das escalas de cada critério, os desempenhos alcançados com o processo atual, além dos desempenhos aspirados em cada critério (objetivos), que podem ser atributos que medem o alcance dos objetivos de negócio da organização (no caso de alterações no processo padrão) ou dos objetivos de qualidade e desempenho do projeto (em se tratando de alterações no processo definido para o projeto).

A orientação das escalas de cada critério pode ser definida como “Quanto maior, melhor”, caso a escala do critério seja orientada positivamente, ou seja, quanto melhor o desempenho do processo no critério, melhor para a organização; ou pode ser definida como “Quanto menor, melhor”, caso o critério possua uma escala de orientação negativa.

Critérios qualitativos também podem ser definidos, desde que seus desempenhos sejam quantificados. Uma maneira de quantificar critérios qualitativos é estabelecer que os desempenhos devem ficar dentro de uma escala de 0 a 1.

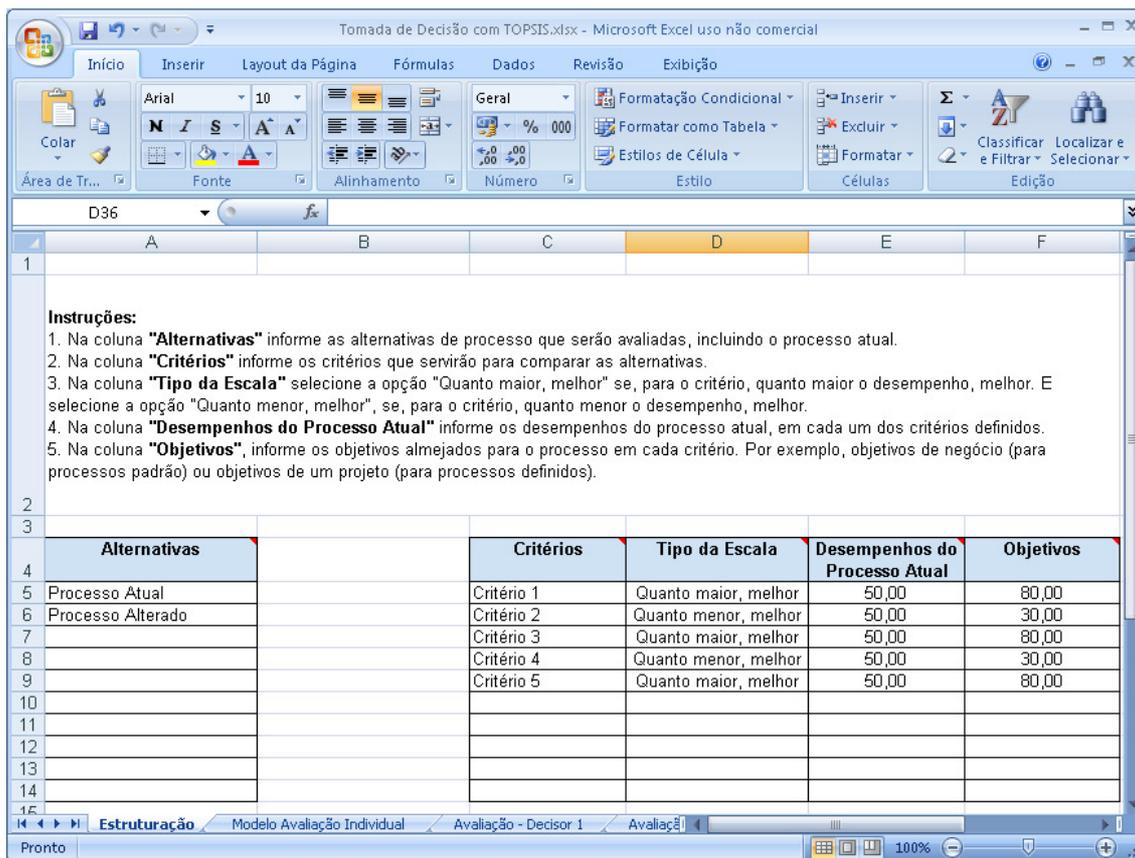


Figura 4.3 - Fase de Estruturação

A fase de Avaliação é executada por cada participante do Grupo de Decisão individualmente (Figura 4.4). Nesta fase, cada decisor constrói o seu modelo de decisão para a situação de tomada de decisão em questão, definindo a importância relativa de cada critério (pesos), bem como os desempenhos esperados para cada critério no caso de se adotar a alternativa de processo correspondente. Estes desempenhos esperados podem ser obtidos a partir da experiência do próprio decisor ou de especialistas, publicações científicas, benchmarking etc. A partir destas informações, os passos do método TOPSIS são automaticamente executados. No final, o processo mais adequado para o decisor é indicado.

NOME DO DECISOR:	Manoel				
Para cada alternativa, informe os pesos e os desempenhos esperados em cada um dos critérios. A soma dos pesos deve ser igual a 1.					
Matriz de Decisão					
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Pesos	0,20	0,30	0,10	0,20	0,20
Orientação da escala	Quanto maior, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto maior, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto maior, melhor
Processo Atual	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Processo Alterado	60,00	60,00	50,00	40,00	50,00
Solução Ideal	80,00	30,00	80,00	30,00	80,00
Matriz de Decisão Normalizada					
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Pesos	0,20	0,30	0,10	0,20	0,20
Orientação da escala	Quanto maior, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto maior, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto maior, melhor
Processo Atual	0,09	0,18	0,05	0,14	0,09
Processo Alterado	0,11	0,22	0,05	0,11	0,09
Solução Ideal	0,14	0,11	0,07	0,08	0,15
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Solução Ideal	0,14	0,11	0,07	0,08	0,15
Solução Indesejada	0,09	0,18	0,05	0,11	0,09
Medidas de Separação					
	S*	S-			
Processo Atual	0,12	0,03			
Processo Alterado	0,13	0,04			
Índice de Similaridade					
	C*				
Processo Atual	0,19				
Processo Alterado	0,23				
Resultado Individual					
Processo Atual					
Processo Alterado	<< Mais Adequado				

Figura 4.4 - Fase de Avaliação

Embora pertencente à fase de Recomendações, no mecanismo de apoio, a Análise de Sensibilidade é conduzida dentro da página de avaliação individual de cada decisor.

Diferentemente de métodos como AHP (SAATY e VARGAS, 2001), TOPSIS não incorpora em seus passos a execução da Análise de Sensibilidade. Por esta razão, houve a necessidade de incorporar ao mecanismo de apoio, um meio para condução de uma Análise de Sensibilidade dos modelos de decisão gerados por cada decisor. Por ser mais simples, foi adotada apenas a Análise de Sensibilidade da variação dos pesos dos

critérios, na qual são definidos cenários de variações dos pesos de cada critério, considerando que os demais critérios permanecem com seus pesos inalterados.

Devido à exigência de ser um processo de decisão rápido, visto que também será executado durante a execução dos projetos, o mecanismo de apoio desenvolvido já traz todos os cenários de variação dos pesos para cada um dos critérios definidos na fase de Elaboração, bem como os gráficos de análise. No primeiro cenário, é atribuído ao critério um peso de 0,1. No cenário seguinte, este peso passa para 0,2 e assim sucessivamente até alcançar o valor 0,9. Para cada variação do peso, o Índice de Similaridade é recalculado. A partir dos valores obtidos para os Índices de Similaridade, automaticamente, são gerados gráficos que demonstram o comportamento da classificação das alternativas ao longo da variação do peso do critério em foco.

A única tarefa do decisor, na Análise de Sensibilidade, é observar os gráficos gerados e identificar critérios críticos, ou seja, aqueles cujo valor do peso que causa alteração no resultado do processo de decisão está mais próximo do valor originalmente a ele atribuído.

A Figura 4.5 ilustra um exemplo de condução da Análise de Sensibilidade de pesos de um critério. Neste exemplo, o peso do “Critério 1” sofreu variação de 0 a 1 enquanto os pesos dos demais critérios permaneceram sem alterações. A partir do gráfico, é possível observar que o modelo de decisão torna-se sensível quando o peso do “Critério 4” encontra-se próximo a 0.25. Caso o peso atribuído pelo decisor esteja próximo a 0.25, o “Critério 4” pode ser considerado um critério crítico e talvez seja necessário avaliá-lo com mais cuidado. Esta análise deve ser conduzida para cada critério do modelo de decisão.

A última planilha corresponde à fase Recomendações do processo de tomada de decisão. Ela traz os resultados individuais obtidos por cada decisor e, a partir daí, faz uso das regras de Borda para consolidar os resultados e apresentar as recomendações, como mostra a Figura 4.6.

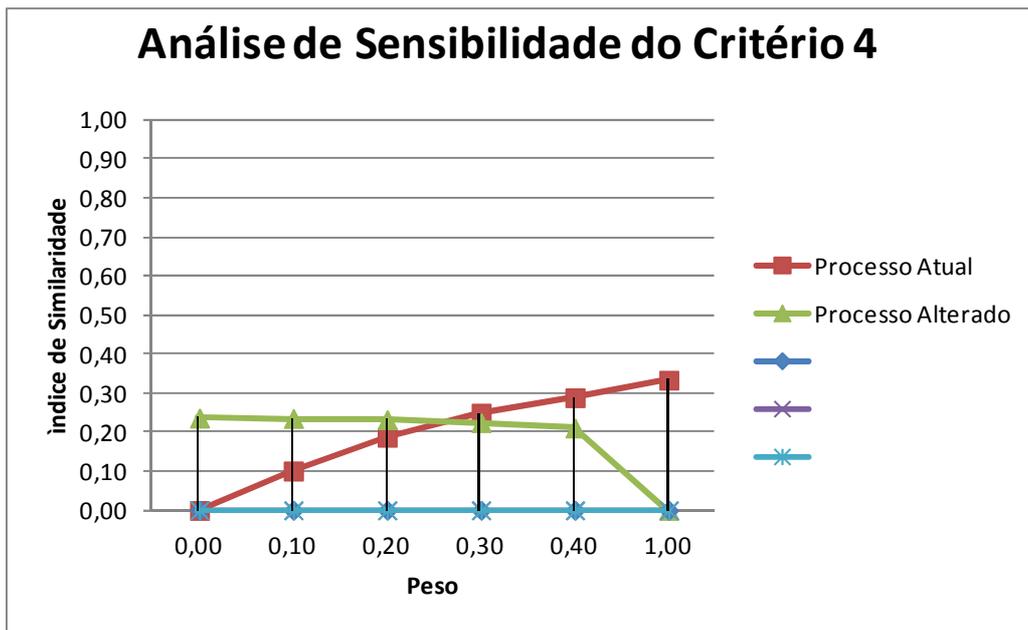


Figura 4.5 - Análise de Sensibilidade dos pesos de um critério

Resultados Individuais		
Decisor	Peso	
Manoel	0,4	
Luiz	0,3	
Maria	0,3	
	Processo Atual	Processo Alterado
Manoel	0,19	0,23
Luiz	0,25	0,19
Maria	0,00	0,20
Consolidação		
	Processo Atual	Processo Alterado
Manoel	0,00	0,40
Luiz	0,30	0,00
Maria	0,00	0,30
Total	0,3	0,7
Resultado Geral		
Processo Atual	2a Posição	
Processo Alterado	<< Mais Adequado	

Figura 4.6 - Fase de Recomendações

4.5. Cenário Ilustrativo

Esta seção apresenta um cenário que ilustra como a proposta apresentada nesta dissertação pode ser utilizada para apoiar a decisão de adotar ou não as melhorias planejadas para o processo padrão e, sem seguida, apoiar a decisão de estender ou não estas melhorias aos processos definidos para os projetos que já se encontram em execução na organização. Este cenário tomou como base o estudo de caso apresentado em (SEUNGHUN e DOO-HWAN, 2011), no qual os autores utilizaram modelos de simulação para avaliar o impacto da alteração no processo padrão da organização. Alguns dados precisaram ser alterados para ilustrar as preferências individuais de três decisores.

No cenário apresentado, o processo de desenvolvimento padrão da organização, embora prevenisse o desenvolvimento de produzir muitos defeitos, onerava muito a duração de um projeto. Diante deste problema, surgiu uma necessidade de melhoria neste processo, cujo objetivo era reduzir custo e duração de um projeto.

A necessidade de uma melhoria disparou a execução do processo apresentado na seção 4.3, que pode ser acompanhada a seguir.

Atividade: Avaliar Impacto da Alteração no Processo Padrão

Tarefa: Analisar necessidades de melhoria

Mensalmente, o repositório de necessidades de melhorias é analisado pelo Grupo de Processos para a realização do planejamento do próximo ciclo de melhorias. Para este ciclo, apenas uma necessidade de melhoria foi selecionada: reduzir custo e duração da execução do processo de desenvolvimento.

Artefato produzido: *Necessidades de melhoria selecionadas e priorizadas*

Tarefa: Definir itens de ação e planejar melhoria

A análise da necessidade de melhoria concluiu que o que onerava a duração da execução do processo era a grande quantidade de atividades de revisão. Como a organização decidira atacar apenas o nicho de softwares embarcados, optou-se por excluir do processo padrão tanto as atividades de revisão como as atividades relacionadas à interface com o usuário. O Grupo de Processos elaborou, então, um plano para implementação desta melhoria. Os indicadores selecionados para avaliar

os efeitos da mudança no processo foram: custo (pessoa-mês), duração (mês) e quantidade de defeitos (detectados/KSLOC). Foi planejado que as monitorações seriam realizadas semanalmente e que os efeitos das alterações no processo padrão de desenvolvimento seriam avaliados após oito monitorações em projetos distintos.

Artefato produzido: *Plano de implementação das melhorias*

Tarefa: Executar processo de tomada de decisão com TOPSIS

Os três participantes do Grupo de Processos envolvidos com o processo de desenvolvimento definiram que os critérios para comparação das duas alternativas de processo (processo atual e processo candidato) seriam: custo, duração e quantidade de defeitos. Os critérios possuíam escalas com a mesma orientação (“-”): quanto menor, melhor. A Figura 4.7 mostra a página referente à fase de Estruturação preenchida pelo Grupo de Decisão.

Alternativas			
Processo Atual			
Processo Alterado			

Critérios	Tipo da Escala	Desempenhos do Processo Atual	Objetivos
Custo	Quanto menor, melhor	1933,50	1933,50
Duração	Quanto menor, melhor	30,60	24,48
Defeitos	Quanto menor, melhor	6,00	6,00

Figura 4.7 - Preenchimento da aba referente à fase de Estruturação do processo de tomada de decisão

Em seguida, já na fase de Avaliação, cada decisor preencheu sua aba de avaliação (Figura 4.8, Figura 4.9 e Figura 4.10), onde informaram a importância relativa dos critérios (pesos) e os desempenhos esperados para cada critério, em cada uma das alternativas. Estas preferências foram definidas com base na experiência individual com o processo de desenvolvimento e em dados extraídos do repositório de medidas da organização.

A Análise de Sensibilidade do modelo do Decisor 1 revelou que o modelo de decisão não é sensível a pequenas variações nos pesos dos critérios, como mostram os gráficos da Figura 4.11. Da mesma forma que no modelo do Decisor 1, a Análise de Sensibilidade do modelo do Decisor 2 mostrou que ele não era sensível a pequenas variações nos pesos dos critérios.

Matriz de Decisão			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,33	0,33	0,33
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	1933,50	30,60	6,00
Processo Alterado	1616,10	23,90	11,60
Solução Ideal	1933,50	24,48	6,00
Matriz de Decisão Normalizada			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,33	0,33	0,33
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	0,20	0,22	0,14
Processo Alterado	0,17	0,17	0,27
Solução Ideal	0,20	0,18	0,14
	Custo	Duração	Defeitos
Solução Ideal	0,20	0,18	0,14
Solução Indesejada	0,20	0,22	0,27
Medidas de Separação			
	S*	S-	
Processo Atual	0,04	0,13	
Processo Alterado	0,13	0,06	
Índice de Similaridade			
	C*		
Processo Atual	0,75		
Processo Alterado	0,31		
Resultado Individual			
Processo Atual	<< Mais Adequado		
Processo Alterado			

Figura 4.8 - Modelo de decisão gerado pelo Decisor 1

Matriz de Decisão			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,30	0,40	0,30
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	1933,50	30,60	6,00
Processo Alterado	1696,90	25,90	12,00
Solução Ideal	1933,50	24,48	6,00
Matriz de Decisão Normalizada			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,30	0,40	0,30
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	0,18	0,26	0,12
Processo Alterado	0,16	0,22	0,24
Solução Ideal	0,18	0,21	0,12
	Custo	Duração	Defeitos
Solução Ideal	0,18	0,21	0,12
Solução Indesejada	0,18	0,26	0,24
Medidas de Separação			
	S*	S-	
Processo Atual	0,05	0,12	
Processo Alterado	0,13	0,05	
Índice de Similaridade			
	C*		
Processo Atual	0,70		
Processo Alterado	0,27		
Resultado Individual			
Processo Atual	<< Mais Adequado		
Processo Alterado			

Figura 4.9 - Modelo de decisão gerado pelo Decisor 2

Matriz de Decisão			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,30	0,50	0,20
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	1933,50	30,60	6,00
Processo Alterado	1535,30	22,70	11,00
Solução Ideal	1933,50	24,48	6,00

Matriz de Decisão Normalizada			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,30	0,50	0,20
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	0,18	0,34	0,09
Processo Alterado	0,15	0,25	0,16
Solução Ideal	0,18	0,27	0,09

	Custo	Duração	Defeitos
Solução Ideal	0,18	0,27	0,09
Solução Indesejada	0,18	0,34	0,16

Medidas de Separação	
	S*
Processo Atual	0,07
Processo Alterado	0,08

Índice de Similaridade	
	C*
Processo Atual	0,52
Processo Alterado	0,53

Resultado Individual	
Processo Atual	
Processo Alterado	<< Mais Adequado

Figura 4.10 - Modelo de decisão gerado pelo Decisor 3

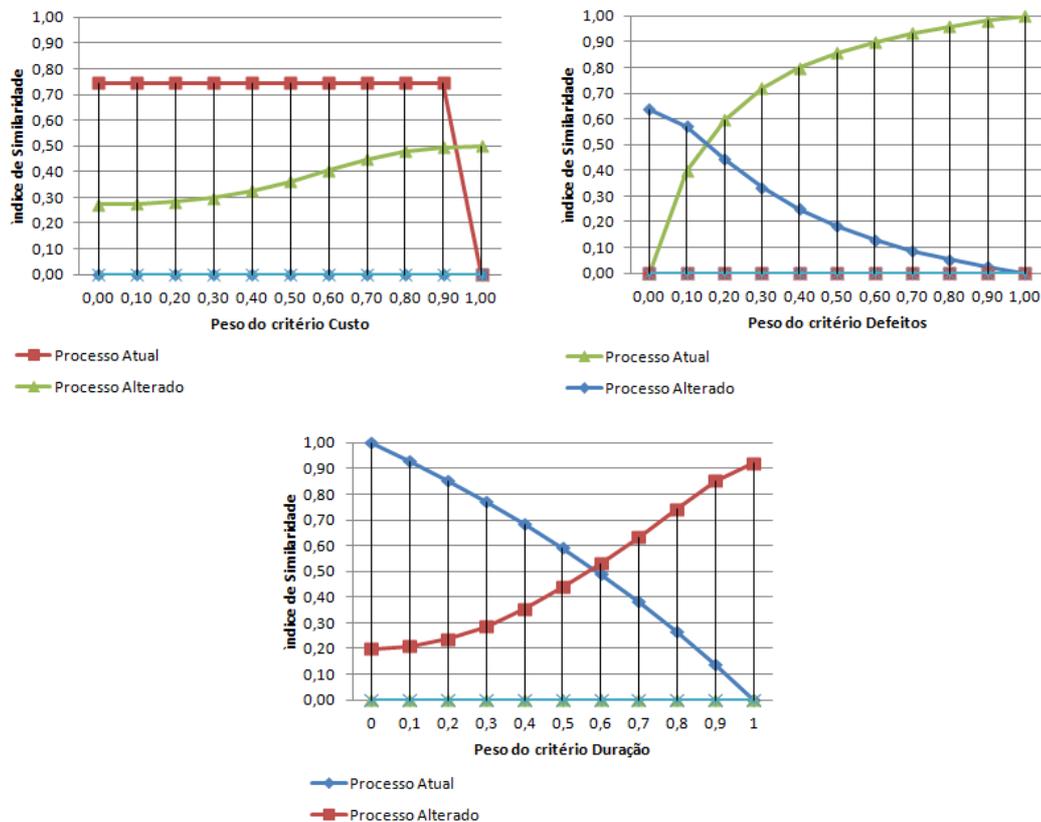


Figura 4.11 - Análise de Sensibilidade do modelo de decisão gerado pelo Decisor 1

O resultado da Análise de Sensibilidade do modelo de decisão gerado pelo Decisor 3 mostrou que os critérios “duração” e “número de defeitos” eram críticos, ou seja, a decisão é sensível a pequenas variações nestes critérios. Isto pode ser visto nos gráficos apresentados na Figura 4.12, que mostram que os pesos que causam a mudança de preferência das alternativas de processo (em torno de 0,5 para o critério “duração” e em torno de 0,2 para o critério “número de defeitos”) estão muito próximos dos valores definidos pelo Decisor 3 (0,5 para o critério “duração” e 0,2 para o critério “número de defeitos”). Diante desta situação, talvez fosse necessário avaliar com mais cuidado os pesos atribuídos a estes critérios.

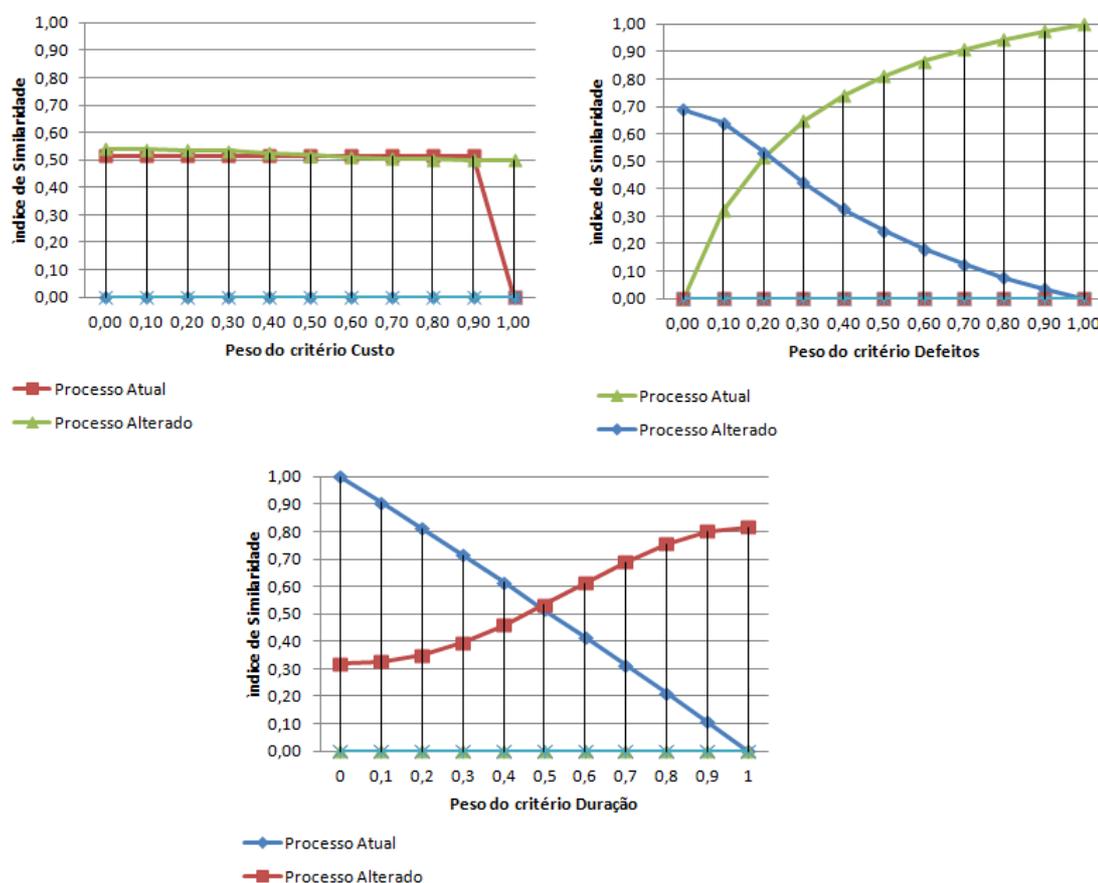


Figura 4.12 - Análise de Sensibilidade do modelo de decisão gerado pelo Decisor 3

Uma vez definidos os modelos de decisão de cada decisor, os resultados individuais são consolidados e uma recomendação geral é fornecida, como mostra a Figura 4.13.

Resultados Individuais		
Decisor	Peso	
Decisor 1	0,33	
Decisor 2	0,33	
Decisor 3	0,33	
	Processo Atual	Processo Alterado
Decisor 1	0,57	0,49
Decisor 2	0,47	0,49
Decisor 3	0,58	0,46
Consolidação		
	Processo Atual	Processo Alterado
Decisor 1	0,33	0,00
Decisor 2	0,00	0,33
Decisor 3	0,33	0,00
Total	0,66	0,33
Resultado Geral		
Processo Atual	<< Mais Adequado	
Processo Alterado	2a Posição	

Figura 4.13 - Recomendações

Artefato produzido: Alternativa de processo padrão escolhida

De acordo com o processo definido nessa proposta, quando o processo padrão que contém as melhorias planejadas mostra-se menos adequado para o projeto em andamento do que o processo padrão atual, considerando os critérios avaliados, é necessário que o Grupo de Processo volte para a tarefa “Definir itens de ação e planejar melhoria”. Após uma nova análise, foi sugerido excluir apenas algumas atividades de revisão (por exemplo, a revisão do plano de testes), as atividades relacionadas à interface com o usuário, banco de dados e modelo de dados.

Desta vez, a avaliação das alternativas de processo concluiu que o processo candidato seria mais apropriado do que o processo atual, considerando os mesmos critérios: custo (pessoa-mês), duração (mês) e quantidade de defeitos (detectados/KSLOC). A atividade “Avaliar Impacto da Alteração no Processo Padrão” foi, então, finalizada com a execução da tarefa “Alterar processo padrão”, cujos produtos de trabalho foram: o novo processo padrão com situação “em avaliação” e a versão anterior do processo padrão com situação “descontinuado”.

Com o novo processo padrão, deu-se continuidade à execução do processo. Agora, com o objetivo de avaliar se era vantajoso ou não adotá-lo nos projetos em execução que estavam utilizando processos definidos com base na versão descontinuada do processo padrão.

Atividade: Avaliar Impacto da Alteração nos Processos Definidos em Execução

Tarefa: Selecionar processos em execução, cujos projetos podem ser beneficiados pela mudança

Foi identificado que a organização possuía apenas um projeto em execução em condições de ser beneficiado pela mudança.

Artefato produzido: *Processo definido em execução candidato à mudança*

Tarefa: Executar processo de tomada de decisão com TOPSIS para cada projeto selecionado

Neste caso, um dos membros do Grupo de Processos estava diretamente envolvido com o projeto e foi o único selecionado para o papel de decisor. Ele definiu os critérios com base nos atributos que mediam os objetivos de desempenho e qualidade do projeto: custo (pessoa-mês), duração (mês) e quantidade de defeitos (detectados/KSLOC). Este projeto apresentava restrições de custo e duração. Por esta razão, os critérios “custo” e “duração” possuíam grau de importância mais alto do que o critério “número de defeitos”.

O modelo de decisão gerado pode ser encontrado na Figura 4.14. A avaliação revelou que o processo definido candidato seria o mais apropriado para o projeto.

A análise de sensibilidade, cujos gráficos estão ilustrados na Figura 4.15, mostra que o critério “custo” é o mais críticos para o modelo de decisão gerado, visto que a preferência entre as alternativas muda quando o peso deste critério está próximo a 0.25. No entanto, o decisor preferiu manter os valores inicialmente atribuídos, visto que o valor atribuído ao peso deste critério (0.4) não está tão próximo de 0.25.

Matriz de Decisão			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,40	0,40	0,30
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	1933,50	30,60	6,00
Processo Alterado	1617,20	26,60	7,30
Solução Ideal	1933,50	24,48	6,00

Matriz de Decisão Normalizada			
	Custo	Duração	Defeitos
Pesos	0,40	0,40	0,30
Orientação da escala	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor	Quanto menor, melhor
Processo Atual	0,24	0,26	0,16
Processo Alterado	0,20	0,22	0,20
Solução Ideal	0,24	0,21	0,16

	Custo	Duração	Defeitos
Solução Ideal	0,24	0,21	0,16
Solução Indesejada	0,24	0,26	0,20

Medidas de Separação		
	S*	S-
Processo Atual	0,05	0,03
Processo Alterado	0,06	0,05

Índice de Similaridade	
	C*
Processo Atual	0,40
Processo Alterado	0,48

Resultado Individual	
Processo Atual	
Processo Alterado	<< Mais Adequado

Figura 4.14 - Modelo de decisão para o processo definido

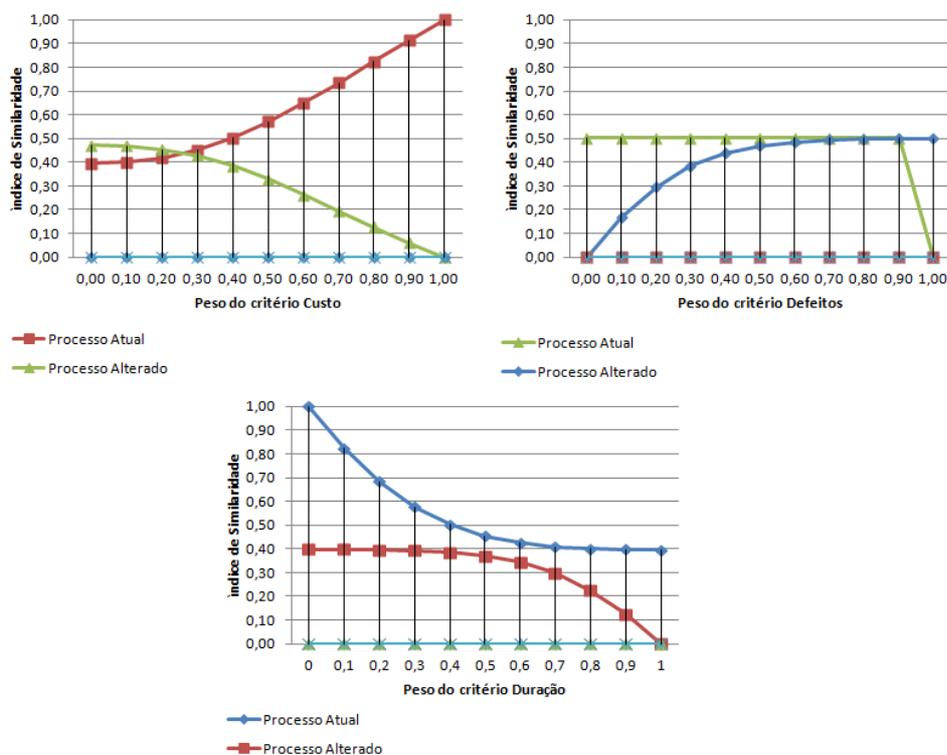


Figura 4.15 - Gráfico para análise de sensibilidade do critério Custo

Artefatos produzidos: Resultado da avaliação e Lista com o processo selecionado para alteração.

Tarefa: Alterar processos dos projetos onde a adoção do novo processo definido foi considerada vantajosa

Como o resultado da avaliação foi favorável ao novo processo definido, o Grupo de Processos adaptou o processo do projeto com base no novo processo padrão. A partir deste momento, o projeto passou a executar o novo processo definido.

Artefato produzido: Novo processo definido para o projeto selecionado.

A próxima atividade do processo é “Monitorar Efeitos da Alteração no Processo Padrão” e encontra-se comentada a seguir:

Atividade: Monitorar Efeitos da Alteração no Processo Padrão

Tarefa: Adotar Novo Processo Padrão nos novos projetos

Assim que o processo padrão foi alterado, os novos projetos passaram a definir seus processos com base neste novo processo padrão. A execução dos processos nos novos projetos, geraram medidas que serviram de subsídio para a monitoração dos efeitos da alteração.

Artefato produzido: Medidas

Tarefa: Monitorar os efeitos da alteração

Ao final das oito monitorações em projetos distintos, planejadas no Plano de Implementação de Melhorias, observou-se que os desempenhos dos indicadores “custo”, “duração” e “número de defeitos” encontravam-se dentro das metas estabelecidas.

Artefato produzido: Relatório de monitoração

Tarefa: Aprovar novo processo padrão

Como foi observado que a alteração no processo padrão trouxe efeitos positivos

para a organização, o novo processo padrão foi considerado “aprovado”.

Artefato produzido: Novo processo padrão com situação “aprovado”

4.6. Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada a proposta dessa dissertação, que tem como objetivo principal apoiar a avaliação prévia de alterações tanto em processos padrão como em processos definidos que estão em execução em um projeto.

Com o intuito de facilitar a compreensão e execução da proposta como um todo, foi definido um processo de tomada de decisão com TOPSIS e um processo de apoio à implementação de melhorias em processos constituído de três atividades: (i) avaliar impacto da alteração no processo padrão; (ii) avaliar impacto da mudança nos processos definidos em execução; e (iii) monitorar efeitos da alteração no processo padrão.

Para auxiliar a condução da avaliação das alternativas de processo, de modo a torná-la mais simples e mais rápida, foi desenvolvido um mecanismo de apoio baseado nos passos do método multicritério de apoio à tomada de decisão TOPSIS. Um exemplo ilustrativo de como pode se dar a sua execução também foi apresentado.

O próximo capítulo apresenta como foi avaliada a proposta objeto desta dissertação.

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Este capítulo descreve como se deu a avaliação da proposta por meio da condução de três estudos de caso. Os resultados dos estudos revelaram indícios de que a proposta apresentada nessa dissertação pode ser útil para organizações que implementam melhorias em processos.

5.1. Introdução

Assim como em outras disciplinas como Medicina, Enfermagem, Psiquiatria, Política Social etc., a Engenharia de Software também pode beneficiar-se de práticas baseadas em evidências para caracterizar uma determinada tecnologia em uso, verificando, com níveis razoáveis de segurança, o que funciona e o que não funciona em circunstâncias específicas (MAFRA e TRAVASSOS, 2006).

Seguindo os fundamentos da Engenharia de Software Baseada em Evidências, após a definição completa da proposta dessa dissertação, ela foi avaliada por meio da execução de três estudos de caso na indústria.

Este capítulo apresenta o planejamento, a execução e os resultados obtidos a partir dos estudos de caso conduzidos em ambiente industrial. A seção 5.2 apresenta o planejamento do estudo de caso. A seção 5.3 descreve como se deram as execuções dos três estudos de caso. Na seção 5.4 estão descritos os resultados obtidos. Para finalizar este capítulo, a seção 5.5 traz as considerações finais.

5.2. Planejamento do Estudo de Caso

Tomando como base o modelo de aceitação de tecnologia (*Technology Acceptance Model* - TAM) proposto por DAVIS (1989), o propósito do estudo de caso em ambiente industrial conduzido nesta dissertação foi investigar a viabilidade da proposta com relação aos dois principais determinantes do TAM: (i) utilidade percebida – grau em que uma pessoa acredita que o uso da tecnologia pode melhorar o seu desempenho; e (ii) facilidade percebida – grau em que uma pessoa acredita que o uso de uma tecnologia será livre de esforço mental e físico.

Diante deste contexto, o objetivo do estudo experimental, segundo o paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988), foi:

Analisar o uso da solução proposta para avaliação de alternativas de processo e seleção do melhor processo.

Com o propósito de caracterizar

Com relação à utilidade percebida e à facilidade de uso percebida

Do ponto de vista de membros do grupo de processos

No contexto de melhoria de processos em uma organização de desenvolvimento de software.

As questões a serem respondidas pelo estudo foram:

Q1: Qual é o grau de satisfação dos membros do Grupo de Processos quanto à facilidade de uso da proposta?

Medida:

M1: Grau de dificuldade (escala: Muito fácil, Fácil, Mediano, Difícil, Muito difícil)

Q2: Qual é o grau de satisfação dos membros do Grupo de Processos quanto à utilidade da proposta?

Medidas:

M1: Tempo, em minutos, necessário para a construção do modelo de decisão.

M2: Opinião do participante quanto à viabilidade do tempo despendido na execução da proposta (escala: Sim, Não).

M3: Opinião do participante quanto ao auxílio da proposta na identificação do processo mais adequado (escala: Negativamente, Indiferente, Positivamente).

M4: Opinião do participante quanto à futura utilização da proposta (escala: Sim, Talvez, Não).

Foram conduzidos três estudos de caso, cada um em uma organização de desenvolvimento de software diferente, avaliando processos distintos. Cinco profissionais participam dos estudos, distribuídos da seguinte forma:

- Organização A: 2 membros do grupo de processos;
- Organização B: 1 membro do grupo de processos;
- Organização C: 2 membros do grupo de processos.

Cada estudo de caso foi executado em três etapas. Na primeira etapa, os participantes (funcionários da organização, membros do Grupo de Processo) declararam estar de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), selecionaram as necessidades de melhoria a serem implementadas, definiram as alterações que deveriam ser realizadas no processo e escolheram o processo que consideravam mais apropriado para a organização com base em sua experiência. Em seguida, foi fornecido um formulário pré-execução da proposta (Apêndice C), cujos objetivos eram caracterizar o participante quanto à sua experiência em melhoria de processos e conhecer quais aspectos foram levados em consideração na escolha do melhor processo.

A segunda etapa consistiu de uma apresentação do processo da proposta, treinamento do mecanismo de apoio à tomada de decisão e, por fim, da utilização do mecanismo de apoio por meio do qual os modelos de decisão individual foram gerados e consolidados para gerar as recomendações coletivas, no caso dos estudos com mais de um participante.

A terceira etapa visou avaliar, a partir de um formulário pós-execução (Apêndice C), a percepção de cada participante quanto à facilidade e à utilidade da proposta.

Os instrumentos adotados durante os estudos de caso foram o processo da proposta, o mecanismo de apoio à tomada de decisão e os formulários de avaliação pré e pós-execução.

5.2.1. Ameaças à Validade

Qualquer estudo experimental apresenta ameaças que podem comprometer a validade dos resultados. As ameaças relacionadas a este estudo seguem os tipos de ameaça apresentadas em (WÖHLIN *et al.*, 2000) e estão descritas a seguir.

- **Validade interna.** A validade interna observa se o tratamento realmente causa o resultado, e não algum outro fator desconhecido ou sobre o qual não se tenha controle. Uma ameaça à validade interna a ser considerada é a medição do tempo, que poderia influenciar o resultado do estudo. Para mitigar esta ameaça, o tempo foi medido pela pesquisadora. Além disso, foi acrescentada ao formulário pós-execução uma pergunta questionando se o tempo despendido na execução da proposta foi factível ou não. Outra ameaça que precisa ser considerada é que as opiniões dos participantes podem ter sido influenciadas pela preocupação em prejudicar os resultados da dissertação.
- **Validade externa.** A validade externa preocupa-se com fatores que impeçam a generalização dos resultados. Este tipo de ameaça foi reduzido pelo fato de os participantes terem alto nível de experiência em melhorias de processos e pelo fato de os estudos de casos terem sido conduzidos em processos reais, com problemas reais e em contextos distintos.
- **Validade de construção (ou Constructo).** A validade de construção considera os relacionamentos entre a teoria e a observação, ou seja, se o tratamento reflete corretamente a causa e o resultado reflete corretamente o efeito. Uma ameaça à validade de construção poderia ser a escolha dos indicadores. No entanto, a ameaça foi minimizada com a adoção dos indicadores sugeridos pelo modelo de aceitação de tecnologia (*Technology Acceptance Model - TAM*) proposto por DAVIS (1989): utilidade percebida e facilidade de uso percebida.
- **Validade de conclusão.** A validade de conclusão observa a relação entre o tratamento e o resultado, determinando a capacidade do estudo em gerar alguma conclusão. A principal ameaça a este tipo de validade é o tamanho da amostra, cujo número de *data points* não tem significância estatística. Por esta razão, os resultados do estudo não podem ser considerados conclusivos, mas apenas indícios.

5.3. Execução dos Estudos de Caso

Os estudos de caso foram conduzidos em três organizações distintas.

Atendendo ao item Confidencialidade da Pesquisa presente no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), os nomes das organizações e dos participantes foram descaracterizados e serão tratados de acordo a Tabela 5.1.

Tabela 5.1- Nomenclatura adotada para distinguir organizações e membros do grupo de processos

Organização	Participantes
Organização A	Participante A-1 Participante A-2
Organização B	Participante B-1
Organização C	Participante C-1 Participante C-2

Todas as organizações selecionadas para o estudo possuem programa de melhorias em processos e já foram avaliadas em algum nível MR-MPS (SOFTEX, 2011a).

5.3.1. Primeiro Estudo de Caso

O primeiro estudo de caso foi conduzido na Organização A e contou com a participação de dois membros do Grupo de Processos.

A Organização A foi avaliada no nível C do MPS e está em processo de preparação para ser avaliada no nível 3 do CMMI. O nível de experiência prévia dos dois membros do Grupo de Processo que participaram do estudo pode ser observado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Caracterização dos membros do Grupo de Processos da Organização A

	Participante A-1	Participante A-2
Formação	Mestrado	Doutorado
Certificações	- Implementador do MPS - Avaliador Adjunto do MPS	- Implementador do MPS - Avaliador Líder do MPS
Nível de Experiência	Alto	Alto
Experiência	10 anos	9 anos
Envolvimento no Grupo de Processos	Líder	Participa apenas das discussões
Papel na execução do processo a ser melhorado	Especificador e avaliador	Nenhum

Na primeira etapa do estudo, os participantes analisaram as necessidades de melhoria registradas no Repositório de Necessidades de Melhorias da organização e selecionaram duas necessidades consideradas mais relevantes para o principal objetivo de negócio da organização no momento: o alcance do nível 3 do CMMI . Estas duas melhorias levariam a alteração no atual processo padrão de desenvolvimento de software da organização. São elas:

- Elicitação de requisitos por meio de entrevistas estruturadas para atender a exigências do CMMI nível 3.

Justificativa da melhoria: No processo atual não há um padrão estabelecido.

- Inclusão da atividade de verificação do plano de testes junto com a atividade de verificação do documento de requisitos.

Justificativa da melhoria: Muitas vezes a falta de testes para um determinado caso de uso só é percebida no momento da validação do produto.

Os participantes definiram apenas uma alternativa de processo, contemplando as duas oportunidades de melhoria simultaneamente. Com base em suas experiências, os participantes definiram que um processo com estas duas alterações seria mais adequado para a Organização A do que o processo atual. Ao preencher o formulário pré-execução (Apêndice D), cada participante informou o que levou em consideração ao escolher o processo mais adequado para a Organização A (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Aspectos considerados pelos participantes da Organização A na escolha do processo mais apropriado

Participante	Aspectos Considerados
Participante A-1	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria da qualidade do produto • Redução de não conformidades • Redução de tempo de execução da atividade.
Participante A-2	<ul style="list-style-type: none"> • Aderência às práticas do nível 3 do CMMI e nível C do MPS, que foram selecionados como modelos de referência para identificação das melhorias nos processos. • Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto. • Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto. • Diminuição de retrabalho. • Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto.

Na segunda etapa, os participantes conheceram o processo da proposta e receberam treinamento para utilização do mecanismo de apoio à tomada de decisão.

Seguindo o Processo de Tomada de Decisão para Melhorias em Processos, apresentado na seção 4.2, os participantes definiram, em consenso, os critérios de comparação, o desempenho do processo atual em cada um dos critérios definidos e os objetivos da organização com relação a cada critério (Figura 5.1).

Alternativas			
Processo Atual			
Processo alterado			
Critérios	Orientação	Desempenhos do Processo Atual	Objetivos
Aderência às práticas do nível 3 do CMMI	positiva	0,80	1,00
Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto	positiva	1,00	3,00
Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto	positiva	2,00	3,00
Retrabalho	negativa	0,01	0,01
Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto	positiva	1,00	3,00
Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos	positiva	1,00	2,00
Necessidades de negócios não consideradas	negativa	0,50	0,00
Casos de testes não previstos nos testes de produto	negativa	0,50	0,00
Quantidades de ciclos de testes de aceite	negativa	2,40	1,40
Risco de falta de controle na gerência de mudança	negativa	1,00	1,00

Figura 5.1 - Fase de Estruturação (Organização A)

Durante a discussão para seleção dos critérios foi observada uma tendência dos participantes pensarem apenas em critérios que influenciariam positivamente no desempenho do processo modificado. Por isso, houve a necessidade de intervenção da pesquisadora para que também levassem em consideração critérios cujo desempenho do processo alterado poderia ser inferior ao desempenho do processo atual, ou seja, para que identificassem critérios conflitantes. Assim, foi acrescentado o critério “Risco de falta de controle na gerência de configuração”.

A primeira dificuldade enfrentada pelos participantes foi a definição da orientação dos critérios. Para quase todos os critérios, houve necessidade de interferência da pesquisadora. Outra dificuldade foi a quantificação dos critérios qualitativos. Para facilitar, os participantes optaram por definir a escala que deveria ser adotada em cada critério.

Tabela 5.4 - Escala adotada para os critérios da Organização A

Critério	Escala
Aderência às práticas do nível 3 do CMMI	[0 -1] (1 - 100% aderente. 0 - 0% aderente)
Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto	1 - Pouco fácil 2 - Facilidade média 3 - Muito fácil
Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto	1 - Pouco fácil 2 - Facilidade média 3 - Muito fácil
Retrabalho	0 a 1 (1 - 100% de retrabalho. 0 - 0% de retrabalho)
Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto	1 - Pouco fácil 2 - Facilidade média 3 - Muito fácil
Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos	1 - Pouco fácil 2 - Facilidade média 3 - Muito fácil
Necessidades de negócios não consideradas	[0 -1] (1 - 100% não consideradas. 0 - 0% não consideradas)
Casos de testes não previstos nos testes de produto	[0 -1] (1 - 100% de casos de teste não previstos. 0 - 0% de casos de teste não previstos)
Quantidades de ciclos de testes de aceite	Numérica
Risco de falta de controle na gerência de mudança	1 - Não tem risco, pois são artefatos distintos 2 - grande risco, pois as informações estão dentro do mesmo documento

Uma vez concluída a fase de Estruturação, cada participante avaliou individualmente as alternativas de processo, gerando seu próprio modelo de decisão. Os modelos de decisão individuais gerados podem ser observados na Figura 5.2 e na Figura 5.3.

Os gráficos de Análise de Sensibilidade dos modelos de decisão gerados pelos dois participantes revelaram que o critério mais crítico era o “Risco de falta de controle na gerência de mudança”, como mostra a Figura 5.4 e a Figura 5.5. A identificação do mesmo critério crítico não foi uma coincidência. Deu-se devido ao fato de este critério ser o único no qual o desempenho do processo atual é melhor do que o processo alterado. Os participantes revisaram o critério, mas decidiram não alterar os valores dos pesos inicialmente atribuídos.

Matriz de Decisão										
	Aderência às práticas do nível 3 do CMMI	Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto	Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto	Retrabalho	Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto	Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos	Necessidades de negócios não consideradas	Casos de testes não previstos nos testes de produto	Quantidades de ciclos de testes de aceite	Risco de falta de controle na gerência de mudança
Pesos	0,05	0,15	0,15	0,01	0,10	0,13	0,10	0,15	0,15	0,01
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	positiva	positiva	negativa	negativa	negativa	negativa
Processo Atual	0,80	1,00	2,00	0,01	1,00	1,00	0,50	0,50	2,40	1,00
Processo alterado	1	2,5	1,8	0,01	2,5	2	0,01	0,20	1,50	2,00
Solução Ideal	1,00	3,00	3,00	0,01	3,00	2,00	0,00	0,00	1,40	1,00
Matriz de Decisão Normalizada										
	Aderência às práticas do nível 3 do CMMI	Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto	Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto	Retrabalho	Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto	Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos	Necessidades de negócios não consideradas	Casos de testes não previstos nos testes de produto	Quantidades de ciclos de testes de aceite	Risco de falta de controle na gerência de mudança
Pesos	0,05	0,15	0,15	0,01	0,10	0,13	0,10	0,15	0,15	0,01
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	positiva	positiva	negativa	negativa	negativa	negativa
Processo Atual	0,02	0,04	0,07	0,01	0,02	0,04	0,10	0,14	0,11	0,00
Processo alterado	0,03	0,09	0,07	0,01	0,06	0,09	0,00	0,06	0,07	0,01
Solução Ideal	0,03	0,11	0,11	0,01	0,07	0,09	0,00	0,00	0,07	0,00
Solução Indesejada	0,02	0,04	0,07	0,01	0,02	0,04	0,10	0,14	0,11	0,01

Medidas de Separação			Índice de Similaridade		Resultado Individual	
	S*	S-		C*	Processo Atual	Processo alterado
Processo Atual	0,10	0,01	Processo Atual	0,07	Processo Atual	<< Mais Adequado
Processo alterado	0,05	0,07	Processo alterado	0,57	Processo alterado	

Figura 5.2 - Modelo de decisão gerado pelo Participante A-1

Matriz de Decisão										
	Aderência às práticas do nível 3 do CMMI	Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto	Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto	Retrabalho	Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto	Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos	Necessidades de negócios não consideradas	Casos de testes não previstos nos testes de produto	Quantidades de ciclos de testes de aceite	Risco de falta de controle na gerência de mudança
Pesos	0,20	0,05	0,10	0,05	0,20	0,10	0,05	0,10	0,10	0,05
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	positiva	positiva	negativa	negativa	negativa	negativa
Processo Atual	0,80	1,00	2,00	0,01	1,00	1,00	0,50	0,50	2,40	1,00
Processo alterado	0,90	2,00	3,00	0,01	2,00	2,00	0,01	0,20	1,00	2,00
Solução Ideal	1,00	3,00	3,00	0,01	3,00	2,00	0,00	0,00	1,40	1,00
Matriz de Decisão Normalizada										
	Aderência às práticas do nível 3 do CMMI	Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto	Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto	Retrabalho	Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto	Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos	Necessidades de negócios não consideradas	Casos de testes não previstos nos testes de produto	Quantidades de ciclos de testes de aceite	Risco de falta de controle na gerência de mudança
Pesos	0,20	0,05	0,10	0,05	0,20	0,10	0,05	0,10	0,10	0,05
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	positiva	positiva	negativa	negativa	negativa	negativa
Processo Atual	0,10	0,01	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,09	0,08	0,02
Processo alterado	0,11	0,03	0,06	0,03	0,11	0,07	0,00	0,04	0,03	0,04
Solução Ideal	0,13	0,04	0,06	0,03	0,16	0,07	0,00	0,00	0,05	0,02
Solução Ideal	0,13	0,04	0,06	0,03	0,16	0,07	0,00	0,00	0,05	0,02
Solução Indesejada	0,10	0,01	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,09	0,08	0,04

Medidas de Separação		Índice de Similaridade		Resultado Individual	
	S*	S-		C*	
Processo Atual	0,16	0,02	Processo Atual	0,11	
Processo alterado	0,07	0,11	Processo alterado	0,61	<< Mais Adequado

Figura 5.3 - Modelo de decisão gerado pelo Participante A-2

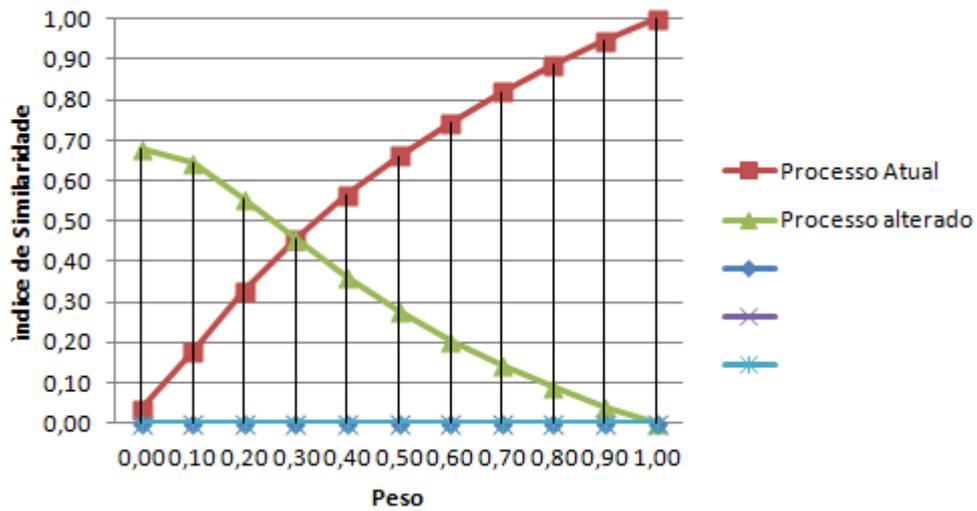


Figura 5.4 - Análise de Sensibilidade do critério "Risco de falta de controle na gerência de mudança" (Participante - A1)

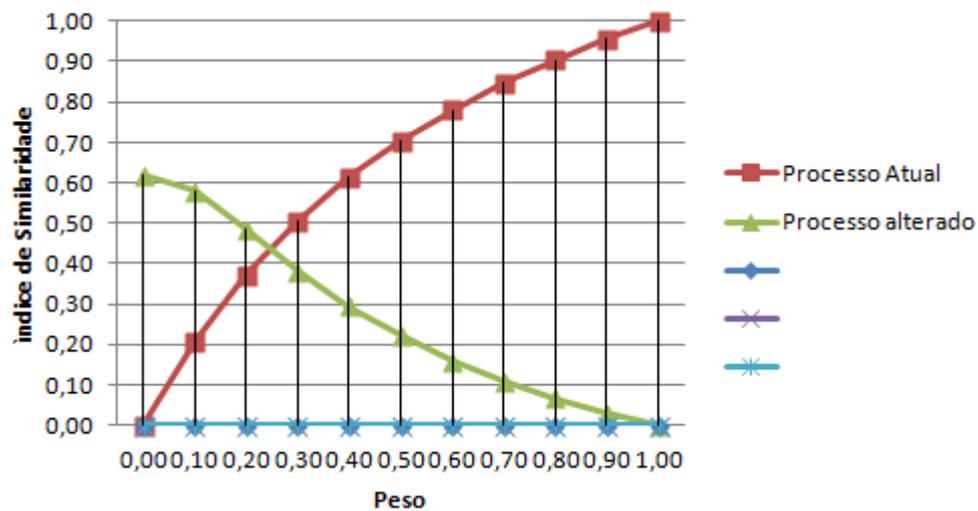


Figura 5.5 - Análise de Sensibilidade do critério "Risco de falta de controle na gerência de mudança" (Participante -A2)

Uma vez gerados os modelos individuais, passou-se para a fase de Recomendações, onde foram atribuídos os pesos de cada participante. Por ser o líder do Grupo de Processos, o Participante-A1 recebeu um peso maior. Finalmente, foi gerada a recomendação coletiva para a Organização A, a qual sugeriu que ela implementasse as alterações planejadas (Figura 5.6). Neste estudo de caso, a recomendação coincidiu com a opinião inicial dos participantes.

Resultados Individuais		
Decisor	Peso	
Participante A-2	0,4	
Participante A-1	0,6	
	Processo Atual	Processo alterado
Participante A-2	0,11	0,61
Participante A-1	0,07	0,57
Consolidação		
	Processo Atual	Processo alterado
Participante A-2	0,00	0,40
Participante A-1	0,00	0,60
Total	0	1
Resultado Geral		
Processo Atual	2a Posição	
Processo alterado	<< Mais Adequado	

Figura 5.6 - Recomendações geradas para a Organização A

Como a recomendação gerada foi a de implementar as melhorias planejadas para o processo padrão, o passo seguinte foi a identificação dos projetos em execução, que poderiam ser beneficiados pela mudança.

Nesta etapa, o Participante-A1 foi o único escolhido para executar a avaliação, pois apenas ele estava diretamente envolvido com os projetos em execução.

Dos projetos que se encontravam em execução, somente um poderia ser beneficiado, visto que os demais já se encontravam em fases mais avançadas do processo.

Os critérios escolhidos para a comparação das duas alternativas de processo encontram-se descritos na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Critérios de comparação no âmbito do projeto

Critério	Unidade de Medida
Densidade de defeitos encontrados na verificação da especificação funcional	Defeitos/PF
Percentual de horas de retrabalho na especificação funcional	%
Taxa de casos de testes final versus inicial	-
Densidade de defeitos encontrados na validação do produto	Defeitos/PF
Percentual de horas de retrabalho na construção do produto	%
Custo de execução	Moeda

O modelo de decisão gerado pelo Participante-A1 nesta avaliação pode ser observado na Figura 5.7.

Matriz de Decisão						
	Densidade de defeitos encontrados na verificação da especificação funcional	Percentual de horas de retrabalho na especificação funcional	Taxa de casos de testes final versus inicial	Densidade de defeitos encontrados na validação do produto	Percentual de horas de retrabalho na construção do produto	custo de execução
Pesos	0,20	0,10	0,20	0,30	0,10	0,10
Orientação	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa
Processo Atual	0,80	5,00	2,40	0,20	5,00	60,00
Processo Alterado	0,50	3,00	1,50	0,10	2,00	62,00
Solução Ideal	0,20	2,00	1,00	0,10	1,00	60,00
Matriz de Decisão Normalizada						
	Densidade de defeitos encontrados na verificação da especificação funcional	Percentual de horas de retrabalho na especificação funcional	Taxa de casos de testes final versus inicial	Densidade de defeitos encontrados na validação do produto	Percentual de horas de retrabalho na construção do produto	custo de execução
Pesos	0,20	0,10	0,20	0,30	0,10	0,10
Orientação	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa
Processo Atual	0,17	0,08	0,16	0,24	0,09	0,06
Processo Alterado	0,10	0,05	0,10	0,12	0,04	0,06
Solução Ideal	0,04	0,03	0,07	0,12	0,02	0,06
	Densidade de defeitos encontrados na verificação da especificação funcional	Percentual de horas de retrabalho na especificação funcional	Taxa de casos de testes final versus inicial	Densidade de defeitos encontrados na validação do produto	Percentual de horas de retrabalho na construção do produto	custo de execução
Solução Ideal	0,04	0,03	0,07	0,12	0,02	0,06
Solução Indesejada	0,17	0,08	0,16	0,24	0,09	0,06

Medidas de Separação		
	S*	S-
Processo Atual	0,22	0,00
Processo Alterado	0,07	0,16

Índice de Similaridade	
	C*
Processo Atual	0,01
Processo Alterado	0,69

Resultado Individual	
Processo Atual	
Processo Alterado	<< Mais Adequado

Figura 5.7 - Modelo de decisão gerado pelo Participante A-1 para avaliação do projeto

Os gráficos de Análise de Sensibilidade do modelo de decisão gerado revelaram que o critério “Custo de Execução” era o mais crítico do modelo. No entanto, como mostra a Figura 5.8, a ordem de preferência das alternativas de processo é alterada apenas quando o peso desse critério encontra-se próximo a 0.9, um valor bem distante do peso atribuído pelo decisor (0.1). Por esta razão, optou-se por manter todos os pesos sem alteração.

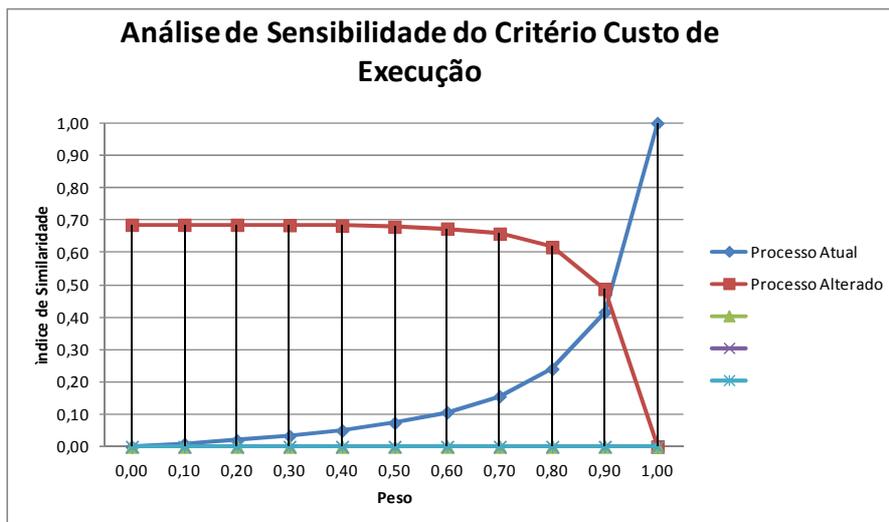


Figura 5.8 - Análise de Sensibilidade do critério "Custo de execução" (Participante - A1)

A recomendação gerada foi a de que pode ser vantajoso para o projeto, adotar o novo processo padrão com as melhorias planejadas. O Participante-A1 concordou com o resultado.

Por fim, cada participante preencheu o formulário pós-execução, cujas respostas encontram-se no Apêndice D.

5.3.2. Segundo Estudo de Caso

A Organização B foi recentemente avaliada no nível C do MPS. O estudo de caso contou com a participação de um único membro do Grupo de Processos. Sua caracterização encontra-se descrita na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Caracterização do membro do Grupo de Processos da Organização B

	Participante B-1
Formação	Mestrado
Certificações	Não possui
Nível de Experiência	Alto
Experiência	6 anos
Envolvimento no Grupo de Processos	Líder
Papel na execução do processo a ser melhorado	Análise e apoio à implementação e verificação da melhoria

Na primeira etapa do estudo de caso, o participante analisou o repositório de oportunidades de melhorias da organização e selecionou duas melhorias consideradas prioritárias. As duas melhorias estão relacionadas ao processo de Verificação, que se encontra embutido no processo padrão de Desenvolvimento de Software da organização. São elas:

- Adoção de testes automáticos em todos os tipos de projeto.
Justificativa da melhoria: Esta foi uma melhoria registrada na avaliação formal do nível C do MPS. Os avaliadores consideraram pertinente estender os testes automáticos aos demais tipos de projeto. Atualmente, este tipo de testes é adotado apenas nos projetos Web.
- Elaboração de um conjunto de testes de unidade padrão para cada tipo de projeto.
Justificativa da melhoria: Atualmente, um único conjunto de testes de unidade padrão é adotado para todos os tipos de projeto (Web, BI e não-Web). Devido às peculiaridades inerentes a cada tipo de projeto, a organização está sentindo a necessidade de elaborar um conjunto de testes de unidade específico para cada tipo de projeto.

Seguindo o planejamento do estudo, o participante definiu as alternativas de processo a serem avaliadas. Como havia dúvidas se as ações deveriam ser implementadas simultaneamente ou não, foram definidas três alternativas de processo:

1. Processo com “Adoção de testes automáticos em todos os tipos de projeto”;

2. Processo com “Elaboração de um conjunto de testes de unidade padrão para cada tipo de projeto”;
3. Processo com “Adoção de testes automáticos em todos os tipos de projeto” e “Elaboração de um conjunto de testes de unidade padrão para cada tipo de projeto” simultaneamente.

Com base em sua experiência, o participante considerou o processo contendo apenas a melhoria “Elaboração de um conjunto de testes de unidade padrão para cada tipo de projeto” como sendo o mais adequado para a Organização B. A justificativa para tal escolha foi registrada no formulário pré-execução da proposta (Apêndice D) e pode ser vista na Tabela 5.7.

Seguindo o planejamento do estudo, na segunda etapa, o participante conheceu o processo da proposta e recebeu o treinamento para utilização do mecanismo de apoio à tomada de decisão. Em seguida, preencheu a aba Estruturação da planilha com as alternativas de processo, os critérios que serviriam para comparar as alternativas, o desempenho do processo atual em cada um dos critérios e os desempenhos aspirados (objetivos) pela organização em todos os critérios. A Figura 5.9 ilustra a aba Estruturação preenchida.

Tabela 5.7 - Aspectos considerados pelo participante da Organização B na escolha do processo mais apropriado

Participante	Aspectos Considerados
Participante B-1	<ul style="list-style-type: none"> • Possível redução de defeitos • Aumento da cobertura dos testes • Maior precisão dos testes pelo desenvolvedor • Melhor relação custo x benefício no desenvolvimento das melhorias.

Alternativas
Processo Atual
Ampliação dos Testes
Revisão do Conjunto de Casos de Testes Unitários
Ampliação + Revisão

Critérios	Orientação	Desempenhos do Processo Atual	Objetivos
Detecção de Defeitos	positiva	0,56	0,80
Cobertura dos testes	positiva	0,75	0,90
Custo de manutenção do processo	negativa	0,10	0,05
Custo de treinamento do processo	negativa	0,00	0,00
Custo de aquisição de ferramenta(s)	negativa	0,00	0,00
Retrabalho	negativa	0,02	0,02
Produtividade	negativa	5,60	5,34
Satisfação do Cliente	positiva	3,64	3,64
Cronograma	negativa	1,95	1,00

Figura 5.9 - Fase de Estruturação (Organização B)

Embora o participante tenha mencionado que levou em consideração “Melhor relação custo x benefício no desenvolvimento das melhorias” na escolha do processo mais apropriado, ao definir os critérios de comparação, foi observado que não seriam considerados critérios cujo desempenho do processo atual seria melhor do que o desempenho das demais alternativas. Após a intervenção da pesquisadora, critérios relacionados a custos, cronograma e produtividade foram acrescentados ao modelo.

Neste estudo de caso, o participante também sentiu dificuldades em definir a orientação dos critérios.

O desempenho atual do processo e os objetivos da organização foram extraídos do último relatório de medição da organização, exceto para os critérios “Custo de treinamento do processo” e “Custo de aquisição de ferramentas”, para os quais foi adotada uma escala [0-1]. As escalas utilizadas estão descritas na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Escala adotada para os critérios da Organização B

Critério	Escala
Detecção de Defeitos	[0 -1] (1 - 100% dos defeitos detectados. 0 - 0% dos defeitos detectados)
Cobertura dos testes	[0 -1] (1 - 100% de cobertura. 0 - 0% de cobertura)
Custo de manutenção do processo	Numérica
Custo de treinamento do processo	[0 -1]
Custo de aquisição de ferramenta(s)	[0 -1]
Retrabalho	[0 -1] (1 - 100% de retrabalho. 0 - 0% de retrabalho)
Produtividade	Numérica (FPA/HH)
Satisfação do Cliente	1 - Ruim 2 - Regular 3 - Bom 4 - Ótimo
Cronograma	Numérica (precisão)

Tendo definidas as alternativas e os critérios, o participante pôde preencher a aba de avaliação, na qual os pesos relativos dos critérios e os desempenhos esperados para cada alternativa de processo foram determinados (Figura 5.10).

Avaliando os gráficos de Análise de Sensibilidade dos pesos dos critérios, o participante observou que o critério “Detecção de Defeitos” era o mais crítico para o modelo de decisão gerado (Figura 5.11). No entanto, optou-se por manter o peso inicialmente atribuído, visto que o ponto onde as preferências eram alteradas (peso = 0,3) não estava muito próximo do valor atribuído ao peso deste critério (peso = 0,15).

Devido à participação de apenas um membro do Grupo de Processos, não houve a necessidade de consolidar os resultados individuais.

Neste estudo, o mecanismo de apoio recomendou, com base no modelo de decisão gerado pelo Participante B-1, que a organização não altere seu processo padrão de desenvolvimento. A alternativa de processo escolhida pelo participante no início do estudo foi considerada a segunda melhor opção de processo para a Organização B.

Embora trazendo um resultado divergente da sua opinião inicial, o participante concordou que as oportunidades de melhoria avaliadas requeriam uma melhor preparação da organização antes de serem implementadas.

Como a decisão tomada foi a de manter o processo padrão atual, não houve a necessidade de avaliar os projetos em execução.

Matriz de Decisão									
	Detecção de Defeitos	Cobertura dos testes	Custo de manutenção do processo	Custo de treinamento do processo	Custo de aquisição de ferramenta(s)	Retrabalho	Produtividade	Satisfação do Cliente	Cronograma
Pesos	0,15	0,10	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,20	0,15
Orientação	positiva	positiva	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	positiva	negativa
Processo Atual	0,56	0,75	0,10	0,00	0,00	0,02	5,60	3,64	1,95
Ampliação dos Testes	0,70	0,85	0,20	0,10	0,15	0,01	6,50	3,85	2,00
Revisão do Conjunto de Casos de Testes Unitários	0,65	0,80	0,15	0,05	0,01	0,01	6,00	3,75	1,97
Ampliação + Revisão	0,80	0,90	0,30	0,10	0,15	0,01	6,50	3,95	2,00
Solução Ideal	0,80	0,90	0,05	0,00	0,00	0,02	5,34	3,64	1,00

Matriz de Decisão Normalizada									
	Detecção de Defeitos	Cobertura dos testes	Custo de manutenção do processo	Custo de treinamento do processo	Custo de aquisição de ferramenta(s)	Retrabalho	Produtividade	Satisfação do Cliente	Cronograma
Pesos	0,15	0,10	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,20	0,15
Orientação	positiva	positiva	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa	positiva	negativa
Processo Atual	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,03	0,04	0,09	0,07
Ampliação dos Testes	0,07	0,05	0,05	0,03	0,07	0,02	0,05	0,09	0,07
Revisão do Conjunto de Casos de Testes Unitários	0,06	0,04	0,04	0,02	0,00	0,02	0,04	0,09	0,07
Ampliação + Revisão	0,08	0,05	0,07	0,03	0,07	0,02	0,05	0,09	0,07
Solução Ideal	0,08	0,05	0,01	0,00	0,00	0,03	0,04	0,09	0,04

	Detecção de Defeitos	Cobertura dos testes	Custo de manutenção do processo	Custo de treinamento do processo	Custo de aquisição de ferramenta(s)	Retrabalho	Produtividade	Satisfação do Cliente	Cronograma
Solução Ideal	0,08	0,05	0,01	0,00	0,00	0,03	0,04	0,09	0,04
Solução Indesejada	0,05	0,04	0,07	0,03	0,07	0,03	0,05	0,09	0,07

Medidas de Separação		
	S*	S-
Processo Atual	0,04	0,09
Ampliação dos Testes	0,10	0,03
Revisão do Conjunto de Casos de Testes Unitários	0,05	0,08
Ampliação + Revisão	0,11	0,03

Índice de Similaridade	
	C*
Processo Atual	0,68
Ampliação dos Testes	0,25
Revisão do Conjunto de Casos de Testes Unitários	0,61
Ampliação + Revisão	0,21

Resultado Individual	
Processo Atual	<< Mais Adequado
Ampliação dos Testes	3a Posição
Revisão do Conjunto de Casos de Testes Unitários	2a Posição
Ampliação + Revisão	4a Posição

Figura 5.10- Modelo de decisão gerado pelo Participante B-1

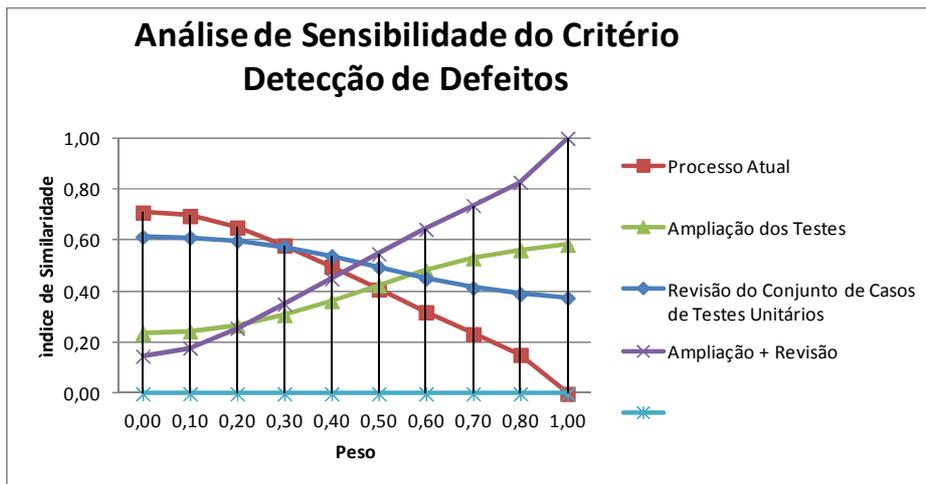


Figura 5.11 - Análise de Sensibilidade do critério " Detecção de Defeitos " (Participante - B1)

Este estudo de caso foi concluído com o preenchimento do formulário pós-execução. As respostas desse formulário podem ser vistas no Apêndice D.

5.3.3. Terceiro Estudo de Caso

O terceiro estudo de caso foi executado na Organização C. Esta organização foi avaliada no nível G do MPS. Dois membros do Grupo de Processos participaram do estudo. Suas caracterizações podem ser verificadas na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Caracterização dos membros do Grupo de Processos da Organização C

	Participante C-1	Participante C-2
Formação	Mestrado	Mestrado
Certificações	- PMP - Implementador do MPS - Avaliador Líder do MPS	- Implementador do MPS - Avaliador Líder do MPS.BR
Nível de Experiência	Alto	Alto
Experiência	10 anos	6 anos
Envolvimento no Grupo de Processos	Líder	Participa apenas das discussões
Papel na execução do processo a ser melhorado	Gerente de Projeto	Gerente de Projeto

Conforme planejamento do estudo de caso, na primeira etapa, os dois participantes analisaram em conjunto as necessidades de melhoria armazenadas no Repositório de Necessidades de Melhorias organizacional e selecionaram a implementação de uma única melhoria:

- Melhorar a forma como os laudos da garantia da qualidade são registrados.

Justificativa da melhoria: a ferramenta utilizada atualmente para registro dos laudos da garantia da qualidade não está preparada para a execução desta atividade. A cada novo projeto, os critérios de avaliação de cada laudo precisam ser carregados.

Para tratar este problema, os participantes definiram duas alternativas de processo:

1. Processo utilizando laudos em planilhas
2. Processo utilizando a ferramenta *Test Link* (adaptada para tal função)

Ambos os participantes do estudo de caso acreditavam que o processo mais adequado para a Organização C ainda seria o processo atual, apesar de os colaboradores diretamente envolvidos nas atividades de garantia da qualidade reivindicarem a melhoria. As justificativas registradas no formulário pré-execução (Apêndice D) para a escolha do processo atual podem ser encontradas na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Aspectos considerados pelos participantes da Organização C na escolha do processo mais apropriado

Participante	Aspectos Considerados
Participante C-1	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de ferramenta é sempre mais adequada para automatização de processo.
Participante C-2	<ul style="list-style-type: none"> • A importância do processo no contexto da melhoria interna e o impacto dele no processo de desenvolvimento como um todo.

Na etapa seguinte, os participantes foram apresentados ao processo da proposta e treinados no mecanismo de apoio à tomada de decisão. Após o treinamento, definiram, em consenso, os critérios que seriam utilizados para comparar as alternativas de processo, bem como o desempenho do processo atual em cada um dos processos e os objetivos aspirados pela organização, como mostra a Figura 5.12.

Mais uma vez, na escolha dos critérios de avaliação, a pesquisadora precisou esclarecer sobre a importância de se definir uma lista de critérios conflitantes. Com isto, critérios relacionados a custo e impacto na medição foram acrescentados ao modelo. Nestes critérios, o processo atual teria melhor desempenho do que o processo com uma

das melhorias implementada. Na definição da orientação dos critérios, assim como nos estudos anteriores, houve interferência da pesquisadora.

Como a Organização B ainda não possui medidas relacionadas aos critérios definidos, os participantes optaram por utilizar uma escala única para todos os critérios, variando de 0 a 1, onde, para critérios com orientação positiva, 0 foi considerado o pior desempenho e 1 foi considerado o melhor desempenho. Já para critérios com orientação negativa, a escala foi invertida: 0 foi considerado o melhor desempenho e 1 foi considerado o pior desempenho.

Passando para a fase de Avaliação, cada participante gerou seu modelo de decisão individual, informando a importância relativa dos critérios por meio de atribuição de pesos, bem como estabelecendo os desempenhos esperados em cada um dos critérios, para as alternativas de processo definidas. Os modelos de decisão gerados encontram-se ilustrados na Figura 5.13 e na Figura 5.14.

Alternativas			
Processo Atual			
Processo Atual com Laudos			
Processo Atual com Ferramenta			

Critérios	Orientação	Desempenhos do Processo Atual	Objetivos
Desempenho na execução do processo	positiva	0,50	0,90
Usabilidade	positiva	0,30	0,90
Gerenciamento das Informações	positiva	0,80	0,90
Custo da Ferramenta	negativa	0,01	0,20
Impacto na Medição	negativa	0,10	0,10
Satisfação da Equipe	positiva	0,00	0,90
Custo de Configuração	negativa	0,70	0,30

Figura 5.12 - Fase de Estruturação (Organização C)

Os gráficos de Análise de Sensibilidade gerados a partir do modelo de decisão definido pelo Participante C-1 mostraram que o critério mais crítico é o “Custo de Configuração”, visto que, considerando apenas a variação dos pesos deste critério, a decisão poderia ser diferente caso o peso a ele atribuído fosse alterado de 0,10 para 0,25, como mostra a Figura 5.15. Como o participante estava seguro do peso inicialmente estabelecido para o critério, os valores não foram alterados e o resultado individual permaneceu inalterado, sugerindo que o processo mais adequado para a Organização B é processo com a adoção da ferramenta *Test Link*.

Matriz de Decisão							
	Desempenho na execução do processo	Usabilidade	Gerenciamento das Informações	Custo da Ferramenta	Impacto na Medição	Satisfação da Equipe	Custo de Configuração
Pesos	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,10
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	negativa	positiva	negativa
Processo Atual	0,50	0,30	0,80	0,01	0,10	0,00	0,70
Processo Atual com Laudos	0,70	1,00	0,80	0,01	0,50	1,00	0,50
Processo Atual com Ferramenta	0,90	0,80	0,90	0,01	0,10	1,00	0,70
Solução Ideal	0,90	0,90	0,90	0,20	0,10	0,90	0,30
Matriz de Decisão Normalizada							
	Desempenho na execução do processo	Usabilidade	Gerenciamento das Informações	Custo da Ferramenta	Impacto na Medição	Satisfação da Equipe	Custo de Configuração
Pesos	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,10
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	negativa	positiva	negativa
Processo Atual	0,03	0,02	0,05	0,00	0,02	0,00	0,06
Processo Atual com Laudos	0,05	0,06	0,05	0,00	0,09	0,24	0,04
Processo Atual com Ferramenta	0,06	0,05	0,05	0,00	0,02	0,24	0,06
Solução Ideal	0,06	0,06	0,05	0,10	0,02	0,21	0,03
	Desempenho na execução do processo	Usabilidade	Gerenciamento das Informações	Custo da Ferramenta	Impacto na Medição	Satisfação da Equipe	Custo de Configuração
Solução Ideal	0,06	0,06	0,05	0,10	0,02	0,21	0,03
Solução Indesejada	0,03	0,02	0,05	0,00	0,09	0,00	0,06

Medidas de Separação

	S*	S-
Processo Atual	0,24	0,08
Processo Atual com Laudos	0,13	0,24
Processo Atual com Ferramenta	0,10	0,25

Índice de Similaridade

	C*
Processo Atual	0,24
Processo Atual com Laudos	0,66
Processo Atual com Ferramenta	0,71

Resultado Individual

Processo Atual	3a Posição
Processo Atual com Laudos	2a Posição
Processo Atual com Ferramenta	<< Mais Adequado

Figura 5.13 - Modelo de decisão gerado pelo Participante C-1

Matriz de Decisão							
	Desempenho na execução do processo	Usabilidade	Gerenciamento das Informações	Custo da Ferramenta	Impacto na Medição	Satisfação da Equipe	Custo de Configuração
Pesos	0,20	0,20	0,10	0,20	0,05	0,10	0,15
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	negativa	positiva	negativa
Processo Atual	0,50	0,30	0,80	0,01	0,10	0,00	0,70
Processo Atual com Laudos	0,70	0,50	0,30	0,01	0,20	0,30	0,50
Processo Atual com Ferramenta	0,70	0,40	0,80	0,01	0,20	0,50	0,20
Solução Ideal	0,90	0,90	0,90	0,20	0,10	0,90	0,30

Matriz de Decisão Normalizada							
	Desempenho na execução do processo	Usabilidade	Gerenciamento das Informações	Custo da Ferramenta	Impacto na Medição	Satisfação da Equipe	Custo de Configuração
Pesos	0,20	0,20	0,10	0,20	0,05	0,10	0,15
Orientação	positiva	positiva	positiva	negativa	negativa	positiva	negativa
Processo Atual	0,07	0,05	0,05	0,01	0,02	0,00	0,11
Processo Atual com Laudos	0,10	0,09	0,02	0,01	0,03	0,03	0,08
Processo Atual com Ferramenta	0,10	0,07	0,05	0,01	0,03	0,05	0,03
Solução Ideal	0,13	0,16	0,06	0,20	0,02	0,08	0,05

	Desempenho na execução do processo	Usabilidade	Gerenciamento das Informações	Custo da Ferramenta	Impacto na Medição	Satisfação da Equipe	Custo de Configuração
Solução Ideal	0,13	0,16	0,06	0,20	0,02	0,08	0,05
Solução Indesejada	0,07	0,05	0,02	0,01	0,03	0,00	0,11

Medidas de Separação		
	S*	S-
Processo Atual	0,25	0,04
Processo Atual com Laudos	0,22	0,06
Processo Atual com Ferramenta	0,21	0,10

Índice de Similaridade	
	C*
Processo Atual	0,13
Processo Atual com Laudos	0,22
Processo Atual com Ferramenta	0,33

Resultado Individual	
Processo Atual	3a Posição
Processo Atual com Laudos	2a Posição
Processo Atual com Ferramenta	<< Mais Adequado

Figura 5.14 - Modelo de decisão gerado pelo Participante C-2

Já os gráficos de Análise de Sensibilidade obtidos a partir do modelo de decisão definido pelo Participante C-2 revelaram que o mais crítico é o critério “Usabilidade”. Para este critério, as preferências do modelo seriam alteradas caso o peso do critério passasse de 0,2 para 0,4 (Figura 5.16). No entanto, o participante preferiu manter o peso originalmente definido. Desta forma, manteve-se o resultado individual, que também recomendou que a organização adotasse a ferramenta *Test Link* para o registro dos laudos da garantia da qualidade.

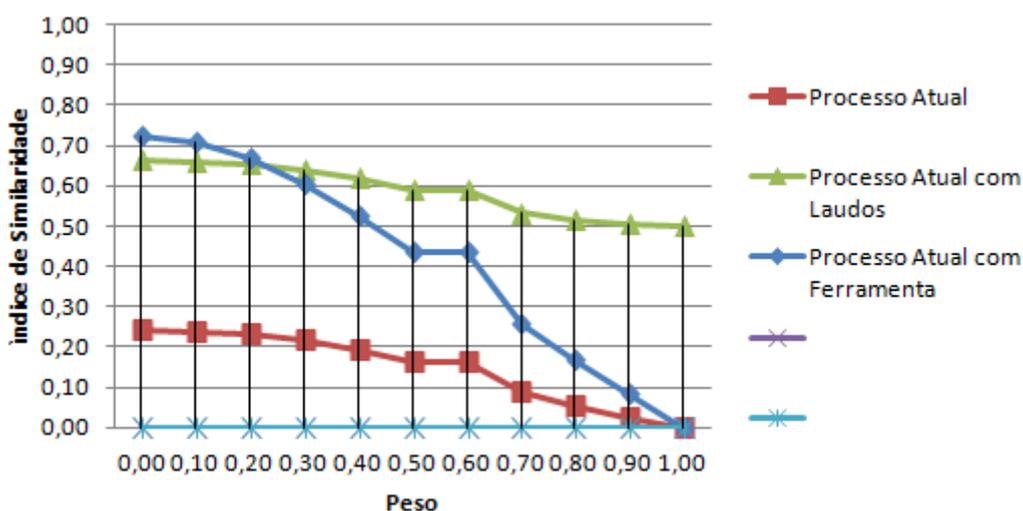


Figura 5.15 - Análise de Sensibilidade do critério "Custo de Configuração" (Participante - C1)

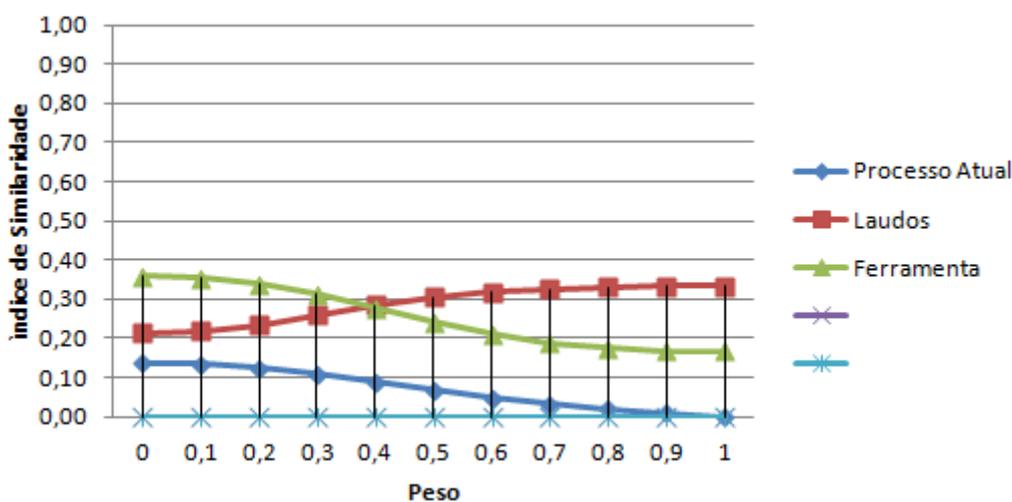


Figura 5.16 - Análise de Sensibilidade do critério "Usabilidade" (Participante - C2)

Na fase de Recomendações, foi considerado que os dois membros do Grupo de Processo tinham a mesma importância no grupo. Desta forma, foi definido o mesmo peso para ambos.

Como pode ser observado na Figura 5.17, o resultado coletivo para este estudo de caso recomendou que a organização adotasse a alternativa de processo “Processo utilizado a ferramenta *Test Link*”. Este resultado difere da opinião inicial dos participantes, que acreditavam que o melhor para a organização seria manter o processo sem alterações.

Após a execução do estudo, ambos os participantes concordaram com as recomendações fornecidas e acabaram acatando as reivindicações dos colaboradores diretamente envolvidos nas atividades de garantia da qualidade.

Resultados Individuais			
Decisor	Peso		
Participante C-1	0,5		
Participante C-2	0,5		
	Processo Atual	Processo Atual com Laudos	Processo Atual com Ferramenta
Participante C-1	0,24	0,66	0,71
Participante C-2	0,13	0,22	0,33
Consolidação			
	Processo Atual	Processo Atual com Laudos	Processo Atual com Ferramenta
Participante C-1	0,00	0,50	1,00
Participante C-2	0,00	0,50	1,00
Total	0	1	2
Resultado Geral			
Processo Atual	3a Posição		
Processo Atual com Laudos	2a Posição		
Processo Atual com Ferramenta	<< Mais Adequado		

Figura 5.17 - Recomendações geradas para a Organização C

A Organização C não possuía projetos em execução que estivessem utilizando o processo padrão a ser alterado. Por essa razão, não foi possível avaliar a viabilidade de adotar o novo processo padrão nos projetos em execução.

O estudo de caso na Organização C foi concluído após o preenchimento do formulário pós-execução, cujas respostas de cada participante podem ser encontradas no Apêndice D.

5.4. Análise e Interpretação dos Resultados

A proposta dessa dissertação foi avaliada a partir de dois indicadores: (i) utilidade percebida; e (ii) facilidade de uso percebida.

Os resultados obtidos com relação à percepção dos cinco participantes sobre a utilidade da proposta podem ser observados nas Figuras 5.18, 5.19 e 5.20.

O tempo médio de 40 minutos para a execução (Tabela 5.11) do processo de tomada de decisão não foi considerado um problema, visto que todos os participantes afirmaram que o tempo despendido para a execução é factível.

Com relação à investigação de como a proposta pode auxiliar na identificação do processo mais apropriado para a organização, embora as recomendações tendo divergido da opinião dos participantes em dois dos estudos de caso apresentados, todos afirmaram que a proposta auxiliou de forma positiva. Na justificativa desta questão, três participantes reconheceram a importância de se levar em consideração critérios de comparação.

Referente à utilização da proposta em avaliações futuras de alternativas de processos, quatro participantes afirmaram que a utilizariam e um afirmou que *talvez* a utilizasse. Este participante justificou sua resposta afirmando que “somente usaria a proposta em situações nas quais existisse risco para a implementação das melhorias”.

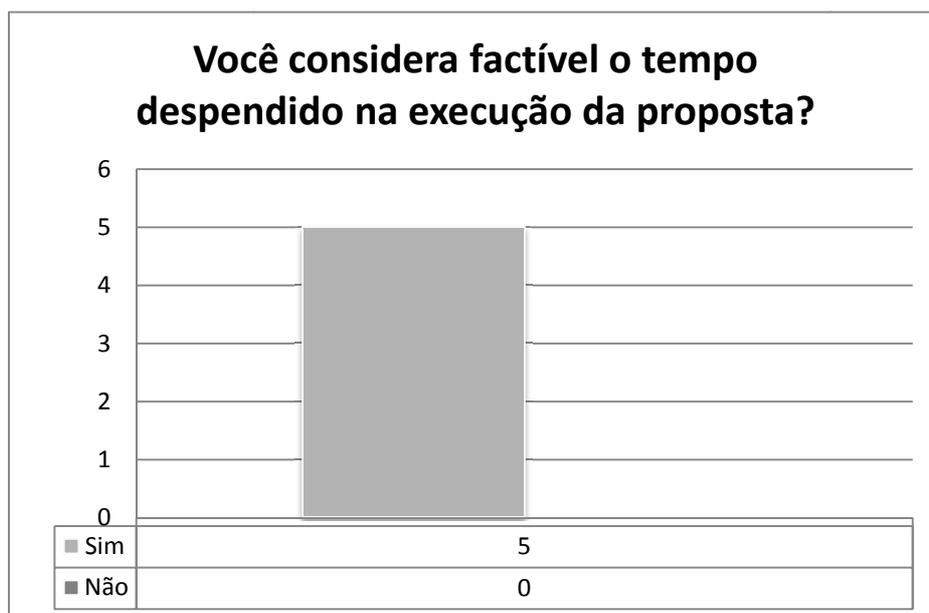


Figura 5.18 - Resposta sobre a viabilidade do tempo de execução

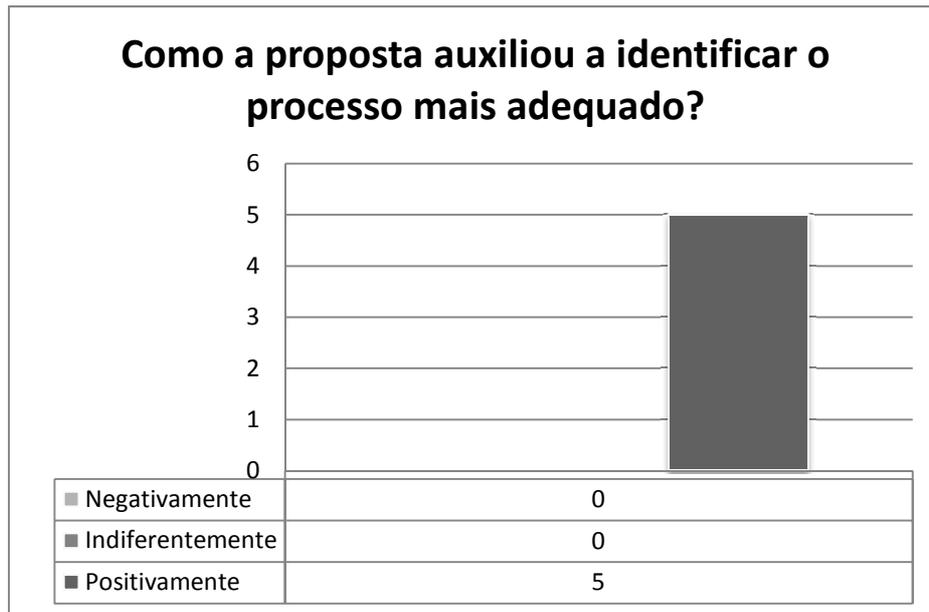


Figura 5.19 - Resposta sobre como a proposta auxiliou na identificação do processo mais adequado

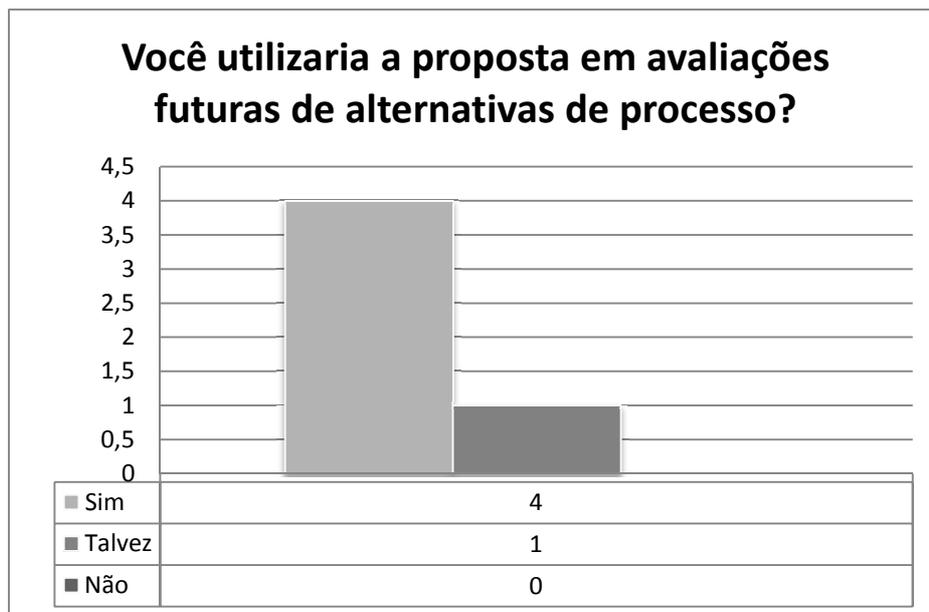


Figura 5.20 - Resposta sobre futura utilização da proposta

Tabela 5.11 - Tempo despendido por cada participante

Participante	Tempo Despendido (em minutos)
Participante A-1	40
Participante A-2	50
Participante B-1	55
Participante C-1	25
Participante C-2	30
Tempo Médio	40

Com relação à facilidade de uso percebida pelos participantes do estudo, três participantes afirmaram que o grau de dificuldade é *fácil* e dois participantes afirmaram que o grau de dificuldade é *mediano* (Figura 5.21). As justificativas para o grau de dificuldade *mediano* foram a necessidade de auxílio para a definição da orientação dos critérios (positiva e negativa) e a definição consensual dos critérios de avaliação.

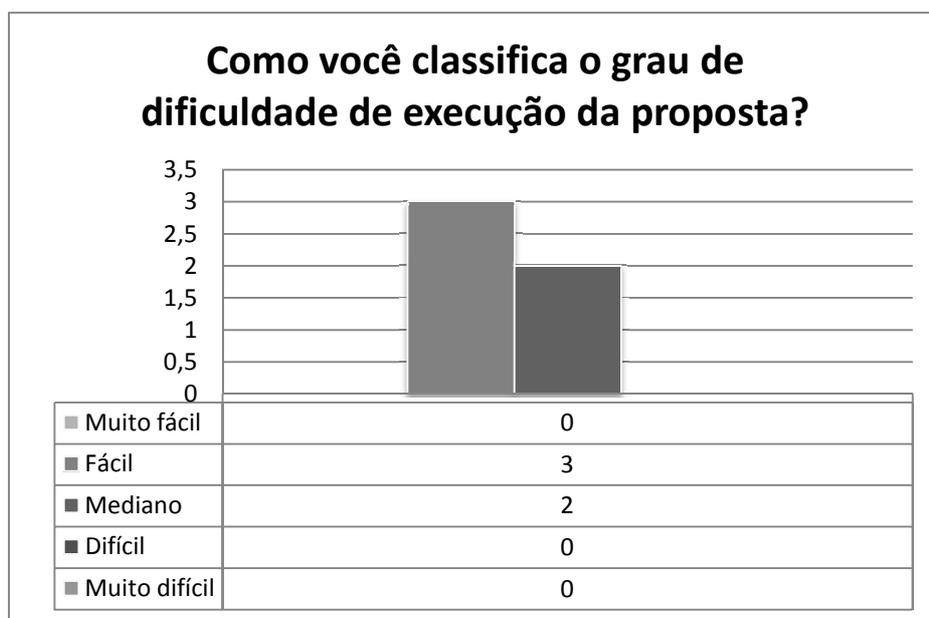


Figura 5.21 - Resposta sobre o grau de dificuldade

Diante das informações apresentadas, é possível afirmar que os participantes do estudo consideraram a proposta útil e fácil de utilizar.

Embora subjetivos, os indicadores escolhidos podem ser considerados bastante relevantes, visto que os participantes do estudo experimental são profissionais com nível elevado de experiência em melhorias em processos de software.

Vale destacar que, em dois dos estudos de caso apresentados, a proposta fez com que os membros do Grupo de Processos mudassem suas opiniões iniciais sobre qual processo seria o mais apropriado para a organização. Acredita-se, comparando os aspectos considerados na escolha do processo mais adequado com os critérios de comparação definidos posteriormente, que a tomada de decisão baseada em um método multicritério estimulou os participantes a identificarem com mais cuidado o que realmente precisa ser analisado ao escolher o melhor processo para a organização. A

Tabela 5.12 mostra um comparativo entre os aspectos observados antes do estudo e os critérios definidos durante a execução da proposta.

Tabela 5.12 - Comparativo dos critérios considerados sem e com a utilização da proposta

Organização	Critérios	
	SEM	COM
A	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria da qualidade do produto • Redução de não conformidades • Redução de tempo de execução da atividade. • Aderência às práticas do nível 3 do CMMI e nível C do MPS, que foram selecionados como modelos de referência para identificação das melhorias nos processos. • Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto. • Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto. • Diminuição de retrabalho. • Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aderência às práticas do nível 3 do CMMI e nível C do MPS que foram selecionados como modelos de referência para identificação das melhorias nos processos • Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto • Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto • Retrabalho • Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto • Facilidade de identificar critérios a serem seguidos para a elicitação de requisitos • Redução de necessidades de negócios que não foram consideradas • Redução de casos de testes que não foram previstos nos testes de produto • Quantidades de ciclos de testes de aceite • Risco de falta de controle na gerência de mudança
B	<ul style="list-style-type: none"> • Possível redução de defeitos • Aumento da cobertura dos testes • Maior precisão dos testes pelo desenvolvedor • Melhor relação custo x benefício no desenvolvimento das melhorias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção de Defeitos • Cobertura dos testes • Custo de manutenção do processo • Custo de treinamento do processo • Custo de aquisição de ferramenta(s) • Retrabalho • Produtividade • Satisfação do Cliente • Cronograma
C	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de ferramenta é sempre mais adequada para automatização de processo. • A importância do processo no contexto da melhoria interna e o impacto dele no processo de desenvolvimento como um todo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desempenho na execução do processo • Usabilidade • Gerenciamento das Informações • Custo da Ferramenta • Impacto na Medição • Satisfação da Equipe • Custo de Configuração

Adicionalmente, também foi percebido que existe uma forte tendência das pessoas considerarem apenas os aspectos (critérios) nos quais o processo escolhido como o mais adequado apresenta melhor desempenho. Isso pode ser um grande

limitador quando a tomada de decisão não é estruturada, podendo levar a escolhas equivocadas.

Os estudos de caso executados apresentam uma grande limitação relacionada à quantidade de participantes, que, por ser muito pequena, não permite testes estatísticos dos dados, o que impede a generalização dos resultados obtidos. O que pode ser afirmado, por enquanto, é que há indícios de que a proposta auxilia a avaliação prévia alternativas de processo antes que as ações planejadas sejam de fato implementadas.

5.5. Melhorias Implementadas

Com base no que foi observado durante a execução dos estudos de caso e nos resultados obtidos a partir do formulário pós-execução da proposta, algumas oportunidades de melhorias foram identificadas.

A primeira oportunidade de melhoria está relacionada à definição dos critérios de comparação das alternativas de processo. Como mencionado na seção anterior, foi observada uma tendência em se definir apenas critérios nos quais o processo escolhido sem a utilização da proposta apresentava melhor desempenho. Na tentativa de mitigar este problema, foi adicionado um comentário instruindo sobre a escolha dos critérios, como mostra a Figura 5.22.

Instruções:

1. Na coluna "**Alternativas**" informe as alternativas de processo que serão avaliadas, incluindo o processo atual.
2. Na coluna "**Crítérios**" informe os critérios que servirão para comparar as alternativas.
3. Na coluna "**Tipo da Escala**" selecione a opção "Quanto maior, melhor" se, para o critério, quanto maior o desempenho, melhor. E selecione a opção "Quanto menor, melhor", se, para o critério, quanto menor o desempenho, melhor.
4. Na coluna "**Desempenhos do Processo Atual**" informe os desempenhos do processo atual, em cada um dos critérios definidos.
5. Na coluna "**Objetivos**", informe os objetivos almejados para o processo em cada critério. Por exemplo, objetivos de negócio (para processos padrão) ou objetivos de um projeto (para processos definidos).

Alternativas	Crítérios
Processo Atual	

Informe os critérios que servirão para comparar as alternativas.
IMPORTANTE: Lembre-se de considerar critérios conflitantes. Por exemplo, reduzir a "quantidade de defeitos" pode implicar em aumento de "custo".

Figura 5.22 - Comentário informativo sobre a escolha dos critérios conflitantes

A segunda oportunidade de melhoria refere-se à definição da orientação dos pesos dos critérios. Foi observado que, embora houvesse um texto explicativo, não ficava claro para o usuário quando a orientação deveria ser considerada positiva ou negativa. De forma a minimizar este problema, o nome da coluna "Orientação" foi substituído por "Tipo de Escala" e os valores possíveis passaram a ser "Quanto maior,

melhor” e “Quanto menor, melhor”. Além disso, foi adicionado, em forma de comentário, instruções de como caracterizar a escala do critério (Figura 5.23).

Critérios	Tipo da Escala	
		Selecione a opção "Quanto maior, melhor" se, para o critério, quanto maior o desempenho, melhor. Por exemplo, o critério "Produtividade" terá um desempenho melhor se seu valor aumentar.
		Selecione a opção "Quanto menor, melhor", se, para o critério, quanto menor o desempenho, melhor. Por exemplo, o critério "Custo" terá um desempenho melhor se seu valor for reduzido.

Figura 5.23 - Comentário informativo sobre a orientação dos pesos dos critérios

Por fim, a terceira oportunidade de melhoria considerou a inclusão de instruções para auxiliar a condução da Análise de Sensibilidade dos pesos dos critérios (Figura 5.24).

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Cada gráfico representa a sensibilidade do modelo de decisão com relação a um critério. Identifique o valor do peso que altera o resultado da decisão. Em seguida, compare este valor com o valor que você atribuiu ao peso do critério em análise.

EXEMPLO:

Suponha que o gráfico do Critério 1 aponta que o resultado da decisão é alterado quando seu peso é 0,2. Caso você tenha atribuído a este critério um peso próximo a 0,2, é importante que você analise o valor deste peso com mais cuidado e o altere, se pertinente.

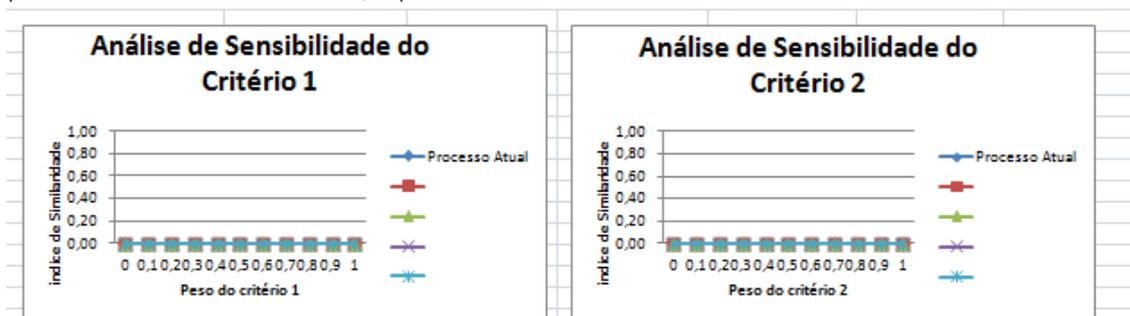


Figura 5.24 - Instruções sobre a condução da Análise de Sensibilidade

5.6. Considerações Finais

Este capítulo apresentou a avaliação da proposta apresentada nessa dissertação por meio de três estudos de caso. O propósito de cada estudo de caso foi avaliar a utilidade e a facilidade de uso percebidas pelos participantes.

Foram conduzidos três estudos de caso, em três organizações de desenvolvimento de software. Em cada caso, a proposta foi avaliada em um cenário real distinto.

Os resultados obtidos revelaram indícios de que a proposta apresentada nesta dissertação pode ser adequada para avaliar alternativas de processo contendo melhorias planejadas antes de implementá-las de fato. O estudo também possibilitou a identificação algumas oportunidades de melhorias na proposta.

O próximo capítulo apresenta as considerações finais, bem como as contribuições e perspectivas futuras desta dissertação.

CAPÍTULO 6 -CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, bem como suas contribuições, limitações e perspectivas futuras.

6.1. Considerações Finais

Continuamente, as organizações de desenvolvimento de software precisam melhorar seus processos padrão. Uma vez implementadas as melhorias planejadas, os novos projetos devem definir seus processos com base no novo processo padrão. Além disso, é interessante que os projetos que já se encontram em execução sejam avaliados quanto aos benefícios que podem ser obtidos caso as melhorias implementadas no processo padrão sejam estendidas aos seus processos definidos.

Por meio de um estudo de mapeamento sistemático visando à aquisição de conhecimento relacionado às propostas existentes para apoiar alterações dinâmicas em processos, foi observado que existem poucas propostas que levam em consideração a importância de se avaliar o impacto da melhoria antes de efetivá-la. Além disso, os trabalhos identificados que se propõem a realizar algum tipo de avaliação exigem dados históricos de execuções do processo, o que pode ser um impedimento para a maioria das pequenas e médias empresas.

Com o intuito de preencher esta lacuna, foi descrita uma proposta para apoiar avaliação prévia de melhorias em processos definidos para um projeto em execução, baseada no método multicritério de apoio à tomada de decisão TOPSIS.

Para avaliar a proposta, foram conduzidos três estudos de caso, que permitiram observar a execução da proposta em três cenários distintos. Em dois estudos, a proposta levou os participantes, membros do Grupo de Processos das organizações, a mudarem de opinião quanto ao processo que acreditavam que seria o mais apropriado para a organização. Além disso, os formulários pós-execução revelaram indícios de que a proposta apresentada nessa dissertação pode ser útil e fácil de utilizar.

Os estudos de caso também possibilitaram a identificação de melhorias na proposta. Algumas delas já foram implantadas.

6.2. Contribuições

A proposta apresentada nesta dissertação é composta por três elementos:

- Um processo de tomada de decisão em melhorias de processos apoiado pelo método TOPSIS, com as descrições de suas atividades e tarefas, critérios de entrada e saída, ferramentas utilizadas, além dos artefatos requeridos e produzidos;
- Um processo de melhorias em processos, iniciando na análise das necessidades de melhorias no processo padrão, passando pelas avaliações de impacto e finalizando na avaliação das melhorias implementadas;
- Um mecanismo de apoio à execução do método TOPSIS com grupo decisão, incluindo apoio à condução de Análise de Sensibilidade dos pesos dos critérios e consolidação de preferências individuais com base nas regras de Borda.

Além destas, o estudo de mapeamento sistemático que caracterizou o estado da arte de alterações em processos definidos para projetos em execução também pode ser considerado uma contribuição derivada deste trabalho.

6.3. Limitações

Devido ao tempo limitado para esta pesquisa, dentro do escopo do mestrado, não foi possível conduzir estudos experimentais suficientes que possibilitassem a generalização dos resultados obtidos. No entanto, é importante ressaltar que o estudo executado foi essencial para a identificação de melhorias na proposta.

6.4. Perspectivas Futuras

A partir dos resultados dos estudos de caso, algumas melhorias foram identificadas. Alguns dos problemas observados no mecanismo de apoio foram minimizados, como apresentado na seção 5.5, mas não totalmente solucionados.

Desta forma, como trabalho futuro, pretende-se:

- Estudar uma forma de conduzir o grupo de decisão a identificar os melhores critérios para tratar a situação de decisão em questão;

- Estender a Análise de Sensibilidade para avaliar em tempo hábil o quão sensível é o modelo gerado a pequenas variações nos desempenhos atribuídos aos critérios;
- Desenvolver uma ferramenta de apoio ao processo de melhoria em processos com um todo, incluindo a execução do processo de tomada de decisão com TOPSIS;

Além destas melhorias, pretende-se conduzir novos estudos de caso em diferentes contextos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-SHEMMERI, T., AL-KLOUB, B., PEARMAN, A., 1997, "Model choice in multicriteria decision aid", *European Journal of Operational Research*, v. 97, n. 3, pp. 550-560.
- ALOMOUSH, M.I., 2009, "Multicriteria optimal location of TCPAR in a competitive energy market using ELECTRE III". In: *Proceedings of the 44th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)* pp. 1-5, Glasgow, Scotland, 1-4 Sept. 2009.
- AVRILIONIS, D., BELKHATIR, N., CUNIN, P.Y., 1996, "A unified framework for software process enactment and improvement". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on the Software Process* pp. 102-111, Brighton, 2-6 Dec 1996.
- BALALI, V., ZAHRAIE, B., HOSSEINI, A., *et al.*, 2010, "Selecting appropriate structural system: Application of PROMETHEE decision making method". In: *Second International Conference on Engineering Systems Management and Its Applications (ICESMA), 2010* pp. 1-6, Sharjah, United Arab Emirates, March 30 2010-April 1 2010.
- BANA E COSTA, C.A., 1993, "Três convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão", *Revista Pesquisa Operacional*, v. 13, n. 1.
- BANA E COSTA, C.A., ENSSLIN, L., CORNÊA, E.C., *et al.*, 1999, "Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process", *European Journal of Operational Research*, v. 113, n. 2, pp. 315-335.
- BASILI, V.R., ROMBACH, H.D., 1988, "The TAME project: towards improvement-oriented software environments", *Software Engineering, IEEE Transactions on*, v. 14, n. 6, pp. 758-773.
- BELKHATIR, N., MELO, W.L., 1994, "Evolving software processes by tailoring the behavior of software objects". In: *Proceedings of the International Conference on Software Maintenance* pp. 212-221, Victoria, BC, Canada, 19-23 Sep 1994.
- BEYDEDA, S., GRUHN, V., 2004, "Dynamic evolution of software processes to evolve software systems during their development", *Software Process Improvement and Practice*, v. 9, n. 4, pp. 229-238.
- BHANDARI, I., HALLIDAY, M., TARVER, E., *et al.*, 1993a, "A case study of software process improvement during development", *Software Engineering, IEEE Transactions on*, v. 19, n. 12, pp. 1157-1170.
- BHANDARI, I., HALLIDAY, M., TARVER, E., *et al.*, 1993b, "Case study of software process improvement during development", *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 19, n. 12, pp. 1157-1170.
- BIOLCHINI, J., MIAN, P.G., NATALI, A.C.C., *et al.*, 2005, *Sistematic Review in Software Engineering*, RT - ES 670/05, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

- BOLCER, G.A., TAYLOR, R.N., 1996, "Endeavors: a process system integration infrastructure". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on the Software Process*, Brighton, pp. 76-89, 2-6 Dec 1996.
- BRANS, J.P., 2002, "Ethics and decision", *European Journal of Operational Research*, v. 136, n. 2, pp. 340-352.
- BRANS, J.P., MARESCHAL, B., 2005, "PROMETHEE Methods", *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, Springer.
- CHOU, S.C., CHEN, J.Y.J., 1999, "Process evolution support in concurrent software process language environment", *Information and Software Technology*, v. 41, n. 8, pp. 507-524.
- CHOU, S.C., CHEN, J.Y.J., 2000, "Process program change control in a process environment", *Software: Practice and Experience*, v. 30, n. 3, pp. 175-197.
- CHOU, S.C., JASON CHEN, J.Y., 2000, "Process program change control in a process environment", *Software - Practice and Experience*, v. 30, n. 3, pp. 175-197.
- COYLE, G., 2004a, "Practical Strategy. Open Access Material. AHP", *Pearson Education Limited*.
- COYLE, G., 2004b, *Practical Strategy: Structured tools and techniques*, Financial Times Press.
- DAĞDEVIREN, M., 2008, "Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE", *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 19, n. 4, pp. 397-406.
- DAVIS, F.D., 1989, *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems : theory and results*, Ph. D., Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- EDWARDS, W., BARRON, F.H., 1994, "SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 60, n. 3, pp. 306-325.
- FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M., 2005a, *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, Springer.
- FIGUEIRA, J., MOUSSEAU, V., ROY, B., 2005b, "ELECTRE Methods", *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, Springer.
- FORNECK, M., 2008, *Análise Multicriterial das Preferências de Gestores e das Decisões nas Operações Logísticas de uma Empresa do setor Químico*, Dissertação de M.Sc., UNISINOS, São Leopoldo.
- FUGGETTA, A., 2000, "Software process: a roadmap", *ACM*, Limerick, Ireland.
- GUGLIELMETTI, F.R., MARINS, F.A.S., SALOMON, V.A.P., 2003, "Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios", Ouro Preto-MG, 21 a 24 de outubro.
- QUITOUNI, A., MARTEL, J.-M., 1998, "Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method", *European Journal of Operational Research*, v. 109, n. 2, pp. 501-521.

- HAIR, J.F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L., *et al.*, 2007, *Análise Multivariada de Dados*, 5 ed., Bookman.
- HEER, T., HELLER, M., WESTFECHTEL, B., *et al.*, 2010, "Tool support for dynamic development processes", v. 5765 LNCS, pp. 621-654.
- HELMANN, K.S., 2008, *Uma Sistemática para Determinação da Criticidade de Equipamentos em Processos Industriais Baseada na Abordagem Multicritérios*, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPEP, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.
- HOU, J., SU, C., WANG, W., 2008, "AHP Methodology for Partner Selection in Collaborative Design". In: . *International Symposium on Computer Science and Computational Technology. ISC SCT '08*, v. 2, pp. 674-677, Shanghai, China, 20-22 Dec. 2008.
- İÇ, Y.T., 2011, "An experimental design approach using TOPSIS method for the selection of computer-integrated manufacturing technologies", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 28, n. 2, pp. 245-256.
- ISO/IEC, 2004, "ISO/IEC 15504-1: Information Technology – Process Assessment - Part 1: Concepts and Vocabulary."
- KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2008a, "A Deviation Management System for Handling Software Process Enactment Evolution", *Making Globally Distributed Software Development a Success Story*, Springer Berlin / Heidelberg.
- KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2008b, "A deviation management system for handling software process enactment evolution", v. 5007 LNCS, pp. 186-197.
- KEENEY, R.L., RAÏFFA, H., 1976, *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs* New York, John Wiley & Sons.
- KELLNER, M.I., MADACHY, R.J., RAFFO, D.M., 1999, "Software process simulation modeling: Why? What? How?" *Journal of Systems and Software*, v. 46, n. 2-3, pp. 91-105.
- KITCHENHAM, B.A., CHARTERS, S., 2007, *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*, EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- L'EGLISE, T., DE LIT, P., FOUUDA, P., 2001, "A multicriteria decision-aid system for joining process selection". In: *Proceedings of the IEEE International Symposium on Assembly and Task Plannin*, pp. 324-329, Fukuoka , Japan, 28 and 29 Mai 2001.
- LIU, J.J.H., HSU, C., YEH, W., *et al.*, 2011, "Using a modified grey relation method for improving airline service quality", *Tourism Management*, v. 32, n. 6, pp. 1381-1388.
- LIU, Y., TIE, W., GAO, L., R., *et al.*, 2005, "The composite evaluation of management performance of Chinese listed companies on stock market based on fuzzy combination". In: *Proceedings of International Conference on Machine*

- Learning and Cybernetics*, v. 6, pp. 3506-3511, Guangzhou, China, 18-21 Aug. 2005.
- MAFRA, S.N., TRAVASSOS, G.H., 2006, *Estudos Primários e Secundários Apoiando a Busca por Evidência em Engenharia de Software*, In: Relatório Técnico ES-687/06, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- MALAKOOTI, B., 1988, "A decision support system and a heuristic interactive approach for solving discrete multiple criteria problems", *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, v. 18, n. 2, pp. 273-284.
- MAURER, F., DELLEN, B., BENDECK, F., *et al.*, 2000, "Merging project planning and Web enabled dynamic workflow technologies", *Internet Computing, IEEE*, v. 4, n. 3, pp. 65-74.
- MINGLI, Y., WEI, C., LIYING, W., 2010, "TOPSIS Application for Determining Energy Solution to Ground Source Heat Pump Compound System". In: *International Conference on Management and Service Science (MASS), 2010*, pp. 1-4, Wuhan, China, 24-26 Aug. 2010.
- MOJAHED, M., DODANGEH, J., 2009, "Using engineering Economy techniques with group topsis method for best project selection". In: *2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009.*, pp. 232-234, Beijing, China, 8-11 Aug. 2009.
- MUSTAJOKI, J., HÄMÄLÄINEN, R.P., SALO, A., 2005, "Decision Support by Interval SMART/SWING – Incorporating Imprecision in the SMART and SWING Methods", *Decision Sciences*, v. 36, n. 2, pp. 317-339.
- MYSZKA, E., 2005, *Utilização de Metodologia Multicritério na Avaliação de Escolas*, M.Sc., Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- OLIVEIRA, O.J., 2003, "Gestão da Qualidade: Introdução à História e Fundamentos". In: PIONEIRA, T. (eds), *Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados*.
- PAI, M., MCCULLOCH, M., GORMAN, J.D., *et al.*, 2004, "Systematic reviews and meta-analyses: An illustrated, step-by-step guide", *The National Medical Journal of India*, v. 17, n. 2, pp. 86-95.
- PARK, S., CHOI, K., YOON, K.A., *et al.*, 2007, "Deriving Software Process Simulation Model from SPEM-based Software Process Model", pp. 382-389, Aichi.
- PATTANAVICHAI, S., JONGSAWAT, N., PREMCHAIWADI, W., 2010, "A pricing model and sensitivity analysis for MVNO investment decision making in 3G UMTS networks". In: *IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications (ISIEA)*, pp. 22-27, Penang, Malaysia, 3-5 Oct. 2010.
- PEIWEI, M., SCACCHI, W., 1991, "Articulation: Supporting Dynamic Evolution Of Software Engineering Processes". In: *Proceedings of the 7th International Software Process Workshop, 1991. Communication and Coordination in the Software Process*, pp. 94-98, 15-18 Oct 1991.

- POCHAMPALLY, K.K., GUPTA, S.M., 2004, "A business-mapping approach to multi-criteria group selection of collection centers and recovery facilities". In: *Electronics and the Environment, 2004. Conference Record. 2004 IEEE International Symposium on*, pp. 249-254, 10-13 May 2004.
- PODNAR, I., MIKAC, B., 2001, "Software maintenance process analysis using discrete-event simulation". In: *Fifth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, 2001*, pp. 192-195, Lisbon, Portugal, 14-16 March.
- RAFFO, D., SPEHAR, G., NAYAK, U., 2003, "Generalized Simulation Models: What, Why and How?", In: *ProSim 2003*, Oregon.
- RAFFO, D.M., 2005, "Software project management using PROMPT: A hybrid metrics, modeling and utility framework", *Information and Software Technology*, v. 47, n. 15, pp. 1009-1017.
- REIS, C.A.L., REIS, R.Q., ABREU, M., *et al.*, 2002, "Flexible software process enactment support in the APSEE model". In: *Proceedings of the IEEE 2002 Symposia on Human Centric Computing Languages and Environments*, pp. 112-121, Arlington, Virginia, USA , September 3-6.
- ROY, B., VANDERPOOTEN, D., 1997, "An overview on "The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works"", *European Journal of Operational Research*, v. 99, n. 1, pp. 26-27.
- RUIZ, M., RAMOS, I., TORO, M., 2001, "A simplified model of software project dynamics", *Journal of Systems and Software*, v. 59, n. 3, pp. 299-309.
- SAATY, T.L., VARGAS, L.G., 2001, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* Massachusetts, Kluwer Academic.
- SALOMON, V.A.P., 2004, *Desempenho da Modelagem do Auxílio à Tomada de Decisão por Múltiplos Critérios na Análise do Planejamento e Controle da Produção*, D.Sc., Departamento de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SASAKI, M., YAMAGUCHI, A., YAMAZAKI, K., *et al.*, 2012, "Evaluation of communication system selection applying AHP algorithm in heterogeneous wireless networks". In: *Computing, Communications and Applications Conference (ComComAp), 2012*, pp. 334-338, Hong Kong, China, 11-13 Jan. 2012.
- SCHOTS, N.C.L., 2010, *Uma Abordagem para a Identificação de Causas de Problemas Utilizando Grounded Theory*, Dissertação de M.Sc., COOPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SEI, 2010, "CMMI for Development", v. Version 1.3.
- SEUNGHUN, P., DOO-HWAN, B., 2011, "An approach to analyzing the software process change impact using process slicing and simulation", *Journal of Systems and Software*, v. 84, n. 4, pp. 528-543.
- SHANG, H., SU, F., 2009a, "Application of AHP model to evaluate the urban sustainable development". In: *Asia-Pacific Conference on Computational*

- Intelligence and Industrial Applications, 2009. PACIA 2009.*, v. 2, pp. 353-356, Wuhan , China, 28-29 Nov. 2009.
- SHANG, H., SU, F., 2009b, "Evaluation for Urban Sustainable Development Based on AHP". In: *Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops, 2009. IITAW '09*, pp. 38-41, Nanchang, China, 21-22 Nov. 2009.
- SHIH, H., LIN, W., LEE, E.S., 2001, "Group decision making for TOPSIS". In: *Joint 9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference*, v. 5, pp. 2712-2717, Vancouver, Canada, 25-28 July 2001.
- SILVA, E.L., MENEZES, E.M., 2005, *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*, 4a ed. Florianópolis, UFSC.
- SILVA, S.F., 2006, *Modelo Multicritério para Ordenação dos Pontos Monitorados de um Sistema Elétrico com Base nos Métodos SMART/SMARTER*, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SIQUEIRA, G.B.A., ALMEIDA FILHO, A.T., 2011, "Aplicação do Método ELECTRE I para Seleção de Ideias de Inovação". In: *XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Ubatuba-SP, 15 a 18 de agosto.
- SOFTEX, 2011a, "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia Geral".
- SOFTEX, 2011b, "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia de Implementação - Parte 3: Fundamentação para Implementação do Nível E do MR-MPS".
- SOMMERVILLE, I., 2007, *Engenharia de Software 8a edição*, Addison Wesley.
- STRAUSS, A., CORBIN, J.M., 1998, *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*, 2nd ed., Sage Publications.
- TRANTAPHYLLOU, E., BAIG, K., 2005, "The impact of aggregating benefit and cost criteria in four MCDA methods", *Engineering Management, IEEE Transactions on*, v. 52, n. 2, pp. 213-226.
- TRANTAPHYLLOU, E., SÁNCHEZ, A., 1997, "A Sensitivity Analysis Approach for Some Deterministic Multi-Criteria Decision-Making Methods*", *Decision Sciences*, v. 28, n. 1, pp. 151-194.
- VOOGD, H., 1983, *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning* London, Pion.
- WANG, C., SHI, J., NIU, X., *et al.*, 2011a, "Sensitivity analysis on the weights in power system restoration decision-making". In: *4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT)*, pp. 653-656, Weihai, China, 6-9 July 2011.
- WANG, Z., WANG, L., LI, K.W., 2011b, "A linear programming method for interval-valued intuitionistic fuzzy multiattribute group decision making". In: *Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, pp. 3833-3838, Taiyuan, China, 23-25 May 2011.

- WAZLAWICK, R.S., 2009, *Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação*, 1a ed. Rio de Janeiro, Elsevier.
- WÖHLIN, C., RUNESON, P., HÖST, M., *et al.*, 2000, "Experimentation in Software Engineering: An Introduction", *Kluwer Academic Publishers*, Norwell, MA, USA.
- WU, Y., HUANG, Y., CHEN, W., 2011a, "Construction project bid evaluation optimization model based on the method of ELECTRE- I". In: *2011 IEEE 18Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)*, v. Part 3, pp. 1660-1663, Changchun, China, 3-5 Sept. 2011.
- WU, Y., HUANG, Y., HUANG, X., 2011b, "Research on bid evaluation optimal model of engineering project based on ELECTRE-II". In: *2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*, pp. 1365-1368, Zhengzhou, China, 8-10 Aug. 2011.
- YOON, K.P., HWANG, C.-L., 1995, *Multiple Attribute Decision Making: an Introduction* Thousand Oaks, California, SAGE Publications, Inc.
- ZELENÝ, M., 2005, *Human systems management: integrating knowledge, management and systems* Danvers, MA, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- ZHANG, T., YUAN, J., 2005, "Decision-aid for power distribution system planning problems using ELECTRE III". In: *The 7th International Power Engineering Conference, 2005. IPEC 2005.*, pp. 1-317, Niigata, Japan, Nov. 29 2005-Dec. 2 2005.

APÊNDICE A - ESTUDO DE MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

A.1. Introdução

De acordo com KITCHENHAM e CHARTERS (2007), Estudos de Mapeamento Sistemático são planejados para prover uma ampla visão com relação a uma área de pesquisa, possibilitando a descoberta de evidências, ou falta delas, para direcionar o foco de futuras revisões sistemáticas e para identificar áreas para estudos primários a serem realizados.

Com o intuito de adquirir conhecimento e identificar possíveis lacunas nas abordagens existentes que apoiam alterações em processos de software durante a execução de um projeto, um estudo de mapeamento sistemático foi conduzido.

Este Apêndice apresenta o planejamento, execução e resultados deste estudo.

A.2. Definição do Protocolo

A.2.1. Contexto

A melhoria contínua de processos é orientada pelo ciclo PDCA, que foi proposto por Walter Shewart e amplamente difundido por William Edwards Deming (OLIVEIRA, 2003). O ciclo é composto por quatro fases: *Plan* (planejar), *Do* (executar), *Check* (verificar) e *Act* (agir). A fase *Plan* foca na identificação do problema, análise do processo atual e definição do plano de ação para melhoria do processo. Na fase *Do*, o plano de ação definido é executado e controlado. Em *Check*, verificações são realizadas de modo a identificar possíveis ajustes e extrair lições aprendidas. Finalmente, na fase *Act*, deve-se atuar corretivamente para fundamentar um novo ciclo, garantindo, assim, a melhoria contínua.

Para que a melhoria contínua seja viável, é fundamental que os processos executados na organização devem ser definidos com base em processos padrão e em suas diretrizes de adaptação (SEI, 2010; SOFTEX, 2011a). Esta padronização irá permitir que, a partir da execução dos projetos, a organização adquira conhecimento

sobre seus processos e que as melhorias implementadas sejam percebidas por toda a organização (SOFTEX, 2011a).

Inspirados no ciclo PDCA, modelos que tratam da melhoria de processos de software, tais como CMMI (SEI, 2010) e MPS.BR (SOFTEX, 2011b), sugerem a evolução gradativa e contínua dos processos padrão de software. Algumas fontes importantes de identificação de oportunidades de melhoria incluem (SOFTEX, 2011a):

- Medidas de desempenho que avaliam a capacidade dos processos;
- Avaliações oficiais do MPS (MA-MPS) ou do CMMI (SCAMPI A, B ou C);
- Informações obtidas da equipe de implementadores dos processos padrão;
- Resultados de avaliações de produtos de trabalho gerados pelos processos;
- Resultados de *benchmarking* relacionados a processos de outras organizações;
- Lições aprendidas coletas ao longo das implementações dos processos;
- Avaliações *post mortem*.

A melhoria em processos pode acontecer em dois níveis: (i) em nível organizacional, quando a melhoria é implementada nos processos padrão da organização; e (ii) em nível de projeto, quando a melhoria é implementada no processo definido para os projetos em execução.

A.2.2. Objetivo

O objetivo deste estudo foi delineado a partir do paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988) e consistiu em:

Analisar relatos de experiências e publicações científicas sobre execução de processos de software

Com o propósito de caracterizar o estado da arte

Com relação a abordagens de alterações em processo de desenvolvimento de software durante a execução do projeto

Do ponto de vista de pesquisadores

No contexto acadêmico e industrial

A.2.3. Questões de Pesquisa

Além do objetivo principal de identificar abordagens de alteração de processo definido para um projeto já em execução, este estudo de mapeamento sistemático teve alguns objetivos específicos. Desta forma, para atender a todos os objetivos, além da questão principal (QP), também foram estabelecidas algumas questões secundárias (QS).

Questão Principal:

- **QP.** Quais trabalhos têm sido propostos e/ou utilizados para tratar alterações no processo de desenvolvimento durante a execução do projeto?

Questões Secundárias:

- **QS1.** A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
- **QS2.** A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
- **QS3.** A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
- **QS4.** A proposta possui apoio ferramental?
- **QS5.** A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
- **QS6.** Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?

Será adotada neste estudo, a proposta sugerida por PAI *et al.* (2004), que estrutura a questão de pesquisa em quatro elementos básicos: população, intervenção, comparação (para projetos experimentais) e resultado.

Palavras-chave e sinônimos:

- **População:** Software process - development process, software development workflow
- **Intervenção:**
Change - changes, evolution, evolutions, improvement, improvements, modification, modifications, adaptation, adaptations, refinement, refinements
Ongoing - running, in execution, runtime, run-time, in process, in-process, on the fly, on-the-fly, enactment, dynamic, dynamics

População:

Relatos de experiências e publicações científicas sobre execução de processos de software.

Intervenção:

- **Questão principal:** Descrição de alterações no processo de desenvolvimento de software durante a execução do projeto.
- **Questões secundárias:**
 1. Mecanismo de apoio à análise de tipos de alteração possíveis no processo em execução em um projeto.
 2. Mecanismo para avaliação do impacto da alteração do processo nos objetivos do projeto.
 3. Técnicas estatísticas utilizadas na alteração do processo em execução em um projeto.
 4. Ferramenta para apoiar a alteração de processo em execução em um projeto.
 5. Aplicação da proposta em um caso real.
 6. Modelo de maturidade adotado pela empresa.

Comparação:

Não há.

Resultado:

Descrição de abordagens de alteração no processo de desenvolvimento durante a execução do projeto.

Medidas de saída:

1. Quantidade de abordagens identificadas;
2. Quantidade de abordagens que apoiam a análise de possíveis tipos de alteração no processo;
3. Quantidade de abordagens que avaliam o impacto da alteração do processo nos objetivos do projeto;
4. Quantidade de abordagens que utilizam alguma técnica estatística;
5. Quantidade de abordagens que apresentam apoio ferramental para alteração de processo em execução em um projeto;

6. Quantidade de proposta que foram aplicadas em um caso real.

Aplicação:

Conhecer o estado da arte com relação a alterações no processo de desenvolvimento de software durante a execução do projeto.

Artigos de controle:

Maurer, F., Dellen, B., Bendeck, F., Goldmann, S., Holz, H., Kotting, B. e Schaaf, M. (2000). "Merging project planning and Web enabled dynamic workflow technologies." *Internet Computing, IEEE* 4(3): 65-74.

Beydeda, S. e Gruhn, V. (2004). "Dynamic evolution of software processes to evolve software systems during their development." *Software Process Improvement and Practice* 9(4): 229-238.

Raffo, D. M. (2005). "Software project management using PROMPT: A hybrid metrics, modeling and utility framework." *Information and Software Technology* 47(15): 1009-1017.

A.2.4. Seleção de Fontes

Definição de critérios de seleção de fontes:

- Apresentar mecanismo de busca por palavras-chave disponível na Web;
- Estar disponível no Portal de Periódicos da CAPES;
- Apresentar publicações da área de exatas ou correlatas que possuam relação direta com o tema a ser pesquisado.

Idiomas dos estudos:

- Inglês, por ser o idioma adotado pela grande maioria das conferências e periódicos relacionados ao tema de pesquisa e por ser o idioma utilizado pela maioria das bibliotecas disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES.

Identificação de fontes:

Método de busca de fontes:

- Busca automática: bibliotecas digitais disponíveis no portal CAPES;

Lista de fontes consideradas:

- Scopus

- Compendex
- IEEE Xplore
- Web of Science

Seleção de fontes após avaliação:

Para tornar a string de busca mais específica, houve a necessidade de adicionar termos sinônimos de “alteração em voo”. Para atender ao máximo de variações possíveis dos termos identificados, optou-se por adotar o operador de proximidade NEAR (W para a fonte *Scopus*) disponibilizado pelas máquinas de busca. O operador de proximidade da fonte *Web of Science* é o SAME, que busca duas palavras em um determinado campo (título, abstract etc.). Porém, este operador tornou a busca muito abrangente e ineficiente. Desta forma, esta fonte foi considerada inadequada para o estudo.

Após avaliação, as fontes selecionadas foram:

- Scopus
- Compendex
- IEEE Xplore

Checagem das referências:

As fontes selecionadas retornaram os artigos de controle indexados e trouxeram outras publicações relevantes.

A.2.5. String de busca

Devido a limitações de alguma fontes quanto ao tamanho da string de busca, foram definidas seis sequências de palavras-chave. Cada sequência foi executada nas fontes selecionadas, restringindo-se aos campos *Abstract*, *Title* e *Keywords*.

- Sequência a: ((change NEAR/2 ongoing) OR (change NEAR/2 running) OR (change NEAR/2 "in execution") OR (change NEAR/2 runtime) OR (change NEAR/2 run-time) OR (change NEAR/2 "in-process") OR (change NEAR/2 "on the fly") OR (change NEAR/2 “on-the-fly”) OR (change NEAR/2

- enactment) OR (change NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
- Sequência b: ((evolution NEAR/2 ongoing) OR (evolution NEAR/2 running) OR (evolution NEAR/2 "in execution") OR (evolution NEAR/2 runtime) OR (evolution NEAR/2 run-time) OR (evolution NEAR/2 "in-process") OR (evolution NEAR/2 "on the fly") OR (evolution NEAR/2 “on-the-fly”) OR (evolution NEAR/2 enactment) OR (evolution NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
 - Sequência c: ((improvement NEAR/2 ongoing) OR (improvement NEAR/2 running) OR (improvement NEAR/2 "in execution") OR (improvement NEAR/2 runtime) OR (improvement NEAR/2 run-time) OR (improvement NEAR/2 "in-process") OR (improvement NEAR/2 "on the fly") OR (improvement NEAR/2 “on-the-fly”) OR (improvement NEAR/2 enactment) OR (improvement NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
 - Sequência d: ((modification NEAR/2 ongoing) OR (modification NEAR/2 running) OR (modification NEAR/2 "in execution") OR (modification NEAR/2 runtime) OR (modification NEAR/2 run-time) OR (modification NEAR/2 "in-process") OR (modification NEAR/2 "on the fly") OR (modification NEAR/2 “on-the-fly”) OR (modification NEAR/2 enactment) OR (modification NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
 - Sequência e: ((adaptation NEAR/2 ongoing) OR (adaptation NEAR/2 running) OR (adaptation NEAR/2 "in execution") OR (adaptation NEAR/2 runtime) OR (adaptation NEAR/2 run-time) OR (adaptation NEAR/2 "in-process") OR (adaptation NEAR/2 "on the fly") OR (adaptation NEAR/2 “on-the-fly”) OR (adaptation NEAR/2 enactment) OR (adaptation NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))

- Sequência f: ((refinement NEAR/2 ongoing) OR (refinement NEAR/2 running) OR (refinement NEAR/2 "in execution") OR (refinement NEAR/2 runtime) OR (refinement NEAR/2 run-time) OR (refinement NEAR/2 "in-process") OR (refinement NEAR/2 "on the fly") OR (refinement NEAR/2 "on-the-fly") OR (refinement NEAR/2 enactment) OR (refinement NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))

A.2.6. Seleção de estudos

Definição de critérios de inclusão e exclusão de estudos:

Critérios de inclusão:

- **CI1.** A publicação deve descrever como funciona a proposta de alteração do processo.

Critérios de exclusão:

- **CE1.** A pesquisa não selecionará publicações que descrevam alterações no processo de desenvolvimento de software que não ocorrem durante a execução no projeto.
- **CE2.** A pesquisa não selecionará publicações que tratem de alterações em processos de negócios.

Procedimentos para seleção dos estudos:

A seleção dos estudos será realizada em três etapas:

1. *Seleção preliminar das publicações:* A seleção preliminar das publicações será realizada por meio da execução da string de busca em cada uma das fontes selecionadas.
2. *Seleção das publicações relevantes - 1º filtro:* Para uma seleção inicial das publicações relevantes, os *abstracts* de todos os estudos retornados pela busca devem ser lidos e avaliados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.
3. *Seleção das publicações relevantes - 2º filtro:* A seleção final das publicações relevantes dar-se-á por meio da leitura completa dos textos das publicações selecionadas no 1º filtro. Estas publicações também serão avaliadas de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

Avaliação da qualidade dos estudos:

Não será realizada avaliação da qualidade dos estudos. As fontes selecionadas foram consideradas confiáveis, visto que os trabalhos retornados passaram por revisões externas, o que garante qualidade suficiente para contribuir com este estudo de mapeamento sistemático.

Estratégia de extração de informação:

Para cada proposta de alteração de processo de software em execução em um projeto identificada no 2º filtro, as seguintes informações devem ser extraídas:

1. Referência completa;
2. Resumo da proposta;
3. Se apoia a identificação de tipos de alteração no processo. Se sim, como;
4. Se avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto. Se sim, como;
5. Se utiliza alguma técnica estatística. Se sim, quais;
6. Se apresenta algum apoio ferramental;
7. Se foi aplicada em um caso real. Se sim, uma breve descrição;
8. Modelo de maturidade mencionado como sendo utilizado pelas organização que utilizaram a abordagem descrita.

A.3. Teste do Protocolo

Antes de chegar à string de busca apresentada na seção A.2.5, alguns testes foram realizados para garantir que as questões definidas pudessem ser respondidas.

Uma revisão informal da literatura permitiu a definição dos artigos de controle para a string de busca. O retorno destes artigos de controle foi considerado o principal critério de adequação da string de busca.

A.3.1. Primeira Rodada

A primeira rodada testou a seguinte string de busca:

(software process) AND (software project) AND (ongoing OR running OR "in execution" OR run-time OR "in process" OR in-process OR "on the fly" OR on-the-fly) AND (change OR changing OR evolution OR improvement OR modification)

Esta busca retornou os seguintes resultados:

- Scopus: 248 publicações retornadas. Apenas um dos artigos de controle foi retornado, apesar de todos serem indexados pela fonte.
- Compendex: 124 publicações retornadas. Nenhum dos artigos de controle foi retornado, apesar de todos serem indexados pela fonte.
- Web of Knowledge: 546 publicações retornadas. Nenhum dos artigos de controle foi retornado, apesar de um deles ser indexado pela fonte.
- IEEE Xplore: 240 publicações retornadas. Apenas um dos artigos de controle foi retornado. O outro não era indexado pela fonte.

A.3.2. Segunda Rodada

Os testes realizados na primeira rodada demonstraram que a string de busca não era adequada, pois não retornava os artigos de controle mesmo quando indexados pelas fontes. Além disso, percebeu-se que a busca retornava muitos artigos que não tinham relevância para a pesquisa.

Após análise dos *abstracts* dos artigos de controle foi percebida a necessidade tanto de adicionar novos sinônimos à string de busca como de torná-la mais restrita para reduzir a quantidade de artigos sem relevância retornados.

Percebeu-se também que o *abstract* de um dos artigos de controle (*Software project management using PROMPT: A hybrid metrics, modeling and utility framework.*) não mencionava alteração de processo, o que tornava impossível seu retorno nas execuções das *strings* de buscas. A solução seria deixar a busca mais abrangente, mas isto a tornaria menos eficiente. Optou-se, então, por deixar a busca mais restrita, mesmo sem retornar todos os artigos de controle e colocando em risco a validade do estudo, visto que outras abordagens podem não ser identificadas pelas mesmas razões.

Foram definidas seis sequências de palavras-chaves, que deram origem a seis strings de busca. Para atender as diversas variações de termos, optou-se por utilizar o

operador de proximidade NEAR (ou equivalente) disponibilizado pelas máquinas de busca.

Devido à limitação de 10 termos por busca imposto pela fonte IEEE Xplore, apenas para esta fonte cada sequência precisou ser quebrada em seis sequências menores.

Abaixo encontram-se as sequências identificadas:

- Sequência a: ((change NEAR/2 ongoing) OR (change NEAR/2 running) OR (change NEAR/2 "in execution") OR (change NEAR/2 runtime) OR (change NEAR/2 run-time) OR (change NEAR/2 in-process) OR (change NEAR/2 "on the fly") OR (change NEAR/2 on-the-fly) OR (change NEAR/2 enactment) OR (change NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process")
- Sequência b: ((evolution NEAR/2 ongoing) OR (evolution NEAR/2 running) OR (evolution NEAR/2 "in execution") OR (evolution NEAR/2 runtime) OR (evolution NEAR/2 run-time) OR (evolution NEAR/2 in-process) OR (evolution NEAR/2 "on the fly") OR (evolution NEAR/2 on-the-fly) OR (evolution NEAR/2 enactment) OR (evolution NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process")
- Sequência c: ((improvement NEAR/2 ongoing) OR (improvement NEAR/2 running) OR (improvement NEAR/2 "in execution") OR (improvement NEAR/2 runtime) OR (improvement NEAR/2 run-time) OR (improvement NEAR/2 in-process) OR (improvement NEAR/2 "on the fly") OR (improvement NEAR/2 on-the-fly) OR (improvement NEAR/2 enactment) OR (improvement NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process")
- Sequência d: ((modification NEAR/2 ongoing) OR (modification NEAR/2 running) OR (modification NEAR/2 "in execution") OR (modification NEAR/2 runtime) OR (modification NEAR/2 run-time) OR (modification NEAR/2 in-process) OR (modification NEAR/2 "on the fly") OR (modification NEAR/2 on-the-fly) OR (modification NEAR/2 enactment) OR (modification NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process")

- Sequência e: ((adaptation NEAR/2 ongoing) OR (adaptation NEAR/2 running) OR (adaptation NEAR/2 "in execution") OR (adaptation NEAR/2 runtime) OR (adaptation NEAR/2 run-time) OR (adaptation NEAR/2 in-process) OR (adaptation NEAR/2 "on the fly") OR (adaptation NEAR/2 on-the-fly) OR (adaptation NEAR/2 enactment) OR (adaptation NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process")
- Sequência f: ((refinement NEAR/2 ongoing) OR (refinement NEAR/2 running) OR (refinement NEAR/2 "in execution") OR (refinement NEAR/2 runtime) OR (refinement NEAR/2 run-time) OR (refinement NEAR/2 in-process) OR (refinement NEAR/2 "on the fly") OR (refinement NEAR/2 on-the-fly) OR (refinement NEAR/2 enactment) OR (refinement NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process")

Esta busca retornou os seguintes resultados:

- Scopus: 146 publicações retornadas. Dois dos artigos de controle foram retornados. Além disso, em uma análise inicial, percebeu-se que a busca retornou outras publicações relevantes.
- Compendex: 74 publicações retornadas. Dois dos artigos de controle foram retornados. Além disso, em uma análise inicial, percebeu-se que a busca retornou outras publicações relevantes.
- IEEE Xplore: 30 publicações retornadas. A busca não retornou os artigos de controle indexados pela fonte.

A.3.3. Terceira Rodada

Como a fonte IEEE Xplore não retornou o artigo de controle, houve a necessidade de analisar novamente a string de busca. Constatou-se que o artigo não era retornado porque seu abstract não mencionava a palavra “*process*”, mas “*workflow*”. Desta forma, foi necessário acrescentar os termos “*software development*” e “*workflow*” a cada uma das sequências. Também foi observado que na IEEE Xplore, os termos *on-the-fly*, *in-process* e *run-time* precisavam estar entre aspas para a consulta conseguir retornar resultados.

As novas sequências passaram a ser:

- Sequência a: ((change NEAR/2 ongoing) OR (change NEAR/2 running) OR (change NEAR/2 "in execution") OR (change NEAR/2 runtime) OR (change NEAR/2 run-time) OR (change NEAR/2 "in-process") OR (change NEAR/2 "on the fly") OR (change NEAR/2 "on-the-fly") OR (change NEAR/2 enactment) OR (change NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
- Sequência b: ((evolution NEAR/2 ongoing) OR (evolution NEAR/2 running) OR (evolution NEAR/2 "in execution") OR (evolution NEAR/2 runtime) OR (evolution NEAR/2 run-time) OR (evolution NEAR/2 "in-process") OR (evolution NEAR/2 "on the fly") OR (evolution NEAR/2 "on-the-fly") OR (evolution NEAR/2 enactment) OR (evolution NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
- Sequência c: ((improvement NEAR/2 ongoing) OR (improvement NEAR/2 running) OR (improvement NEAR/2 "in execution") OR (improvement NEAR/2 runtime) OR (improvement NEAR/2 run-time) OR (improvement NEAR/2 "in-process") OR (improvement NEAR/2 "on the fly") OR (improvement NEAR/2 "on-the-fly") OR (improvement NEAR/2 enactment) OR (improvement NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
- Sequência d: ((modification NEAR/2 ongoing) OR (modification NEAR/2 running) OR (modification NEAR/2 "in execution") OR (modification NEAR/2 runtime) OR (modification NEAR/2 run-time) OR (modification NEAR/2 "in-process") OR (modification NEAR/2 "on the fly") OR (modification NEAR/2 "on-the-fly") OR (modification NEAR/2 enactment) OR (modification NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))
- Sequência e: ((adaptation NEAR/2 ongoing) OR (adaptation NEAR/2 running) OR (adaptation NEAR/2 "in execution") OR (adaptation NEAR/2 runtime) OR (adaptation NEAR/2 run-time) OR (adaptation NEAR/2 "in-process") OR (adaptation NEAR/2 "on the fly") OR (adaptation NEAR/2 "on-the-fly") OR (adaptation NEAR/2 enactment) OR (adaptation NEAR/2 dynamic)) AND

("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))

- Sequência f: ((refinement NEAR/2 ongoing) OR (refinement NEAR/2 running) OR (refinement NEAR/2 "in execution") OR (refinement NEAR/2 runtime) OR (refinement NEAR/2 run-time) OR (refinement NEAR/2 "in-process") OR (refinement NEAR/2 "on the fly") OR (refinement NEAR/2 "on-the-fly") OR (refinement NEAR/2 enactment) OR (refinement NEAR/2 dynamic)) AND ("software process" OR "development process" OR ("software development" AND workflow))

Esta busca retornou os seguintes resultados:

- Scopus: 147 publicações retornadas. Todos os artigos de controle foram retornados. Além disso, em uma análise inicial, percebeu-se que a busca retornou outras publicações relevantes.
- Compendex: 75 publicações retornadas. Todos os artigos de controle foram retornados. Além disso, em uma análise inicial, percebeu-se que a busca retornou outras publicações relevantes.
- IEEE Xplore: 53 publicações retornadas. A busca retornou o artigo de controle indexado pela fonte, além de outras publicações relevantes.

A.4. Execução de Julho de 2010

De acordo com os procedimentos de seleção de estudos definidos na seção A.2.5, a primeira etapa consistiu da execução da string de busca em cada uma das fontes selecionadas. Nesta etapa foram retornados 174 estudos distintos (após remoção das duplicações). A Tabela 4.1 exibe os resultados desta 1ª etapa.

Tabela 4.1 - Estudos selecionados na 1ª etapa

Fonte	Número de Publicações Retornadas
Compendex	72
IEEE Xplore	52
Scopus	142
Total	266
Sem duplicações	174

Na etapa seguinte – seleção das publicações relevantes – os *abstracts* de cada um dos 174 estudos retornados na etapa anterior foram lidos. A seleção dos 26 artigos nesta etapa deu-se por meio da verificação dos critérios de inclusão e exclusão.

Na terceira e última etapa, o texto completo dos 26 estudos selecionados na etapa anterior foi lido. A seleção dos 13 estudos relevantes também se deu de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

A Tabela 4.2 contém todos os estudos retornados na execução da pesquisa e em que filtro foram selecionados. Foram identificadas 13 publicações que tratam de apoio a alterações em processos definidos para projetos que já se encontram em execução. Destas 13, 2 tratam de evoluções de abordagens, totalizando onze abordagens.

Tabela 4.2 - Publicações retornadas em Julho de 2010

Referência	1º Filtro	2º Filtro
ABDOUS, M., 2009, "E-learning quality assurance: A process-oriented lifecycle model", <i>Quality Assurance in Education</i> , v. 17, n. 3, pp. 281-295.	-	-
AKHRAS, F.N., MELNIKOFF, S.S.S., 1992, "Towards dynamic generation of knowledge-based environments for software process assistance", pp. 79-86, Capri, Italy.	✓	-
ALEXINSCHI, O., STEFANESCU, C., 2006, "Management of alcohol addictions in post-hospital stage. The Romanian experience of Hudolin's method implementation", <i>Bridging Eastern and Western Psychiatry</i> , v. 4, n. 1, pp. 12-17.	-	-
ALOR-HERNANDEZ, G., MACHORRO-CANO, I., GOMEZ, J.M., <i>et al.</i> , 2009, "Mapping UML Diagrams for Generating WS-CDL Code". In: <i>Digital Society, 2009. ICDS '09. Third International Conference on</i> , pp. 229-234, 1-7 Feb. 2009.	-	-
Anonymous, 1998, "Proceedings of the 1998 20th International Conference on Software Engineering", Kyoto, Jpn.	-	-
Anonymous, 2006, "Privacy and security in highly dynamic systems", <i>Communications of the ACM</i> , v. 49, n. 9, pp. 28-31.	-	-
Anonymous, 2008a, "1st International Workshop on Automated Engineering of Autonomous and Runtime Evolving Systems, and ASE2008 the 23rd IEEE/ACM Int. Conf", L'Aquila, Italy.	-	-
Anonymous, 2008b, "Proceedings-15th Asia-Pacific Software Engineering Conference", <i>Neonatal, Paediatric and Child Health Nursing</i> .	-	-
Anonymous, 1998, "Proceedings of the 1998 20th International Conference on Software Engineering", Kyoto, Jpn.	-	-
ASANO, M., MARUYAMA, Y., KOIKE, T., <i>et al.</i> , 1998, "Enhancement of process latitude by reducing resist thickness for KrF excimer laser lithography". In: <i>Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering</i> , v. 3333, pp. 869-879.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
AVRILIONIS, D., BELKHATIR, N., CUNIN, P.Y., 1996, "A unified framework for software process enactment and improvement". In: <i>Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the</i>, pp. 102-111, 2-6 Dec 1996.	✓	✓
AZIBI, E.H., SARDAS, J.C., 2002, "Computer-aided process engineering and transformation of the process design activity in automotive industry". In: <i>Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics</i> , v. 4, pp. 524-528.	-	-
BACKX, P., VAN DEN BOSSCHE, B., DHOEDT, B., <i>et al.</i> , 2005, "AADD: Autonomic adaptive distributed deployment of component-based services", pp. 89-94, Grindelwald, Switzerland.	-	-
BAMBERGER, J., HOOK, J., 1995, "Teaching software quality and leadership: experiences and successes". In: <i>Software Engineering Conference, 1995. Proceedings., 1995 Asia Pacific</i> , pp. 333-344, 6-9 Dec 1995.	-	-
BANDINELLI, S., FUGGETTA, A., 1993, "Computational reflection in software process modeling: the SLANG approach", pp. 144-154, Baltimore, MD, USA.	-	-
BANDINELLI, S.C., FUGGETTA, A., GHEZZI, C., 1993, "Software process model evolution in the SPADE environment", <i>IEEE Transactions on Software Engineering</i> , v. 19, n. 12, pp. 1128-1144.	✓	-
BARJESSON, A., BAAZ, A., PRIES-HEJE, J., <i>et al.</i> , 2007, "Measuring process innovations and improvements", v. 235, pp. 197-216.	✓	-
BELKHATIR, N., MELO, W.L., 1994, "Evolving software processes by tailoring the behavior of software objects". In: <i>Software Maintenance, 1994. Proceedings., International Conference on</i>, pp. 212-221, 19-23 Sep 1994.	✓	✓
BELL, D.G., KANNAPAN, S.M., TAYLOR, D.L., 1992, "Product development process dynamics". In: <i>American Society of Mechanical Engineers, Design Engineering Division (Publication) DE</i> , v. 42, pp. 257-266.	Não disponível	-
BERNARD, Y., LAVENCY, P., 1989, "Process-oriented approach to configuration management", pp. 320-330, Pittsburgh, PA, USA.	-	-
BEYDEDA, S., GRUHN, V., 2004, "Dynamic evolution of software processes to evolve software systems during their development", <i>Software Process Improvement and Practice</i>, v. 9, n. 4, pp. 229-238.	✓	✓
BHANDARI, I., HALLIDAY, M., TARVER, E., <i>et al.</i>, 1993, "Case study of software process improvement during development", <i>IEEE Transactions on Software Engineering</i>, v. 19, n. 12, pp. 1157-1170.	✓	✓
BIRKHOLZER, T., DICKMANN, C., KLEIN, H., <i>et al.</i> , 2008, "Customized predictive models for process improvement projects", v. 5089 LNCS, pp. 304-316, Monte Porzio Catone, Italy.	-	-
BOLCER, G.A., TAYLOR, R.N., 1996, "Endeavors: a process system integration infrastructure". In: <i>Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the</i>, pp. 76-89, 2-6 Dec 1996.	✓	✓

Referência	1º Filtro	2º Filtro
CALLAHAN, J., RAMAKRISHNAN, S., 1996, "Software project management and measurement on the World-Wide-Web (WWW)". In: <i>Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 1996. Proceedings of the 5th Workshop on</i> , pp. 156-161, 19-21 Jun 1996.	-	-
CHOI, K., BAE, D.H., 2009, "Dynamic project performance estimation by combining static estimation models with system dynamics", <i>Information and Software Technology</i> , v. 51, n. 1, pp. 162-172.	-	-
CHOI, Y., LEE, E., HA, S., 2005, "The management of software processes with software process improvement tool based on ISO 15504", v. 2, pp. 933-936, Phoenix Park, Korea, Republic of.	-	-
CHOU, S.C., CHEN, J.Y.J., 1999, "Process evolution support in concurrent software process language environment", <i>Information and Software Technology</i>, v. 41, n. 8, pp. 507-524.	✓	✓
CHOU, S.C., JASON CHEN, J.Y., 2000, "Process program change control in a process environment", <i>Software - Practice and Experience</i>, v. 30, n. 3, pp. 175-197.	✓	✓
CHOY, K.L., LEE, W.B., LAU, H.C.W., <i>et al.</i> , 2005, "A knowledge-based supplier intelligence retrieval system for outsource manufacturing", <i>Knowledge-Based Systems</i> , v. 18, n. 1, pp. 1-17.	-	-
CIMPAN, S., VERJUS, H., ALLOUI, I., 2007, "Dynamic architecture based evolution of enterprise information systems", v. ISAS, pp. 221-229, Funchal, Madeira, Portugal.	-	-
CLEAVELAND, C., 2005, "Extrusion coating evolves", <i>Paper, Film and Foil Converter</i> , v. 79, n. 9, pp. 84.	-	-
COSTA, M., SILVA, A.R.D., 2007, "Synchronization issues in uml models". In: <i>ICEIS 2007 - 9th International Conference on Enterprise Information Systems, Proceedings</i> , v. ISAS, pp. 607-611.	-	-
DAMIAN, D., CHISAN, J., VAIDYANATHASAMY, L., <i>et al.</i> , 2005, "Requirements engineering and downstream software development: Findings from a case study", <i>Empirical Software Engineering</i> , v. 10, n. 3, pp. 255-283.	-	-
DAMIAN, D., ZOWGHI, D., VAIDYANATHASAMY, L., <i>et al.</i> , 2002, "An industrial experience in process improvement: an early assessment at the Australian Center for Unisys Software". In: <i>Empirical Software Engineering, 2002. Proceedings. 2002 International Symposium n</i> , pp. 111-123, 2002.	-	-
DANDEKAR, A., PERRY, D.E., VOTTA, L.G., 1996, "A study in process simplification". In: <i>Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the</i> , pp. 27-35, 2-6 Dec 1996.	-	-
DANIEL, F., MATERA, M., 2008, "Mashing up context-aware Web applications: A component-based development approach", v. 5175 LNCS, pp. 250-263.	-	-
DE AZEVEDO JUNIOR, D.P., DE CAMPOS, R., 2008, "Software requirements definition based on a business modeling architecture", <i>Definição de requisitos de software baseada numa arquitetura de modelagem de negócios</i> , v. 18, n. 1, pp. 26-46.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
DELLAGUARDIA, R., KWONG, R., LI, W., <i>et al.</i> , 2004, "BEOL lithography for early development at the 65 nm node". In: <i>Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering</i> , v. 5377, pp. 980-987.	-	-
DENG, X., XING, C., CAI, L., 2007, "Progress in testing for web applications", <i>Jisuanji Yanjiu yu Fazhan/Computer Research and Development</i> , v. 44, n. 8, pp. 1273-1283.	-	-
DI MARZO, G., FITZGERALD, J., ROMANOVSKY, A., 2010, "MetaSelf - An architecture and a development method for dependable self-* systems", pp. 457-461, Sierre, Switzerland.	-	-
DOTA, C.D., SKALLEFELL, B., EDVARDSSON, N., <i>et al.</i> , 2002, "Computer-based analysis of dynamic QT changes: Toward high precision and individual rate correction", <i>Annals of Noninvasive Electrocardiology</i> , v. 7, n. 4, pp. 289-301.	-	-
EBERT, C., 1999a, "Technical controlling and software process improvement", <i>Journal of Systems and Software</i> , v. 46, n. 1, pp. 25-39.	✓	-
EBERT, C., 1999b, "Technical controlling in software development", <i>International Journal of Project Management</i> , v. 17, n. 1, pp. 17-28.	-	-
EHRIG, H., HOFFMANN, K., PADBERG, J., 2006, "Transformations of Petri nets", <i>Electronic Notes in Theoretical Computer Science</i> , v. 148, n. 1 SPEC. ISS., pp. 151-172.	-	-
GAETA, M., RITROVATO, P., 2002, "Generalised environment for process management in cooperative software engineering", pp. 1049-1053, Oxford, United kingdom.	✓	-
GAO, Y., CARR, R.A., SPENCE, J.K., <i>et al.</i> , 2010, "A pH-dilution method for estimation of biorelevant drug solubility along the gastrointestinal tract: Application to physiologically based pharmacokinetic modeling", <i>Molecular Pharmaceutics</i> , v. 7, n. 5, pp. 1516-1526.	-	-
GARCIA, F., SERRANO, M., CRUZ-LEMUS, J., <i>et al.</i> , 2007, "Managing software process measurement: A metamodel-based approach", <i>Information Sciences</i> , v. 177, n. 12, pp. 2570-2586.	-	-
GEORGALAS, N., OU, S., AZMOODEH, M., <i>et al.</i> , 2007, "Towards a Model-Driven Approach for Ontology-Based Context-Aware Application Development: A Case Study". In: <i>Model-Based Methodologies for Pervasive and Embedded Software, 2007. MOMPES '07. Fourth International Workshop on</i> , pp. 21-32, 31-31 March 2007.	-	-
GHEZZI, C., GRUNSKÉ, L., MIRANDOLA, R., 2010, "First international workshop on quantitative stochastic models in the verification and design of software systems (QUOVADIS 2010)", v. 2, pp. 451-452, Cape Town, South africa.	-	-
GLADWIN, J., DIXON, R.A., WILSON, T.D., 2003, "Implementing a new health management information system in Uganda", <i>Health Policy and Planning</i> , v. 18, n. 2, pp. 214-224.	-	-
GOLDMANN, S., MUINCH, J., HOLZ, H., 2000, "Distributed process planning support with MILOS", <i>International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering</i> , v. 10, n. 4, pp. 511-525.	Não disponível	-
GONG, B., HE, X., 2006, "A framework of measuring, analyzing, diagnosing and improving a single software process", <i>Chinese Journal of Electronics</i> , v. 15, n. 1, pp. 32-36.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
GRAY, E.M., SMITH, W.L., 1998, "On the limitations of software process assessment and the recognition of a required re-orientation for global process improvement", <i>Software Quality Journal</i> , v. 7, n. 1, pp. 21-34.	-	-
GRUNDY, J.C., MUGRIDGE, W.B., HOSKING, J.G., 1997, "Utilising past event histories in a process-centred software engineering environment", pp. 127-136, Sydney, Aust.	-	-
GU, Y., LIU, J., WU, W., 2006, "Integrated product and process development mode based on models coupling", v. 2, pp. 6744-6747, Dalian, China.	-	-
HALL, T., RAINER, A., BADDOO, N., <i>et al.</i> , 2001, "An empirical study of maintenance issues within process improvement programmes in the software industry". In: <i>Software Maintenance, 2001. Proceedings. IEEE International Conference on</i> , pp. 422-430, 2001.	-	-
HANAKAWA, N., MATSUMOTO, K.I., TORJI, K., 2002, "A knowledge-based software process simulation model", <i>Annals of Software Engineering</i> , v. 14, n. 1-4, pp. 383-406.	-	-
HARAMUNDANIS, K., 2009, "Experience report: Modularization - The new paradigm for the information engineer", pp. 151-154, Bloomington, IN, United states.	-	-
HARRISON, W., 2001, "Using the economic value of the firm as a basis for assessing the value of process improvements". In: <i>Software Engineering Workshop, 2001. Proceedings. 26th Annual NASA Goddard</i> , pp. 123-127, 2001.	-	-
HARRISON, W., RAFFO, D., SETTLE, J., <i>et al.</i> , 1999, "Technology Review: Adapting Financial Measures: Making a Business Case for Software Process Improvement", <i>Software Quality Journal</i> , v. 8, n. 3, pp. 211-231.	-	-
HE, X., GUO, J., WANG, Y., <i>et al.</i> , 2009, "An automatic compliance checking approach for software processes", pp. 467-474, Penang, Malaysia.	-	-
HEER, T., AUEM, C., WORZBERGER, R., 2009, "Flexible multi-dimensional visualization of process enactment data", v. 43 LNBIP, pp. 104-115, Ulm, Germany.	-	-
HITOMI, A.S., BOLCER, G.A., TAYLOR, R.N., 1997, "Endeavors: A process system infrastructure". In: <i>Proceedings - International Conference on Software Engineering</i> , pp. 598-599.	✓	-
HOBDAY, M., BRADY, T., 2000, "A fast method for analysing and improving complex software processes", <i>R and D Management</i> , v. 30, n. 1, pp. 1-20.	-	-
HONGMEI, Y., LIJUN, L., CHENG, W., <i>et al.</i> , 2008, "Integrating GIS and Urban spatial system dynamic model for urban expansion analysis", v. 7143, Guangzhou, China.	-	-
HRŽENJAK, R., MUJKIĆ-KLARIĆ, A., UJEVIĆ, D., <i>et al.</i> , 2008, "Anthropometric investigations of children in the republic of croatia". In: <i>ITC and DC: Book of Proceedings of the 4th International Textile, Clothing and Design Conference - Magic World of Textiles</i> , pp. 599-604.	-	-
HUANG, H.Z., GU, Y.K., 2006, "Development mode based on integration of product models and process models", <i>Concurrent Engineering Research and Applications</i> , v. 14, n. 1, pp. 27-34.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
HUANG, K., WANG, S.J., 2007, "Design and control of a Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) decomposition reactive distillation column", <i>Industrial and Engineering Chemistry Research</i> , v. 46, n. 8, pp. 2508-2519.	-	-
HUMPHREY, W.S., KONRAD, M.D., OVER, J.W., <i>et al.</i> , 2007, "Future directions in process improvement", <i>CrossTalk</i> , v. 20, n. 2, pp. 17-22.	-	-
HWANG, S.M., 2004, "A design of configuration management practices and CMPET in common criteria based on software process improvement activity", v. 3043, pp. 481-490.	-	-
IDANI, A., 2009, "UML models engineering from static and dynamic aspects of formal specifications", v. 29 LNBIP, pp. 237-250.	-	-
ILLGEN, T., ORTMANN, S., 2005, "Process oriented software quality assurance - an experience report in process improvement - OEM perspective [automotive applications]". In: <i>Design, Automation and Test in Europe, 2005. Proceedings</i> , pp. 536-537 Vol. 1, 7-11 March 2005.	-	-
JAMART, P., VAN LAMSWEERDE, A., 1994, "Reflective approach to process model customization, enactment and evolution", pp. 21-32, Reston, VA, USA.	-	-
JAQUET, D., DEGHMOUN, S., CHEVENNE, D., <i>et al.</i> , 2005, "Dynamic change in adiposity from fetal to postnatal life is involved in the metabolic syndrome associated with reduced fetal growth", <i>Diabetologia</i> , v. 48, n. 5, pp. 849-855.	-	-
JIANG, Z.-S., ZHU, Y.-Q., WANG, Q.-L., <i>et al.</i> , 1998, "Dynamic pattern characteristics of fault deformation and gravity field in the development process of Yongdeng MS=5.8 earthquake", <i>Acta Seismologica Sinica English Edition</i> , v. 11, n. 3, pp. 313-320.	-	-
JONCHEERE, N., VANDERPERREN, W., VAN DER STRAETEN, R., 2006, "Requirements for a workflow system for grid service composition", v. 4103 LNCS, pp. 365-374.	-	-
JUNCO, N.L., BAILIE, R.A., 2004, "A case study of content management", pp. 206-209, Minneapolis, MN, United states.	-	-
KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2007, "A deviation-tolerant approach to software process evolution", pp. 75-78, Dubrovnik, Croatia.	✓	✓
KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2008, "A deviation management system for handling software process enactment evolution", v. 5007 LNCS, pp. 186-197.	✓	✓
KAPLAN, S.M., BIGNOLI, C., TOLONE, W.J., 1994, "Process, space and software development support". In: <i>Software Process Workshop, 1994. Proceedings., Ninth International</i> , pp. 100-103, 5-7 Oct 1994.	-	-
KAPLAN, S.M., BIGNOLI, C., TOLONE, W.J., 1995, "Process, space software development support", pp. 100-103, Airlie, VA, USA.	-	-
KIM, Y., KANG, S.H., LEE, S.H., <i>et al.</i> , 2001, "A distributed, open, intelligent product data management system", <i>International Journal of Computer Integrated Manufacturing</i> , v. 14, n. 2, pp. 224-235.	Não disponível	-
KIM, Y.G., PARK, S.C., KIM, C.Y., <i>et al.</i> , 2005, "An effective content management methodology for business process management". In: <i>Lecture Notes in Computer Science</i> , v. 3649, pp. 416-421.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
KIM, Y.Y., 2008, "Intercultural personhood: Globalization and a way of being", <i>International Journal of Intercultural Relations</i> , v. 32, n. 4, pp. 359-368.	-	-
KITSON, D.H., 1997, "An emerging international standard for software process assessment". In: <i>Software Engineering Standards Symposium and Forum, 1997. 'Emerging International Standards'. ISESS 97., Third IEEE International</i> , pp. 83-90, 1-6 Jun 1997.	-	-
KIVIHALME, M., VALSTA, A., 2010, "Improving software development processes in small companies: A case study", pp. 159-166, Innsbruck, Austria.	-	-
KREUTZMANN, H., 2001, "Development studies and high mountain regions. Perceptions and Perspectives", <i>Entwicklungsforschung und Hochgebirge</i> , v. 53, n. 12, pp. 8-15.	-	-
KUMAR, D., HIRANWAL, S., 2010, "Performance enhancement of software process models". In: <i>Software Technology and Engineering (ICSTE), 2010 2nd International Conference on</i> , v. 2, pp. V2-384-V2-387, 3-5 Oct. 2010.	-	-
KUNTZMANN-COMBELLES, A., 1996, "Is software process re-engineering and improvement the 'Sliver Bullet' of the 1990's or a constructive approach to meet pre-defined business targets?" In: <i>Computer Software and Applications Conference, 1996. COMPSAC '96., Proceedings of 20th International</i> , pp. 435, 21-23 Aug 1996.	-	-
KUTSUNA, N., KUMAGAI, F., SATO, M.H., <i>et al.</i> , 2003, "Three-Dimensional Reconstruction of Tubular Structure of Vacuolar Membrane Throughout Mitosis in Living Tobacco Cells", <i>Plant and Cell Physiology</i> , v. 44, n. 10, pp. 1045-1054.	-	-
LARRUCEA, X., BOZHEVA, T., 2007, "Towards an agile process pattern modeling framework". In: <i>Proceedings of the IASTED International Conference on Software Engineering, SE 2007</i> , pp. 61-65.	-	-
LEHMAN, M.M., 1994, "Evolution, feedback and software technology". In: <i>Software Process Workshop, 1994. Proceedings., Ninth International</i> , pp. 134-137, 5-7 Oct 1994.	-	-
LESZAK, M., PERRY, D.E., STOLL, D., 2000, "A case study in root cause defect analysis". In: <i>Software Engineering, 2000. Proceedings of the 2000 International Conference on</i> , pp. 428-437, 2000.	-	-
LI, C., VAN DEN AKKER, M., BRINKKEMPER, S., <i>et al.</i> , 2010, "An integrated approach for requirement selection and scheduling in software release planning", pp. 1-22.	-	-
LI, M., 2007, "TRISO-model: A new approach to integrated software process assessment and improvement", <i>Software Process Improvement and Practice</i> , v. 12, n. 5, pp. 387-398.	Não disponível	-
LI, W., WANG, W., SHEN, J., 2006, "On key issues in information system for collaborative product development process", pp. 342-347, Nanjing, China.	-	-
LI, Z.W., WU, J.G., KOU, X.J., <i>et al.</i> , 2009, "Land use pattern and its dynamic changes in Amur tiger distribution region", <i>Chinese Journal of Applied Ecology</i> , v. 20, n. 3, pp. 713-724.	-	-
LIU, S., ZHANG, J., LIU, Y., <i>et al.</i> , 2009, "Evaluating and mitigating Information systems development risk through Balanced Score Card", pp. 111-115, Ternopil, Ukraine.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
LONCHAMP, J., BENALI, K., GODART, C., <i>et al.</i> , 1990, "Modeling and enacting software processes: An analysis", pp. 727-736, Chicago, IL, USA.	-	-
LU, Y.-J., JI, R.-Y., ZUO, L.-Q., <i>et al.</i> , 2007, "Study on hydrodynamic and sedimentation problems in development of harbors located at inlet of tidal bay", <i>Shuili Xuebao/Journal of Hydraulic Engineering</i> , v. 38, n. 12, pp. 1426-1436.	-	-
MA, J.K., SHI, L., WANG, Y.S., <i>et al.</i> , 2009, "Process aspect: Handling crosscutting concerns during software process improvement", v. 5543 LNCS, pp. 124-135.	-	-
MÜLLER, D., HERBST, J., HAMMORI, M., <i>et al.</i> , 2006, "IT support for release management processes in the automotive industry", v. 4102 LNCS, pp. 368-377.	-	-
MADACHY, R., KHOSHNEVIS, B., 1997, "Dynamic Simulation Modeling of an Inspection-Based Software Lifecycle Process", <i>Simulation</i> , v. 69, n. 1, pp. 35-47.	-	-
MAKINEN, T., VARKOI, T., SOINI, J., 2007, "Integration of software process assessment and modeling", pp. 2476-2481, Portland, OR, United states.	-	-
MALL, D.N., 2003, "A case study in optimization". In: <i>Software Maintenance, 2003. ICSM 2003. Proceedings. International Conference on</i> , pp. 214-223, 22-26 Sept. 2003.	-	-
MATEVSKA, J., 2008, "An Optimised Runtime Reconfiguration of Component-Based Software Systems". In: <i>Computer Software and Applications, 2008. COMPSAC '08. 32nd Annual IEEE International</i> , pp. 499-501, July 28 2008-Aug. 1 2008.	-	-
MAURER, F., DELLEN, B., BENDECK, F., <i>et al.</i>, 2000, "Merging project planning and web-enabled dynamic workflow technologies", <i>IEEE Internet Computing</i>, v. 4, n. 3, pp. 65-74.	✓	✓
MELEKHIN, V.B., 1984, "Self-learning algorithm for an integrated robot with active and passive behavioral logic", <i>Cybernetics</i> , v. 20, n. 4, pp. 600-606.	-	-
MILLER, S.E., TUCKER, G.T., 1991, "Software development process benchmarking", v. 1, pp. 153-157, Phoenix, AZ, USA.	-	-
MING, H., HE, Z., JEFFERY, R., 2006, "A systematic approach to process enactment analysis as input to software process improvement or tailoring". In: <i>Proceedings - Asia-Pacific Software Engineering Conference, APSEC</i> , pp. 401-408.	✓	-
MOHAMMED, K., REDOUANE, L., BERNARD, C., 2007, "A deviation-tolerant approach to software process evolution", pp. 75-78, Dubrovnik, Croatia.	-	-
MORISIO, M., 1999, "Measurement processes are software, too", <i>Journal of Systems and Software</i> , v. 49, n. 1, pp. 17-31.	-	-
MULLER, D., REICHERT, M., HERBST, J., 2008, "A new paradigm for the enactment and dynamic adaptation of data-driven process structures", v. 5074 LNCS, pp. 48-63.	✓	-
NAWAZISH KHOKHAR, M., MANSOOR, A., KHOKHAR, M.N., <i>et al.</i> , 2010, "MECA: Software process improvement for small organizations". In: <i>Information and Emerging Technologies (ICIET), 2010 International Conference on</i> , pp. 1-6, 14-16 June 2010.	-	-
NEUMANN, H., USBECK, H., 1989, "Trends and perspectives of city regions", <i>Trends und Perspektiven von Grossstadtregionen</i> , v. 133, n. 4, pp. 255-264.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
NORRIS, D., 2000, "Strategic IT planning: assessing the options - handling rapid changes in IT systems and availability". In: <i>Software Methods and Tools, 2000. SMT 2000. Proceedings. International Conference on</i> , pp. 21-25, 2000.	-	-
NUNES, F.J.B., BELCHIOR, A.D., ALBUQUERQUE, A.B., 2010, "Security engineering approach to support software security", pp. 48-55, Miami, FL, United states.	-	-
ORR, M.S., 2006, "Toxicogenomics and cross-species biomarker discovery: Applications in drug discovery and safety assessment", <i>Toxicology Mechanisms and Methods</i> , v. 16, n. 2-3, pp. 79-87.	-	-
OTT, L.M., KINNULA, A., SEAMAN, C., <i>et al.</i> , 1999, "The role of empirical studies in process improvement", <i>Empirical Software Engineering</i> , v. 4, n. 4, pp. 381-386.	-	-
PAN, S., PAN, G., HSIEH, M.H., 2006, "A dual-level analysis of the capability development process: A case study of TT&T", <i>Journal of the American Society for Information Science and Technology</i> , v. 57, n. 13, pp. 1814-1829.	-	-
PART, BRAUN, S., SCHMIDT, A., <i>et al.</i> , 2008, "Using the ontology maturing process model for searching, managing and retrieving resources with semantic technologies", v. 5332 LNCS, pp. 1568-1578.	-	-
PATRICK, R., STEPNIIEWSKI, W., 1990, "Optimal design of high-autonomy non-holonomic super neural networks". In: <i>AI, Simulation, and Planning in High Autonomy Systems, 1990., Proceedings.</i> , pp. 212-221, 26-27 Mar 1990.	-	-
PEIWEL, M., SCACCHI, W., 1991, "Articulation: Supporting Dynamic Evolution Of Software Engineering Processes". In: <i>Software Process Workshop, 1991. Communication and Coordination in the Software Process., Proceedings of the 7th International</i>, pp. 94-98, 15-18 Oct 1991.	✓	✓
PEOPLES-SHEPS, M.D., GUILD, P.A., FAREL, A.M., <i>et al.</i> , 1998, "Model indicators for maternal and child health: an overview of process, product, and applications", <i>Maternal and child health journal</i> , v. 2, n. 4, pp. 241-256.	-	-
PETRUSKA, I., 2004, "R&D-marketing integration in the new product development process", <i>Periodica Polytechnica, Social and Management Sciences</i> , v. 12, n. 2, pp. 159-176.	-	-
PHUNG-KHAC, A., BEUGNARD, A., GILLIOT, J.-M., <i>et al.</i> , 2008, "Model-driven development of component-based adaptive distributed applications", pp. 2186-2191, Fortaleza, Ceara, Brazil.	-	-
PHUNG-KHAC, A., GILLIOT, J.M., SEGARRA, M.T., <i>et al.</i> , 2010, "Modelling changes and data transfers for architecture-based runtime evolution of distributed applications", v. 6285 LNCS, pp. 392-400, Copenhagen, Denmark.	-	-
PIEPER, R., 1982, "Determination and Improvement of the Dynamic Running Behavior of Film Claw Drives", <i>Bestimmung und Verbesserung des Dynamischen Laufverhaltens von Filmgreifergetrieben.</i> , v. 31, n. 4, pp. 156-160.	-	-
POSKITT, J., TAYLOR, K., 2008, "Sustaining professional development: Rhetoric or reality?" <i>New Zealand Journal of Educational Studies</i> , v. 43, n. 1, pp. 21-32.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
QIAOHONG, Z., HUI, W., HAIYAO, G., <i>et al.</i> , 2009, "Research on the complex regional logistics network and its evolution mechanism". In: <i>Web Society, 2009. SWS '09. 1st IEEE Symposium on</i> , pp. 189-193, 23-24 Aug. 2009.	-	-
QURESHI, N.A., PERINI, A., 2008, "Towards seamless adaptation: An agent-oriented approach", pp. 471-472, Venice, Italy.	✓	-
RAFFO, D.M., 2005, "Software project management using PROMPT: A hybrid metrics, modeling and utility framework", <i>Information and Software Technology</i>, v. 47, n. 15, pp. 1009-1017.	✓	✓
RAVICHANDRAN, T., RAI, A., 2000, "Quality management in systems development: An organizational system perspective", <i>MIS Quarterly: Management Information Systems</i> , v. 24, n. 3, pp. 381-410.	✓	-
REFFETT, J.L., 1988, "Vendor-customer relationship to improve product quality", pp. 852-856, Philadelphia, Pa, USA.	-	-
REIFSNIDER, K.L., 1986, "Feasibility of Useful Real-time In-process Evaluation of Laminates", pp. 104-120.	-	-
REIS, C.A.L., REIS, R.Q., ABREU, M., <i>et al.</i>, 2002, "Flexible software process enactment support in the APSEE model". In: <i>Human Centric Computing Languages and Environments, 2002. Proceedings. IEEE 2002 Symposia on</i>, pp. 112-121, 2002.	✓	✓
REN, B.L., QI, Y., LI, M., <i>et al.</i> , 2010, "Research of dynamic proxy based context-aware programming model EIPM", <i>Tien Tzu Hsueh Pao/Acta Electronica Sinica</i> , v. 38, n. 2A, pp. 10-17.	-	-
RIIS, J.O., 2002, "Orchestrating industrial development", <i>International Journal of Technology Management</i> , v. 23, n. 4, pp. 246-260.	-	-
ROUT, T.P., EL EMAM, K., FUSANI, M., <i>et al.</i> , 2007, "SPICE in retrospect: Developing a standard for process assessment", <i>Journal of Systems and Software</i> , v. 80, n. 9, pp. 1483-1493.	-	-
RUEHER, M., 1990, "Formalizing Operations And Relationships On Objects To Support Dynamic Refinement Of Process Models Instances". In: <i>Software Process Workshop, 1990. 'Support for the Software Process', Proceedings of the 6th International</i> , pp. 185-189, 28-31 Oct 1990.	✓	-
RUIZ, M., RAMOS, I., TORO, M., 2002, "A Dynamic Integrated Framework for Software Process Improvement", <i>Software Quality Journal</i> , v. 10, n. 2, pp. 181-194.	✓	-
SALVATO, C., 2009, "Capabilities unveiled: The role of ordinary activities in the evolution of product development processes", <i>Organization Science</i> , v. 20, n. 2, pp. 384-409.	-	-
SANCHEZ, R., 1996, "Strategic product creation: Managing new interactions of technology, markets, and organizations", <i>European Management Journal</i> , v. 14, n. 2, pp. 121-138.	-	-
SANGODE, S.J., BLOEMENDAL, J., KUMAR, R., <i>et al.</i> , 2001, "Plio-Pleistocene pedogenic changes in the Siwalik palaeosols: A rock magnetic approach", <i>Current Science</i> , v. 81, n. 4, pp. 387-392.	-	-
SAVIDIS, A., STEPHANIDIS, C., 2010, "Software refactoring process for adaptive user-interface composition". In: <i>EICS'10 - Proceedings of the 2010 ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems</i> , pp. 19-28.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
SCHNEIDEWIND, N.F., 1998, "An integrated process and product model". In: <i>Software Metrics Symposium, 1998. Metrics 1998. Proceedings. Fifth International</i> , pp. 224-234, 20-21 Nov 1998.	-	-
SCHNEIDEWIND, N.F., 2003, "Fault correction profiles". In: <i>Software Reliability Engineering, 2003. ISSRE 2003. 14th International Symposium on</i> , pp. 257-267, 17-20 Nov. 2003.	-	-
SCHOOFF, R.M., HAIMES, Y.Y., 1999, "Dynamic multistage software estimation", <i>Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on</i> , v. 29, n. 2, pp. 272-284.	-	-
SCOTT, L., CARVALHO, L., JEFFERY, R., 2002, "A process-centred experience repository for a small software organisation". In: <i>Software Engineering Conference, 2002. Ninth Asia-Pacific</i> , pp. 603-609, 2002.	-	-
SHAN, L., TAO, C., YUQING, L., <i>et al.</i> , 2009, "Evaluating and Mitigating Information Systems Development Risk through Balanced Score Card". In: <i>Information Engineering and Electronic Commerce, 2009. IEEC '09. International Symposium on</i> , pp. 111-115, 16-17 May 2009.	-	-
SHEN, B., HUANG, X., ZHOU, K., <i>et al.</i> , 2010, "Engineering adaptive IT service support processes using meta-modeling technologies", v. 6195 LNCS, pp. 200-210.	-	-
SHI, X.J., QIAO, L.H., 2007, "Implementation of process change management in PDM", <i>Hangkong Xuebao/Acta Aeronautica et Astronautica Sinica</i> , v. 28, n. 1, pp. 240-244.	-	-
SHIH, C.S., LIU, J.W.S., 2003, "Acquiring and incorporating state-dependent timing requirements". In: <i>Requirements Engineering Conference, 2003. Proceedings. 11th IEEE International</i> , pp. 87-94, 8-12 Sept. 2003.	-	-
SILVA, M.L., FERREIRA, J.C., 2006, "Support for partial run-time reconfiguration of platform FPGAs", <i>Journal of Systems Architecture</i> , v. 52, n. 12, pp. 709-726.	-	-
SMITH, J.J., 2001, "Regulation of medical devices in radiology: Current standards and future opportunities", <i>Radiology</i> , v. 218, n. 2, pp. 329-335.	-	-
SMITH, P.G., 1996, "Your product development process demands ongoing improvement", <i>Research.Technology Management</i> , v. 39, n. 2, pp. 37-37.	✓	-
SOUER, J., VAN WEERD, I.D., VERSEDAAL, J., <i>et al.</i> , 2007, "Situational requirements engineering for the development of Content Management System-based web applications", <i>International Journal of Web Engineering and Technology</i> , v. 3, n. 4, pp. 420-440.	-	-
STANBROOK, T., 2002, "TRIZ for software process improvement", pp. 466-468, Oxford, United kingdom.	-	-
STRIEBECK, M., 2005, "Ongoing quality improvement, or: How we all learned to trust XP", v. 2005, pp. 267-271, Denver, CO, United states.	-	-
SWAIN, E., 2007, "Catching the human factors fever", <i>Medical Device and Diagnostic Industry</i> , v. 29, n. 10, pp. 90-97.	-	-
TAN, Y., YANG, J., DONG, Y., 2009, "Appliment of land-use ecological assessment in development of areas along the Yangtze River", <i>Dongnan Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Southeast University (Natural Science Edition)</i> , v. 39, n. 6, pp. 1269-1273.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
TURNBULL, G.K., 1985, "Residential development in an open city", <i>Regional Science and Urban Economics</i> , v. 18, n. 2, pp. 307-320.	-	-
VALETTO, G., KAISER, G., 2002, "A Case Study in Software Adaptation". In: <i>Proceedings of the first ACM SIGSOFT Workshop on Self-Healing Systems (WOSS'02)</i> , pp. 73-78.	-	-
VALETTO, G., KAISER, G., 2003, "Using process technology to control and coordinate software adaptation". In: <i>Software Engineering, 2003. Proceedings. 25th International Conference on</i> , pp. 262-272, 3-10 May 2003.	-	-
WANG, L.J., ZHANG, X., NING, R.X., <i>et al.</i> , 2005, "Document dynamic management technology oriented to product development process", <i>Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS</i> , v. 11, n. 6, pp. 836-840.	-	-
WANG, R.Y., ZHAO, G.X., ZHOU, W., <i>et al.</i> , 2009, "Assessment and dynamic changes of environmental vulnerability at county level: A case study in Kenli County of the Yellow River Delta, China", <i>Shengtai Xuebao/ Acta Ecologica Sinica</i> , v. 29, n. 7, pp. 3790-3799.	-	-
WANG, Y., YU, Y., 2009, "Gain experiences from process improvement in school", pp. 719-723, Seoul, Korea, Republic of.	-	-
WANG, Z., JIN, N., WANG, C., <i>et al.</i> , 2008, "Temporal and spatial evolution characteristics of two-phase flow pattern based on image texture analysis", <i>Huagong Xuebao/Journal of Chemical Industry and Engineering (China)</i> , v. 59, n. 5, pp. 1122-1130.	-	-
WAURO, F., SCHUMACHER, S., 2008, "Simulation Ein Schlüssel zur Optimierung Widersprüchlicher Anforderungen Mechatronischer Getriebesteuerungs Systeme", pp. 103-117.	-	-
WEIGANG, L., WENBIN, W., JUNYI, S., 2006, "On Key Issues in Information System for Collaborative Product Development Process". In: <i>Computer Supported Cooperative Work in Design, 2006. CSCWD '06. 10th International Conference on</i> , pp. 1-6, 3-5 May 2006.	✓	-
WERNER, A., MÜLLER, K., WENKEL, K.O., <i>et al.</i> , 1997, "Participative and iterative planning as prerequisite for integrating ecologic goals in rural planning", <i>Partizipative und iterative Planung als Voraussetzung für die Integration ökologischer Ziele in die Landschaftsplanung des landlichen Raumes</i> , v. 38, n. 5, pp. 209-217.	-	-
WOUTERS, M., WILDEROM, C., 2008, "Developing performance-measurement systems as enabling formalization: A longitudinal field study of a logistics department", <i>Accounting, Organizations and Society</i> , v. 33, n. 4-5, pp. 488-516.	-	-
XIE, S.Q., XU, X., TU, Y.L., 2005, "A reconfigurable platform in support of one-of-a-kind product development", <i>International Journal of Production Research</i> , v. 43, n. 9, pp. 1889-1910.	-	-
YAN, J., YANG, Y., RAIKUNDALIA, G.K., 2003, "Decentralised coordination for software process enactment", v. 2786, pp. 164-172.	Não disponível	-
YANG, M., SHI, L., XU, F.S., <i>et al.</i> , 2009, "Effect of boron on dynamic change of seed yield and quality formation in developing seed of Brassica napus", <i>Journal of Plant Nutrition</i> , v. 32, n. 5, pp. 785-797.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
YANG, Y., MA, H., DAI, L., <i>et al.</i> , 2010, "The measurement model for enterprise Informationization Capability Maturity". In: <i>3rd International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, CSO 2010: Theoretical Development and Engineering Practice</i> , v. 2, pp. 197-202.	-	-
YANGTING, W., YONGXIA, Y., 2009, "Gain Experiences from Process Improvement in School". In: <i>INC, IMS and IDC, 2009. NCM '09. Fifth International Joint Conference on</i> , pp. 719-723, 25-27 Aug. 2009.	-	-
YINGKUI, G., JUANJUAN, L., WEIDONG, W., 2006, "Integrated Product and Process Development Mode Based on Models Coupling". In: <i>Intelligent Control and Automation, 2006. WCICA 2006. The Sixth World Congress on</i> , v. 2, pp. 6744-6747, 0-0 0.	-	-
YIU, K.T.W., CHEUNG, S.O., 2006, "A catastrophe model of construction conflict behavior", <i>Building and Environment</i> , v. 41, n. 4, pp. 438-447.	-	-
YOONJUNG, C., EUNSEOK, L., SUJUNG, H., 2005, "The management of software processes with software process improvement tool based on ISO 15504". In: <i>Advanced Communication Technology, 2005, ICACT 2005. The 7th International Conference on</i> , v. 2, pp. 933-936, 0-0 0.	-	-
ZHANG, C., SADJADI, S.M., SUN, W., <i>et al.</i> , 2006, "A user-centric network communication broker for multimedia collaborative computing", <i>Multimedia Tools and Applications</i> , v. 50, n. 2, pp. 335-357.	-	-
ZHANG, C.M., ZHU, F.B., YU, H.Y., <i>et al.</i> , 2000, "Experimental study on dynamic characteristics and mechanism of escaped gas from underground water", <i>Earthquake</i> , v. 20, n. 1, pp. 96-102.	-	-
ZHOU, B., KOCKELMAN, K.M., 2009, "Lessons learned in developing and applying land use model systems: Parcel-based example", pp. 75-82.	-	-

A.5. Execução de Abril de 2012

As *strings* de busca definidas na seção A.2.5 foram reexecutadas, nas mesmas fontes, para verificar a existência de novas publicações na área desde a última execução, em julho de 2010.

Na primeira etapa foram retornados 15 estudos distintos. A Tabela 4. exibe os resultados desta etapa.

Tabela 5.1 - Novos estudos selecionados na 1ª etapa

Fonte	Número de Novas Publicações Retornadas
Compendex	10
IEEE Xplore	1
Scopus	15
Total	26
Sem duplicações	15

A segunda etapa consistiu da leitura dos *abstracts* dos 15 artigos selecionados. Seguindo os critérios de inclusão e exclusão definidos, 5 artigos foram selecionados. Na terceira etapa estes 5 artigos foram lidos por completo.

Nesta reexecução, foi identificada apenas uma nova publicação relacionada a abordagens de apoio a alterações em processos definidos para projetos em execução.

A Tabela 5.2 contém todos os novos estudos retornados na reexecução da pesquisa e em que etapa foram selecionados.

Tabela 5.2 - Publicações retornadas em Abril de 2012

Referência	1º Filtro	2º Filtro
BOUCHAALA, O., SELLAMI, M., GAALLOUL, W., <i>et al.</i> , 2011, "Graph-based management of communities of Web service registries", pp. 61-70, Noordwijkerhout, Netherlands.	-	-
HEER, T., HELLER, M., WESTFECHTEL, B., <i>et al.</i>, 2010, "Tool support for dynamic development processes", v. 5765 LNCS, pp. 621-654.	✓	✓
KANG, P., SELVARASU, N.K.C., RAMAKRISHNAN, N., <i>et al.</i> , 2010, "Dynamic tuning of algorithmic parameters of parallel scientific codes", v. 1, pp. 145-153, Amsterdam, Netherlands.	-	-
KAZEROUNI, A.M., ACHICHE, S., HISARCIKLILAR, O., <i>et al.</i> , 2011, "Influence of the time perspective on new product development success indicators", v. 3, pp. 40-51, Copenhagen, Denmark.	-	-
KRAMMER, P., NEEF, D., PLAPPER, P., 2011, "Advanced manufacturing technologies for general assembly". In: <i>SAE 2011 World Congress and Exhibition</i> .	-	-
KUMAR, D., 2010, "Performance enhancement of software process models", v. 2, pp. V2384-V2387, San Juan, PR, United states.	✓	-
LAHAMI, M., KRICHEN, M., JMAIEL, M., <i>et al.</i> , 2010, "A generic process to build reliable distributed software components from early to late stages of software development", pp. 287-292, Cairo, Egypt.	✓	-
LANE, S., BUCCHIARONE, A., RICHARDSON, I., 2012, "SOAdapt: A process reference model for developing adaptable service-based applications", <i>Information and Software Technology</i> , v. 54, n. 3, pp. 299-316.	-	-
LANGER, S., HERBERG, A., KORBER, K., <i>et al.</i> , 2010, "Development of an explanatory model of cycles within development processes by integrating process and context perspective". In: <i>IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i> , pp. 1796-1800.	✓	-
LI, C., VAN DEN AKKER, M., BRINKKEMPER, S., <i>et al.</i> , 2010, "An integrated approach for requirement selection and scheduling in software release planning", <i>Requirements Engineering</i> , v. 15, n. 4, pp. 375-396.	✓	-
LIANG, S.L., ZHAO, Q.J., LI, X.C., <i>et al.</i> , 2011, "Dynamic analysis of Ca 2+ level during bovine oocytes maturation and early embryonic development", <i>Journal of Veterinary Science</i> , v. 12, n. 2, pp. 133-142.	-	-

Referência	1º Filtro	2º Filtro
LIU, F., TIAN, M., WANG, C.X., <i>et al.</i> , 2012, "Observation on fruit growth dynamics and embryo development process of <i>Cypripedium japonicum</i> ", <i>Journal of Plant Resources and Environment</i> , v. 21, n. 1, pp. 28-35.	-	-
MACIEL, R.S.P., DA SILVA, B.C., MAGALHÃES, A.P.F., 2010, "Applying and evaluating an MDA process modeling approach". In: <i>ICEIS 2010 - Proceedings of the 12th International Conference on Enterprise Information Systems</i> , v. 3 ISAS, pp. 185-190.	Não disponível	-
MAUSS, F.J., 2011, "Asset health monitors - Development, sustainment, advancement", v. 7981, pp. The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE); American Society of Mechanical Engineers; KAIST; Asian-Pac. Netw. Cent. Res. Smart Struct. Technol. (ANCRiSST), San Diego, CA, United states.	-	-
NIKOLAEV, P., AYESH, A., CHERNIKOVA, Y., 2011, "Policy-based HTN planning techniques for Combined Course Programmes generation", pp. 457-464, Wrexham, Wales, United kingdom.	-	-

A.6. Avaliação dos Resultados do Estudo

Baseado nas informações extraídas das publicações selecionadas, foi possível responder à maioria das questões de pesquisa formuladas na seção A.2.5.

Com relação à questão principal “Quais trabalhos têm sido propostos e/ou utilizados para tratar alterações no processo de desenvolvimento durante a execução do projeto?” foi observado que existem poucas abordagens publicadas que tratam do assunto, apenas 12. Alguns dos trabalhos identificados consideram evolução dinâmica como sendo alterações que ocorrem no processo definido para um projeto. Outros consideram como sendo a definição do processo ao longo da execução do projeto. Nesta última, o processo planejado não apresenta todas as atividades a serem executadas ao longo do projeto.

A primeira questão secundária “A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?” tinha como investigar se havia alguma proposta que oferecia algum auxílio na identificação das alterações que poderiam ser implementadas no processo (por exemplo, adição de nova atividade, alteração de uma atividade existente, exclusão de uma atividade etc.). Foram identificadas 2 abordagens que propõem alguma forma de auxílio. PEIWEI e SCACCHI (1991) propõem a reutilização de conhecimento de desenvolvimento de software e tratamento de exceções sob a forma de heurísticas. Com base nos sintomas do problema, possíveis soluções são identificadas por meio de heurísticas de seleção. Em

(BHANDARI *et al.*, 1993b) é definida uma proposta para melhoria de processos baseada em defeitos, que auxilia a identificação de alterações em processos. O primeiro passo da proposta é classificar os defeitos. O segundo passo é a análise dos dados de defeitos por meio de AF (*attribute focusing*), que provê uma maneira sistemática para um especialista de domínio analisar dados que são classificados por vários atributos distintos. Já em (BEYDEDA e GRUHN, 2004) um algoritmo gerencia, com base no cronograma, três listas de atividades: atividades em execução, atividades em espera e atividades executadas. Os resultados desse algoritmo podem ser utilizados para alguns tipos de otimização. Uma atividade em espera pode indicar que a duração de uma instância de processo pode ser reduzida pela sincronização das atividades predecessoras. Uma instância de processo também pode ser melhorada analisando as atividades que aparecem com frequência na lista de atividades executadas.

Na segunda questão secundária de pesquisa (A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?) buscava-se observar se as abordagens identificadas preocupavam-se em avaliar o impacto da alteração nos objetivos do projeto antes de implementá-la. O estudo revelou que apenas duas propostas ofereciam algum apoio neste sentido. BEYDEDA e GRUHN (2004) apresentam um sistema para evolução de processo de software com ênfase em aspectos de apoio à tomada de decisão. A partir do cronograma, distribuição de probabilidade é extraída para dois parâmetros de processo: *throughput time* (tempo necessário para concluir o processo) e custo total (custos do processo até a sua conclusão). A análise de riscos é realizada por meio medidas estatísticas, como por exemplo, valor esperado e variância. Em (RAFFO, 2005) é proposto um framework de apoio à gerência quantitativa de projeto, que utiliza modelos de simulação para avaliar tanto alternativas de processo na fase de planejamento como possíveis alterações na fase de monitoração. Algumas abordagens consideram análise de impacto como sendo a verificação de consistência do processo, mas este não era o foco desta questão.

Em relação à terceira questão secundária “A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?”, apenas o trabalho descrito em (BEYDEDA e GRUHN, 2004) propões a utilização de uma técnica estatística (distribuição de probabilidade) para avaliar o impacto da mudança.

Com relação à questão secundária “A proposta possui apoio ferramental?” foi observado que, das 12 abordagens identificadas, 10 possuem ferramenta para apoiar a evolução dinâmica de processos. São elas: (PEIWEI e SCACCHI, 1991; BHANDARI *et al.*, 1993b; BELKHATIR e MELO, 1994; AVRILIONIS *et al.*, 1996; BOLCER e TAYLOR, 1996; CHOU e CHEN, 1999; CHOU e JASON CHEN, 2000; REIS *et al.*, 2002; BEYDEDA e GRUHN, 2004; KABBAJ *et al.*, 2008b). Todas as ferramentas tratam-se de ambientes de engenharia do software orientados a processos (PSEE), que incluem modelagem, execução e evolução dinâmica de processos. Os trabalhos consideram que, devido a influências externas que podem afetar os projetos em execução, este tipo de ambiente, para ser completo, deve oferecer recursos que possibilitem alterações no processo durante sua execução.

A quinta questão secundária “A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?” preocupou-se em identificar quais abordagens foram aplicadas em uma situação real. Embora seja fortemente sugerido que pesquisadores da área de Engenharia de Software adotem os princípios da Engenharia de Software baseada em Evidências (KITCHENHAM *et al.*, 2004), dos 12 trabalhos identificados, apenas a proposta publicada em (BHANDARI *et al.*, 1993b) apresentara os resultados da execução de um estudo de caso. As propostas publicadas em (HEER *et al.*, 2010) e (REIS *et al.*, 2002), embora afirmem terem sido aplicadas em diversos domínios, não apresentam os estudos de caso.

A última questão de pesquisa “Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?” buscava identificar o nível de maturidade das empresas que utilizaram a proposta com o intuito de saber se tinham implementado algum processo de avaliação e melhoria de processos. No entanto, as publicações selecionadas não traziam esta informação.

A Tabela 6.1 traz um comparativo das abordagens identificadas com base nas questões de pesquisa. Como conclusão deste estudo de mapeamento sistemático é possível verificar que existem poucos estudos relacionados tanto ao apoio à identificação de tipos de alteração no processo como à avaliação de impacto da alteração.

Tabela 6.3 - Características das abordagens selecionadas

Proposta	Apoio à análise de tipos de alteração	Avaliação do impacto da alteração	Utilização de técnicas estatísticas	Ferramenta de apoio	Aplicação em um caso real	Modelo de maturidade adotado
Articulator (PEIWEI e SCACCHI, 1991)	✓	-	-	✓	-	-
Baseada em Defeitos (BHANDARI <i>et al.</i> , 1993a)	✓	-	-	-	✓	-
Tempo (BELKHATIR e MELO, 1994)	-	-	-	✓	-	-
Pynode (AVRILIONIS <i>et al.</i> , 1996)	-	-	-	✓	-	-
Endeavors (BOLCER e TAYLOR, 1996)	-	-	-	✓	-	-
MILOS (MAURER <i>et al.</i> , 2000)	-	-	-	✓	-	-
Ambiente CSPL (CHOU e CHEN, 2000)	-	-	-	✓	-	-
APSEE (REIS <i>et al.</i> , 2002)	-	-	-	✓	✓	-
PIE (BEYDEDA e GRUHN, 2004)	✓	✓	✓	✓	-	-
PROMPT (RAFFO, 2005)	-	✓	-	-	-	-
DM_PSEE (KABBAJ <i>et al.</i> , 2008a)	-	-	-	✓	-	-
AHEAD (HEER <i>et al.</i> , 2010)	-	-	-	✓	-	-

A.7. Informações Extraídas dos Estudos Selecionados

Esta seção apresenta as informações obtidas por meio da execução do estudo.

A Tabela 7.1 contém os valores obtidos a partir das medidas definidas no protocolo.

Tabela 7.1 - Valores coletados para as medidas extraídas dos estudos selecionados

Medida	Valor
Quantidade de abordagens identificadas	12
Quantidade de abordagens que apoiam a análise de possíveis tipos de alteração no processo	2
Quantidade de abordagens que avaliam o impacto da alteração do processo nos objetivos do projeto	2
Quantidade de abordagens que usam técnicas estatísticas	1
Quantidade de abordagens que apresentam apoio ferramental para alteração de processo em execução em um projeto	9
Quantidade de propostas que foram aplicadas em um caso real	2

Abaixo podem ser encontradas as informações extraídas a partir da leitura de cada um dos 14 artigos selecionados.

Referência Completa
PEIWEI, M., SCACCHI, W., 1991, "Articulation: Supporting Dynamic Evolution Of Software Engineering Processes". In: <i>Software Process Workshop, 1991. Communication and Coordination in the Software Process., Proceedings of the 7th International</i> , pp. 94-98, 15-18 Oct 1991.
Resumo do Trabalho
Articulator é um ambiente baseado em conhecimento que modela processos de software. O ambiente é formado por um conjunto de classes, que representam tipos de recursos utilizados no desenvolvimento de software, como: (i) desenvolvedor individual com capacidade de resolver problemas; (ii) organizações; (iii) tarefas de desenvolvimento; (iv) ferramentas de desenvolvimento; (v) <i>workplaces</i> com recursos embutidos. Estes objetos representam o conjunto de elementos a serem utilizados na modelagem de processos. O ambiente dá suporte a execuções de processos, tratando interrupções durante o desenvolvimento. Estas interrupções ocorrem quando o desenvolvedor não consegue executar determinada atividade da forma como foi planejada. Uma vez que seja detectado um problema no processo em execução, o ambiente faz uso de um conjunto de heurísticas para identificar possíveis soluções. Cada possível solução é avaliada para que a mais adequada seja escolhida. Quando uma solução é selecionada com frequência, é estudada a possibilidade de incorporar a alteração ao processo padrão.
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Sim. A proposta reutiliza conhecimento de desenvolvimento de software e tratamento de exceções sob a forma de heurísticas. Com base nos sintomas do problema, possíveis soluções são identificadas por meio de heurísticas de seleção.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não informado.

Referência Completa
BHANDARI, I., HALLIDAY, M., TARVER, E., <i>et al.</i> , 1993a, "Case study of software process improvement during development", <i>IEEE Transactions on Software Engineering</i> , v. 19, n. 12, pp. 1157-1170.
Resumo do Trabalho
O trabalho apresenta um método de alteração no processo em execução com base nos defeitos detectados ao longo do desenvolvimento. O primeiro passo do método é a classificação de defeitos de software por meio de atributos que relacionam defeitos a atividades específicas de processo. Essa classificação captura a semântica dos defeitos de uma forma útil para a correção de processo. O segundo passo é o uso de um instrumento para descoberta de conhecimento, que faz uso de AF (<i>attribute focusing</i>) para gerar e interpretar gráficos de dados de defeitos. AF provê uma maneira

sistemática para um especialista de domínio analisar dados que são classificados por vários atributos distintos.
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Sim. Com base na classificação de defeitos e no uso de AF (<i>attribute focusing</i>) para descoberta de conhecimento.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Não.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Sim. Foi realizado um estudo de caso com um equipe de 25 pessoas de um projeto que desenvolvia produtos para sistemas operacionais. O estudo revelou que a análise de dados de defeitos pode levar uma equipe de projeto a melhorar o processo durante o desenvolvimento.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
BELKHATIR, N., MELO, W.L., 1994, "Evolving software processes by tailoring the behavior of software objects". In: <i>Software Maintenance, 1994. Proceedings, International Conference on</i> , pp. 212-221, 19-23 Sep 1994.
Resumo do Trabalho
O trabalho apresenta um POSE (<i>process-oriented software engineering environment</i>), chamado Tempo, onde processos são formalmente descritos em um esquema de processos orientado a objetos. O ambiente Tempo consiste dos seguintes componentes: (i) um gerenciador de recursos; (ii) um gerenciador de atividades, guiado por regras TECA (<i>temporal-event-condition-action</i>), que expressam políticas de desenvolvimento de software (ordem de atividades, restrições sobre o uso de recursos etc.); e (iii) um gerenciador de processos. Oferece suporte à evolução do processo durante sua execução por meio de adição dinâmica de tipos de papel (sub-processo, por exemplo). A consistência do processo é garantida por meio de regras TECA (<i>temporal-event-condition-action</i>), que controlam o fluxo entre as instâncias de papéis. Além disso, durante a evolução dinâmica, o ambiente também impõe as seguintes restrições: (i) subprocessos só podem ser adicionados ao esquema se não alterarem o grafo dos subprocessos existentes; (ii) subprocessos não podem ser removidos do esquema.
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.

Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
AVRILIONIS, D., BELKHATIR, N., CUNIN, P.Y., 1996, "A unified framework for software process enactment and improvement". In: <i>Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the</i> , pp. 102-111, 2-6 Dec 1996.

Resumo do Trabalho
O projeto Pynode propõe o uso de componentes de processo para definir processos. O ambiente permite tanto o desenvolvimento de processos orientado a componentes como a configuração de modelo de processo (por meio de composição dinâmica). Distingue dois níveis de comunicação que separam componentes de processo de composição de processo. Um comportamento de componente é descrito por uma PML e sua execução é guiada por um mecanismo que interpreta essa PML. O nível de execução de processo foca em como componentes reutilizáveis podem ser interconectados para torná-los executáveis dentro do contexto do processo. Para tal, é utilizado o conceito de visão de execução. A diferença entre um componente e uma visão é que o primeiro é considerado uma entidade atômica que não pode ser modificada. Já o segundo, é utilizado para descrever partes mais dinâmicas do processo, cuja estrutura não é completamente definida no início da execução.

A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.

A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.

A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.

A proposta possui apoio ferramental?
Sim.

A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.

Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
BOLCER, G.A., TAYLOR, R.N., 1996, "Endeavors: a process system integration infrastructure". In: <i>Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the</i> , pp. 76-89, 2-6 Dec 1996.

Resumo do Trabalho
Endeavors permite definição e especialização orientada a objetos de atividades, artefatos e recursos associados a um processo de desenvolvimento de software. Sua arquitetura levou em consideração características como componentização, comunicação baseada em eventos, modelo de objeto reflexivo e carregamento dinâmico para permitir alteração do comportamento do processo durante a execução.

A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.

A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.

A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
CHOU, S.C., CHEN, J.Y.J., 1999, "Process evolution support in concurrent software process language environment", <i>Information and Software Technology</i> , v. 41, n. 8, pp. 507-524.
Resumo do Trabalho
O ambiente CSPL (<i>Concurrent Software Process Language</i>) dá suporte à evolução de processo durante a sua execução. Para gerenciar a mudança, a ferramenta registra o estado atual do processo, no qual ela se baseia para realizar a análise do impacto da mudança, identificando os componentes afetados pela mudança por meio de uma árvore de subprocessos e seus relacionamentos com os produtos de trabalho gerados. Uma vez identificados, o usuário recebe um relatório dos componentes afetados pela mudança.
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
MAURER, F., DELLEN, B., BENDECK, F., <i>et al.</i> , 2000, "Merging project planning and Web enabled dynamic workflow technologies", <i>Internet Computing, IEEE</i> , v. 4, n. 3, pp. 65-74.
Resumo do Trabalho
MILOS combina orientação de processos ativos inerentes a abordagens de <i>workflow</i> com a flexibilidade e acesso à informação, essenciais a projetos de desenvolvimento de software. A ferramenta armazena o estado do projeto e de seus entregáveis criados durante a execução do processo. Ele encominha novas versões de produtos de trabalho aos membros apropriados e gera <i>to-do lists</i> que proveem visões personalizadas para cada membro da equipe do projeto. Seu mecanismo de <i>workflow</i> permite mudanças na definição do processo enquanto ele está sendo executado. Os efeitos da mudança são avaliados apenas com o intuito de prevenir inconsistências no projeto. Na ocorrência de alguma mudança, eventos são gerados para que o estado do <i>workflow</i> seja atualizado. Além disso, notificações podem ser enviadas por e-

mail àqueles cujo trabalho foi afetado pela mudança. Para tal, é adotado o paradigma de regras ECA (<i>Event-Condition-Action</i>).
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
CHOU, S.C., JASON CHEN, J.Y., 2000, "Process program change control in a process environment", <i>Software - Practice and Experience</i> , v. 30, n. 3, pp. 175-197.
Resumo do Trabalho
Este artigo apresenta a evolução do ambiente CSPL, que acrescentou um mecanismo de controle de mudança executado em sete passos: <ul style="list-style-type: none"> • Passo 1: CSPL suspende a execução do processo para que seja alterado e armazena o seu estado no <i>Object Management System</i> (OMS) para análise de impacto. • Passo 2: CSPL guia o gerente de projeto para definir um plano de mudança. • Passo 3: CSPL, juntamente com o gerente do projeto, analisa os impactos das mudanças. • Passo 4: O gerente de projeto estima o esforço necessário para a mudança e decide se o plano de mudança é aceitável. Se não, retorna ao Passo 2. • Passo 5: CSPL guia programadores de processos na alteração do processo de acordo com o plano de mudança. • Passo 6: CSPL guia desenvolvedores para lidar com o impacto da mudança. • Passo 7: CSPL retorna a execução do processo alterado.
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não informado.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa

REIS, C.A.L., REIS, R.Q., ABREU, M., <i>et al.</i> , 2002, "Flexible software process enactment support in the APSEE model". In: <i>Human Centric Computing Languages and Environments, 2002. Proceedings. IEEE 2002 Symposia on</i> , pp. 112-121, 2002.
Resumo do Trabalho
<p>APSEE é um <i>framework</i> para gerência automatizada de processo de software, que contempla as características inerentes à gerência de processos de software flexíveis.</p> <p>O meta-modelo baseia-se no paradigma baseado em atividade, descrevendo um processo como uma coleção de atividades parcialmente ordenadas.</p> <p>O projeto APSEE tem como objetivo prover flexibilidade à gerência de ambientes dinâmicos. Neste trabalho, regras de Gramática de Grafos foram utilizadas para definir tanto regras sintáticas como regras semânticas para definições de processos. Nas alterações do processo durante sua execução, estas regras visam prevenir inconsistências no processo para prevenir que as mudanças introduzam <i>deadlocks</i> ou afetem atividades concluídas.</p>
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Não.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Sim. O artigo informa que o <i>framework</i> foi aplicado em pequenas organizações de software. No entanto, os resultados dos estudos não foram apresentados.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
BEYDEDA, S., GRUHN, V., 2004, "Dynamic evolution of software processes to evolve software systems during their development", <i>Software Process Improvement and Practice</i> , v. 9, n. 4, pp. 229-238.
Resumo do Trabalho
<p>O trabalho apresenta um sistema para avaliar o impacto de evoluções dinâmicas de processo de software com ênfase em aspectos de apoio à tomada de decisão, chamado PIE (<i>Process Instance Evolution</i>). A partir do cronograma, distribuição de probabilidade é extraída para dois parâmetros de processo: duração (tempo necessário para concluir o processo) e custo total (custos do processo até a sua conclusão). A análise de riscos é realizada por meio medidas estatísticas, como por exemplo, valor esperado e variância.</p>
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
<p>Sim. A proposta apresenta um algoritmo que gerencia, com base no cronograma, três listas de atividades: atividades em execução, atividades em espera e atividades executadas. Os resultados desse algoritmo podem ser utilizados para alguns tipos de otimização. Uma atividade em espera pode indicar que a duração de uma instância de processo pode ser reduzida pela sincronização das atividades predecessoras. Uma instância de processo também pode ser melhorada analisando as atividades que aparecem com frequência na lista de atividades executadas.</p>
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Sim. O impacto é avaliado por meio de modelos de análise de riscos gerado a partir de

dados históricos.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Sim. A abordagem faz uso de distribuições de probabilidade, que permitem a extração de medidas estatísticas, utilizadas como medidas de risco.
A proposta possui apoio ferramental?
Sim.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
RAFFO, D.M., 2005, "Software project management using PROMPT: A hybrid metrics, modeling and utility framework", <i>Information and Software Technology</i> , v. 47, n. 15, pp. 1009-1017.
Resumo do Trabalho
PROMPT foi projetado para ser um <i>framework</i> interativo para melhorias em processos em execução. Para tal, ele utiliza OBLC (<i>Outcome Based Control Limits</i>), funções de utilidade e medidas de desempenho financeiro (por exemplo, retorno de investimento (ROI), valor presente líquido (NVP) etc.). Na fase de planejamento, um modelo de simulação quantitativo auxilia na tomada de decisão, prevendo o desempenho de cada alternativa de processo. Durante a execução do projeto, dados atualizados alimentam parâmetros do modelo, provendo uma previsão mais precisa da trajetória atual e resultados esperados do projeto. Quando uma ação corretiva se torna necessária para tratar desvios no projeto, o modelo pode ser utilizado para identificar a melhor ação dentre um conjunto de escolhas possíveis.
A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?
Não.
A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?
Sim. O impacto é avaliado por meio de modelos de simulação, que consegue prever o desempenho das alternativas de processo em cada medida de desempenho, além de prever o risco ou variabilidade associada aos valores esperados.
A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?
Não informado.
A proposta possui apoio ferramental?
Não.
A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?
Não.
Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?
Não.

Referência Completa
KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2007, "A deviation-tolerant approach to software process evolution", pp. 75-78, Dubrovnik, Croatia.
Resumo do Trabalho

Proposta baseada na detecção e gerência de desvios de processo. Nela, dois modelos de processo coexistem: um modelo de processo predefinido, que guia o desenvolvimento do software, e um modelo de software observado, que é dinamicamente construído por meio da observação das ações dos executores do processo. São considerados desvios as operações executadas que violam as restrições do processo, representadas via lógica de primeira ordem. Ou seja, desvios são as operações que não podem ser deduzidas pela representação lógica. Uma vez que um desvio é detectado, regras de tolerância a desvios associadas ao processo predefinido são utilizadas para decidir se aceita ou rejeita o desvio.

A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?

Não.

A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?

Não.

A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?

Não.

A proposta possui apoio ferramental?

Sim.

A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?

Não informado.

Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?

Não.

Referência Completa

KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2008, "A deviation management system for handling software process enactment evolution", v. 5007 LNCS, pp. 186-197.

Resumo do Trabalho

Este artigo descreve a mesma proposta apresentada em (KABBAJ *et al.*, 2007), porém, com mais detalhes e apresenta o protótipo da ferramenta.

A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?

Não.

A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?

Não.

A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?

Não.

A proposta possui apoio ferramental?

Sim. Um protótipo.

A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?

Não informado.

Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?

Não.

Referência Completa

HEER, T., HELLER, M., WESTFECHTEL, B., *et al.*, 2010, "Tool support for dynamic development processes", v. 5765 LNCS, pp. 621-654.

Resumo do Trabalho

O sistema de gerência de processos AHEAD (*Adaptable and Human-centered Environment for the mAnagement of Development processes*) apoia a gestão integrada de produtos,

atividades e recursos para processos de desenvolvimento dinâmicos. Seu ambiente de gerência auxilia gerentes de projetos a planejar, analisar, monitorar e controlar processos de desenvolvimento, disponibilizando ferramentas gráficas para gerência de atividades, gerência de produtos e gerência de recursos. A ferramenta permite mudanças dinâmicas, como, adicionar e excluir atividades, enquanto o processo está sendo executado. Baseado no estado de execução do processos, restrições mínimas são impostas, como, por exemplo, não é permitido excluir uma atividade que já foi executada.

A proposta auxilia o gerente de projeto a analisar possíveis tipos de alteração no processo? Como?

Não.

A proposta avalia o impacto da alteração nos objetivos do projeto? Como?

Não.

A proposta aplica alguma técnica estatística? Qual?

Não.

A proposta possui apoio ferramental?

Sim.

A proposta foi aplicada em uma situação real? Como?

Não informado.

Foi mencionada a adoção de um modelo de maturidade na organização que utilizou a proposta apresentada? Qual?

Não.

Referências Bibliográficas

- AVRILIONIS, D., BELKHATIR, N., CUNIN, P.Y., 1996, "A unified framework for software process enactment and improvement". In: *Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the*, pp. 102-111, 2-6 Dec 1996.
- BASIL, V.R., ROMBACH, H.D., 1988, "The TAME project: towards improvement-oriented software environments", *Software Engineering, IEEE Transactions on*, v. 14, n. 6, pp. 758-773.
- BELKHATIR, N., MELO, W.L., 1994, "Evolving software processes by tailoring the behavior of software objects". In: *Software Maintenance, 1994. Proceedings., International Conference on*, pp. 212-221, 19-23 Sep 1994.
- BEYDEDA, S., GRUHN, V., 2004, "Dynamic evolution of software processes to evolve software systems during their development", *Software Process Improvement and Practice*, v. 9, n. 4, pp. 229-238.
- BHANDARI, I., HALLIDAY, M., TARVER, E., *et al.*, 1993a, "Case study of software process improvement during development", *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 19, n. 12, pp. 1157-1170.
- BHANDARI, I., HALLIDAY, M., TARVER, E., *et al.*, 1993b, "A case study of software process improvement during development", *Software Engineering, IEEE Transactions on*, v. 19, n. 12, pp. 1157-1170.
- BOLCER, G.A., TAYLOR, R.N., 1996, "Endeavors: a process system integration infrastructure". In: *Software Process, 1996. Proceedings., Fourth International Conference on the*, pp. 76-89, 2-6 Dec 1996.
- CHOU, S.C., CHEN, J.Y.J., 1999, "Process evolution support in concurrent software process language environment", *Information and Software Technology*, v. 41, n. 8, pp. 507-524.
- CHOU, S.C., CHEN, J.Y.J., 2000, "Process program change control in a process environment", *Software: Practice and Experience*, v. 30, n. 3, pp. 175-197.
- CHOU, S.C., JASON CHEN, J.Y., 2000, "Process program change control in a process environment", *Software - Practice and Experience*, v. 30, n. 3, pp. 175-197.
- HEER, T., HELLER, M., WESTFECHTEL, B., *et al.*, 2010, "Tool support for dynamic development processes", v. 5765 LNCS, pp. 621-654.
- KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2008a, "A deviation management system for handling software process enactment evolution", v. 5007 LNCS, pp. 186-197.
- KABBAJ, M., LBATH, R., COULETTE, B., 2008b, "A Deviation Management System for Handling Software Process Enactment Evolution", *Making Globally Distributed Software Development a Success Story*, Springer Berlin / Heidelberg.

- KITCHENHAM, B.A., DYBA, T., JORGENSEN, M., 2004, "Evidence-based software engineering". In *Proceedings: International Conference on Software Engineering, 2004. ICSE 2004*. 26th, pp. 273-281, 23-28 May 2004.
- KITCHENHAM, B.A., CHARTERS, S., 2007, *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*, EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.
- MAURER, F., DELLEN, B., BENDECK, F., *et al.*, 2000, "Merging project planning and Web enabled dynamic workflow technologies", *Internet Computing, IEEE*, v. 4, n. 3, pp. 65-74.
- OLIVEIRA, O.J., 2003, "Gestão da Qualidade: Introdução à História e Fundamentos". In: PIONEIRA, T. (eds), *Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados*.
- PAI, M., MCCULLOCH, M., , GORMAN, J.D., *et al.*, 2004, "Systematic reviews and meta-analyses: An illustrated, step-by-step guide", *The National Medical Journal of India*, v. 17, n. 2, pp. 86-95.
- PEIWEI, M., SCACCHI, W., 1991, "Articulation: Supporting Dynamic Evolution Of Software Engineering Processes". In: *Software Process Workshop, 1991. Communication and Coordination in the Software Process., Proceedings of the 7th International*, pp. 94-98, 15-18 Oct 1991.
- RAFFO, D.M., 2005, "Software project management using PROMPT: A hybrid metrics, modeling and utility framework", *Information and Software Technology*, v. 47, n. 15, pp. 1009-1017.
- REIS, C.A.L., REIS, R.Q., ABREU, M., *et al.*, 2002, "Flexible software process enactment support in the APSEE model". In: *Human Centric Computing Languages and Environments, 2002. Proceedings. IEEE 2002 Symposia on*, pp. 112-121, 2002.
- SEI, 2010, "CMMI for Development", v. Version 1.3.
- SOFTEX, 2011a, "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia de Implementação - Parte 3: Fundamentação para Implementação do Nível E do MR-MPS".
- SOFTEX, 2011b, "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro, Guia Geral".
- WU, Y., HUANG, Y., CHEN, W., 2011a, "Construction project bid evaluation optimization model based on the method of ELECTRE- I". In: *2011 IEEE 18Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM)*, v. Part 3, pp. 1660-1663, Changchun, China, 3-5 Sept. 2011.
- WU, Y., HUANG, Y., HUANG, X., 2011b, "Research on bid evaluation optimal model of engineering project based on ELECTRE-II". In: *2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*, pp. 1365-1368, Zhengzhou, China, 8-10 Aug. 2011.
- YOON, K.P., HWANG, C.-L., 1995, *Multiple Attribute Decision Making: an Introduction* Thousand Oaks, California, SAGE Publications, Inc.

ZELENÝ, M., 2005, *Human systems management: integrating knowledge, management and systems* Danvers, MA, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

ZHANG, T., YUAN, J., 2005, "Decision-aid for power distribution system planning problems using ELECTRE III". In: *The 7th International Power Engineering Conference, 2005. IPEC 2005.*, pp. 1-317, Niigata, Japan, Nov. 29 2005-Dec. 2 2005.

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Sr(a).,

Como parte de uma pesquisa de mestrado, uma proposta para avaliação prévia de oportunidades melhorias em processos de software foi desenvolvida e está sendo avaliada experimentalmente. **Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa** que estudará os resultados de utilização desta proposta em uma avaliação prévia de oportunidades de melhorias em um processo da organização. O objetivo da pesquisa é avaliar se a proposta é adequada (aplicável) e identificar pontos que precisam ser aperfeiçoados. Sua participação na pesquisa não é obrigatória.

1) Procedimento

A pesquisa será realizada em duas etapas.

Na primeira etapa pedimos que escolha o processo a ser melhorado, defina alternativas de processo que podem tratar uma determinada necessidade de melhoria, responda sobre sua experiência em determinados tópicos, escolha a alternativa de processo que você considera mais adequada e, por fim, descreva o que levou em consideração na escolha da alternativa.

Na segunda etapa você será convidado a utilizar a proposta deste trabalho. Para tal, será disponibilizado um mecanismo de apoio desenvolvido para apoiar a proposta. Você receberá orientações sobre como realizar as atividades. Desta forma, para participar deste estudo solicito a sua especial colaboração em: (1) responder um formulário de pré-execução, (3) participar de um treinamento para aplicação da proposta, (4) executar as atividades selecionadas do processo da proposta, (5) permitir que os dados resultantes da sua avaliação sejam estudados, (6) informar o tempo gasto com a execução da proposta e (7) responder um formulário pós-execução.

Estima-se, para a primeira etapa, uma duração de 15 minutos e, para a segunda etapa, uma duração de 40 a 60 minutos.

2) Tratamento de possíveis riscos e desconfortos

Serão tomadas todas as providências durante a coleta de dados de forma a garantir a sua privacidade e seu anonimato. Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente a atividades de pesquisa relacionadas à proposta, não sendo utilizados em qualquer forma de avaliação profissional ou pessoal.

3) Benefícios e Custos

Espera-se que a participação neste estudo lhe seja benéfica, visto que você terá contato com mais uma alternativa para avaliar oportunidades de melhoria antes de implementá-las de fato. Este estudo também contribuirá com resultados importantes para a pesquisa de um modo geral nas áreas de Engenharia de Software, principalmente na área de Processo de Software.

Você não terá nenhum gasto ou ônus com a sua participação no estudo e também não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à participação na pesquisa.

4) Confidencialidade da Pesquisa

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome e o da sua organização não serão identificados de modo algum, a não ser em caso de autorização explícita para esse fim.

5) Participação

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor notificar um pesquisador responsável. Os pesquisadores responsáveis pelo estudo poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre o mesmo, assim como tirar dúvidas, bastando entrar em contato pelos seguintes emails:

Pesquisadora: Mylene Lisbôa Cabral – mylene@cos.ufrj.br – PESC/COPPE/UFRJ

Professora orientadora: Ana Regina Rocha – darocha@centroin.com.br – PESC/COPPE/UFRJ

Professor orientador: Gleison Santos – gleison@pobox.com – UNIRIO

Muito obrigada!

Mylene Cabral, Ana Regina Rocha e Gleison Santos

APÊNDICE C - MODELOS DOS FORMULÁRIOS DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Neste Apêndice são apresentados os modelos dos formulários pré-execução e pós-execução que foram preenchidos pelos participantes dos estudos de caso.

C.1. Formulário Pré-Execução

Obrigada por considerar participar do nosso estudo. Por favor, leia atentamente a descrição da pesquisa e o termo de consentimento disponíveis em:

https://docs.google.com/document/d/1b9rmN4F89quhI_4PFTfdq8wmDavPEjeQm7K8RIUyHvI/edit

Caso concorde em participar, antes de preencher o formulário, marque a declaração de consentimento.

***Obrigatório**

Declaração de consentimento *

Eu declaro ter lido o Termo de Consentimento e entendo que, uma vez que tenha terminado a minha participação no estudo, seus resultados serão estudados visando aumentar o conhecimento sobre a proposta utilizada. Também entendo que sou livre para realizar perguntas a qualquer momento, solicitar que qualquer informação a mim relacionada não seja incluída no estudo ou comunicar minha desistência de participação, sem qualquer penalidade. Declaro ter mais de 18 anos e dou meu consentimento de livre e espontânea vontade de participar deste estudo.

Nome: *

Seu nome

Empresa: *

Nome da empresa a qual está representando

Caracterização do Participante

Nível de formação acadêmica: *

Graduação Mestrado Doutorado

Formação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Certificação profissional:

- PMP
- Implementador do MPS.BR
- Avaliador Adjunto do MPS.BR
- Avaliador Líder do MPS.BR
- Outro:

Nível de experiência em melhoria em processos *

- Nenhum (nunca participou de atividades de melhoria em processos)
- Baixo (possui conhecimento teórico e participou do planejamento e avaliação de algum ciclo de melhorias)
- Intermediário (possui grande conhecimento teórico e participou do planejamento e avaliação de, pelo menos, 03 ciclos de melhorias)
- Alto (possui grande conhecimento teórico e participou do planejamento e avaliação de mais de 03 ciclos de melhorias)

Anos de experiência em melhorias em processos: *

(0, se nenhum)

Questões pré-execução

1. Você faz parte do Grupo de Processos? *

- Sim
- Não

Se sim, qual o seu envolvimento?

- Atuo como líder
- Participo apenas das discussões

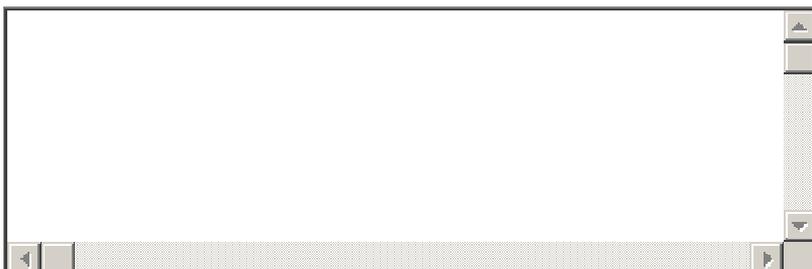
2. Você assume algum papel no processo a ser melhorado? *

- Sim

Não

Se sim, qual?

3. O que você levou em consideração ao escolher o processo mais adequado? *



Enviar

Tecnologia [Google Docs](#)

[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

C.2. Formulário Pós-Execução

O formulário abaixo tem como objetivo obter opiniões e considerações quanto à utilização da proposta para avaliar previamente oportunidades de melhorias em processos. O tempo previsto para o preenchimento do formulário é de 20 minutos.

***Obrigatório**

Nome: *

Seu nome

Empresa: *

Nome da empresa a qual está representando

1. Você considera factível o tempo despendido na execução da proposta? *

Sim

Não

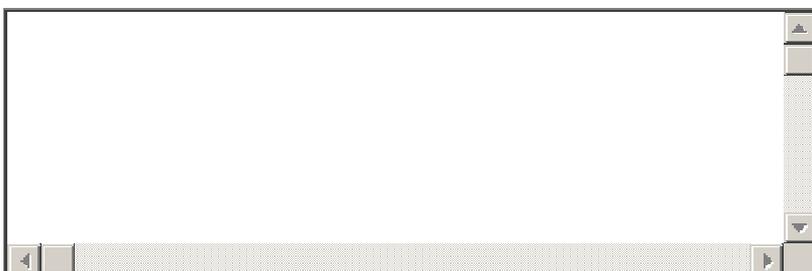
Justifique: *

A large, empty rectangular text box with a thin black border. It has a scroll bar on the right side and a horizontal scroll bar at the bottom, indicating it is a multi-line text area.

2. Como você classifica o grau de dificuldade de execução da proposta? *

- Muito fácil
- Fácil
- Mediano
- Difícil
- Muito difícil

3. Em sua opinião, quais aspectos da proposta tornam a sua execução fácil/difícil de usar? *

A large, empty rectangular text box with a thin black border. It has a scroll bar on the right side and a horizontal scroll bar at the bottom, indicating it is a multi-line text area.

4. Como a proposta auxiliou a identificar o processo mais adequado? *

- Negativamente
- Indiferentemente
- Positivamente

Justifique: *

An empty rectangular text box with a light gray background and a thin black border. It features standard scrollbars on the right and bottom edges.

5. Em que tipos de situações você acha que a proposta auxiliaria a tomada de decisão?*

An empty rectangular text box with a light gray background and a thin black border. It features standard scrollbars on the right and bottom edges.

6. Você utilizaria a proposta em avaliações futuras de alternativas de processo? *

- Sim
- Talvez
- Não

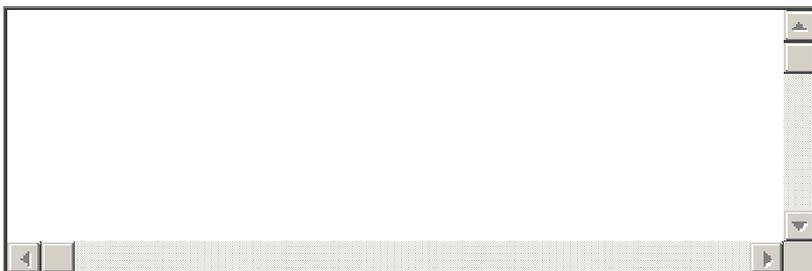
Justifique: *

An empty rectangular text box with a light gray background and a thin black border. It features standard scrollbars on the right and bottom edges.

7. Em sua opinião, como a proposta poderia ser melhorada? *

An empty rectangular text box with a light gray background and a thin black border. It features standard scrollbars on the right and bottom edges.

8. Comentários adicionais:



Enviar

Tecnologia Google Docs

[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

APÊNDICE D - AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Neste Apêndice são apresentadas as respostas fornecidas por cada participante do estudo de caso para os formulários pré-execução e pós-execução.

D.1. Respostas do Formulário Pré-Execução

1. Você faz parte do Grupo de Processos? Se sim, qual o seu envolvimento?

Participante A-1	Sim. Atuo como líder.
Participante A-2	Sim. Participo apenas das discussões
Participante B-1	Sim. Atuo como líder.
Participante C-1	Sim. Atuo como líder.
Participante C-2	Sim. Participo apenas das discussões

2. Você assume algum papel no processo a ser melhorado? Se sim, qual?

Participante A-1	Sim. Especificador e avaliador.
Participante A-2	Não.
Participante B-1	Sim. Participo da análise e apoio a implementação e verificação da melhoria.
Participante C-1	Sim. Gerente de Projeto.
Participante C-2	Sim. Gerente de Projeto.

3. O que você levou em consideração ao escolher o processo mais adequado?

Participante A-1	<ul style="list-style-type: none">• Melhoria da qualidade do produto• Redução de não conformidades• Redução de tempo de execução da atividade.
Participante A-2	<ul style="list-style-type: none">• Aderência às práticas do nível 3 do CMMI e nível C do MPS que foram selecionados como modelos de referência para identificação das melhorias nos processos.• Facilidade em identificar os requisitos do cliente e requisitos funcionais do produto.• Facilidade em detectar defeitos nos estágios iniciais do projeto.• Diminuição de retrabalho.• Facilidade na elaboração do pacote de dados técnicos do projeto.
Participante B-1	<ul style="list-style-type: none">• Possível redução de defeitos• Aumento da cobertura• Maior precisão dos testes pelo desenvolvedor• Melhor relação custo x benefício no desenvolvimento das melhorias.
Participante C-1	A importância do processo no contexto da melhoria interna e o impacto

	dele no processo de desenvolvimento como um todo.
Participante C-2	A utilização de ferramenta é sempre mais adequada para automatização de processo.

D.2. Respostas do Formulário Pós-Execução

1. Você considera factível o tempo despendido na execução da proposta?

Justifique.

Participante A-1	O tempo foi o suficiente.
Participante A-2	Sim. O tempo foi suficiente para discutir as melhorias propostas e avaliar os critérios.
Participante B-1	Sim. O custo x benefício de uma melhor decisão compensa o esforço.
Participante C-1	Sim. Levamos um pouco mais de tempo para definição dos critérios, depois foi bem rápido.
Participante C-2	Sim. O tempo foi suficiente e poderia ter sido até mesmo menor, não fosse talvez o cansaço do participante.

2. Como você classifica o grau de dificuldade de execução da proposta?

Participante A-1	Mediano
Participante A-2	Mediano
Participante B-1	Fácil
Participante C-1	Fácil
Participante C-2	Fácil

3. Em sua opinião, quais aspectos da proposta tornam a sua execução fácil/difícil de usar?

Participante A-1	A questão de definir os critérios comuns a organização, torna mais difícil o processo, mas não vejo alternativa.
Participante A-2	A falta de um método adequado para avaliar cada um dos critérios facilita a adoção da proposta, porém aumenta a subjetividade do resultado da avaliação.
Participante B-1	É necessária uma orientação inicial quanto à perspectiva do critério (positiva ou negativa)
Participante C-1	Difícil: Chegar a um consenso dos critérios e pesos. Fácil: O restante
Participante C-2	Formulários já preparados e com gráficos que auxiliam no entendimento da decisão.

4. Como a proposta auxiliou a identificar o processo mais adequado?

Participante A-1	Positivamente. Facilita em montar uma linha de raciocínio.
------------------	--

Participante A-2	Positivamente. A proposta orientou a escolha do processo alterado que já está em fase de implantação na empresa.
Participante B-1	Positivamente. Na organização dos critérios a serem utilizados e indicação dos pesos.
Participante C-1	Positivamente. Foi exatamente o que eu esperava após preencher os critérios.
Participante C-2	Positivamente. Mostrou os critérios mais relevantes e mostrou a solução que realmente pareceu mais adequada.

5. Em que tipos de situações você acha que a proposta auxiliaria a tomada de decisão?

Participante A-1	Avaliar se uma abordagem foi ou não adequada.
Participante A-2	Na avaliação de riscos para implementar grandes melhorias nos processos das empresas.
Participante B-1	Nas decisões que impliquem em aquisição.
Participante C-1	Em melhorias ao longo de projetos.
Participante C-2	Qualquer situação de tomada de decisão pode ser aplicável à proposta.

6. Você utilizaria a proposta em avaliações futuras de alternativas de processo?

Justifique.

Participante A-1	Sim. A adoção de um roteiro facilita.
Participante A-2	Talvez. Somente usaria a proposta em situações nas quais existisse risco para a implementação das melhorias.
Participante B-1	Sim. É uma fonte relevante para apoio a tomada de decisão.
Participante C-1	Sim. Achei a proposta simples, fácil e confiável.
Participante C-2	Sim. É uma ferramenta útil de tomada de decisão.

7. Em sua opinião, como a proposta poderia ser melhorada?

Participante A-1	-
Participante A-2	-
Participante B-1	Definir orientações sobre como analisar os gráficos de sensibilidade. Desenvolver ferramenta de apoio.
Participante C-1	A ferramenta.
Participante C-2	Automatização das planilhas e algumas instruções sobre a definição do problema a ser atacado (isto pode não estar no escopo da proposta).

8. Comentários adicionais:

Participante A-1	-
Participante A-2	-

Participante B-1	A proposta poderia ser indicada no Guia de Implementação do MPS, associada a processo GDE.
Participante C-1	-
Participante C-2	-